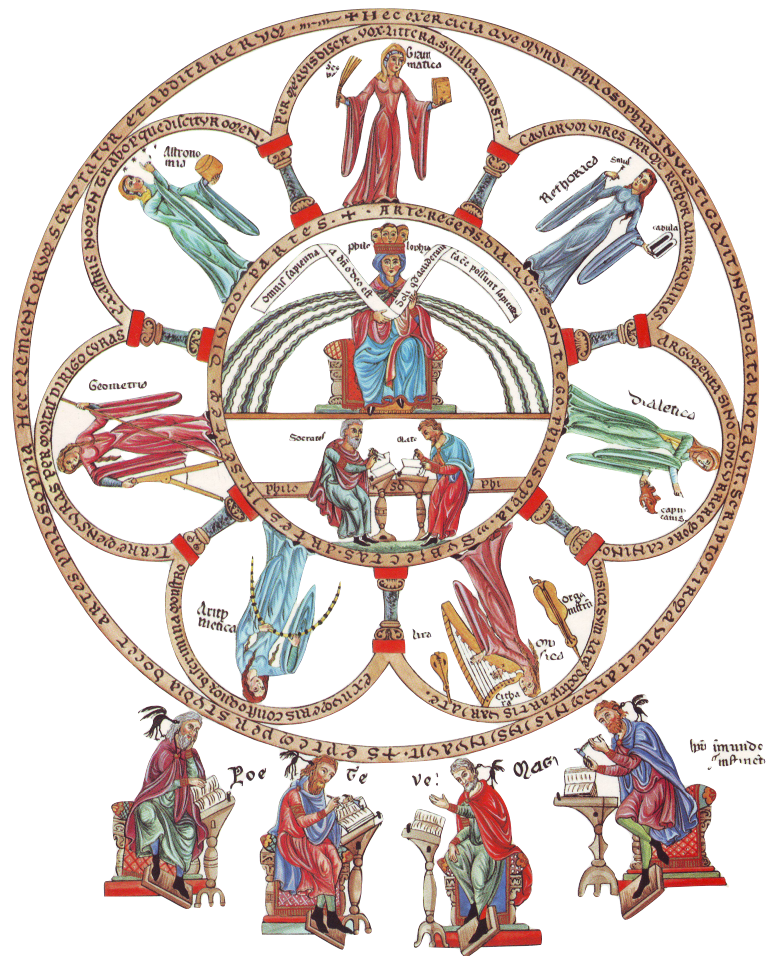


Las proporciones múltiples del conocimiento



Metodología de la creación causal de conocimiento
basada en axiomática observacional

Juan Manuel García Chamizo

Ilustración de la portada: Septem artes liberales. Hortus Deliciarum. Herrad von Landsberg. 1180.

*Por el futuro, factor común a toda disciplina: Gramática —para la semántica de la acción venidera—, Física —ciencia del tiempo y de todos los tiempos, hasta el meteorológico—, Sociología —empeñada en mejorar el mundo día a día—, Religión —convencida de que el futuro pasa por la ensoñación tradicional—, ...
... incluso Paleontología —cuyo objetivo es predecir cómo fue el tiempo remoto—.*

La intuición, la revelación y hasta la inconsciencia pueden aportar soluciones inducidas por la experiencia, la convicción, el prestigio,... Luego, tanto la observación como la inspiración y el instinto son bienvenidos.

¡Por la mezcla, que es adonde está el futuro!

A mis seres queridos y a la memoria de los que ya no están.

También a Sócrates, víctima del conocimiento preexistente.

Agradecimientos

Consecuencia en parte de la costumbre y en parte para atenuar la mala conciencia por los sacrificios indirectos que el autor ha impuesto a sus seres cercanos en el proceso de elaboración de su obra, la redacción de este apartado podría bordear la ñoñería de no ser porque el razonamiento causal incorpora toda su coherencia formal.

¿Por qué expresar gratitud?

- A. Porque hay colaboradores que han contribuido al contenido del libro.
- B. Porque hay seres queridos que han facilitado la elaboración del libro.

¿Qué es el agradecimiento?

Es la valoración de la participación de terceros.

¿Para qué agradecer?

- A.1. Para valorar las colaboraciones.
- A.2. Para abonar de forma alicuanta la colaboración recibida de colegas y compañeros.
- B.1. Para reconocer la deuda contraída.
- B.2. Para resarcir a familiares y amigos por su ejercicio de abnegación.

Contestar la pregunta *¿a quién expresar agradecimiento?* es ahora sumamente sencillo:

A quienes se sientan partícipes, en una u otra forma, de lo que aquí se dice.

Contenido

Agradecimientos	7
Resumen	15
Capítulo I.....	21
El conocimiento natural.....	21
Definición de conocimiento	21
<i>Sobre la verdad.....</i>	<i>22</i>
<i>Gnoseología.....</i>	<i>26</i>
Estado del conocimiento sobre el conocimiento.....	32
Valor del conocimiento	40
El concepto de problema.....	44
<i>Significado</i>	<i>44</i>
<i>Ejemplos</i>	<i>52</i>
Causalidad gnoseológica	54
<i>Axiomática formal causal</i>	<i>55</i>
<i>Subjetividad y objetivación</i>	<i>57</i>
Capítulo II.....	65
Las categorías del conocimiento	65
Homologación gnoseológica	65
<i>Clasificación de la actividad creativa</i>	<i>72</i>
<i>Ordenación causal de la resolución.....</i>	<i>77</i>
Resolución analítica	80
<i>Clasificación observacional</i>	<i>80</i>
<i>La credibilidad del conocimiento.....</i>	<i>91</i>
<i>Método de falibilidad observacional</i>	<i>96</i>

Teoría y praxis de la justificación	97
<i>La pregunta motivadora "por qué"</i>	98
<i>Las proporciones múltiples</i>	99
Capítulo III.....	105
El conocimiento factual.....	105
La ensalada de las cuestiones.....	105
El alcance de las decisiones empíricas	110
La potencia de las decisiones empíricas.....	118
Resolución orientada a modelo	121
<i>Abstracción modelar</i>	123
<i>El modelo ensalada</i>	127
<i>Modelo para el control de esclusas</i>	130
Relación modelos - problemas - soluciones	137
Capítulo IV.....	143
Instrumentación	143
Las decisiones instrumentales.....	143
<i>Naturaleza de las decisiones instrumentales</i>	145
<i>Ordenación de las decisiones instrumentales</i>	149
Método instrumental orientado a la arquitectura.....	153
<i>El árbol estructural</i>	157
<i>Resolución recurrente</i>	160
<i>Especificación estructural sintética</i>	167
Suficiencia del significado	171
<i>Especificación funcional del problema</i>	172
<i>Especificación estructural de las soluciones</i>	174
Algunos ejemplos	176

<i>Definición causal</i>	176
<i>Documentación científica y técnica</i>	182
Capítulo V	187
El contexto de realización	187
Clasificación de las decisiones contextuales	188
Ordenación de las decisiones contextuales	193
El sistema productivo	197
<i>Los agentes del sistema productivo</i>	202
<i>La fractura de la cadena</i>	208
El bricolaje	210
<i>Reparar la plancha</i>	211
<i>El presentador vasco</i>	214
Verificación causal	216
Capítulo VI	223
Experimentación y conclusiones	223
Utilización de Mayéutica.....	223
<i>Casos de estudio</i>	223
<i>Formación</i>	225
Aportaciones.....	229
Trabajo futuro	237
Anexos	239
Anexo A. Formalidades sobre el concepto de problema	241
Anexo B. Formalización de la axiomática gnoseológica	247
Anexo C. Homologación del conocimiento	249
Anexo D. Clasificación de la resolución.....	251
Anexo E. Precedencia entre las resoluciones.....	255

Anexo F. Clasificación observacional.....	259
Anexo G. Ordenación por falibilidad.....	263
Anexo H. Alcance factual.....	267
Anexo I. Potencia factual.....	273
Anexo J. Modelado de ensaladas.....	277
Anexo K. Modelado de la exclusión mutua.....	281
Anexo L. Clasificación de las decisiones instrumentales.....	287
Anexo M. Inclusión instrumental.....	289
Anexo N. Efecto sintetizador.....	291
Estudio de casos.....	293
Caso 1. El asistente de diseño Mayéutica.....	295
Caso 2. Definición mayéutica de "enseñar".....	331
Caso 3. Elaboración de planes de estudio.....	347
Caso 4. Especificación de un parque científico.....	387
Referencias.....	401
Bibliografía.....	401
Enlaces web.....	411

Resumen

La motivación de este libro es arrojar luz sobre los procesos de creación del conocimiento con el ánimo de intervenir para controlarlos.

Hay razones para colegir que existe relación entre la calidad del conocimiento y el mecanismo de su creación —ya se empeñaba Sócrates en hacer ver lo nefasto de los prejuicios—. Por eso es pertinente indagar en la génesis del conocimiento, tanto en la naturaleza de sus ingredientes como en las características de las acciones que devienen en su obtención.

Asumimos que crear conocimiento es resolver problemas y proponemos el paradigma "divide et vincas" como estrategia general para resolver. De ahí, la búsqueda de criterio para descomponer el problema en subproblemas que tengan entre ellos la mayor independencia que seamos capaces de conseguir, idealmente, descomponer en subproblemas que sean disjuntos entre sí.

El criterio de descomposición es clasificar las características del problema, lo cual siempre podrá hacerse con independencia de la naturaleza del mismo. Esto es, podrá convertirse en receta única para crear conocimiento, ya sea en la versión genérica de resolver problemas científicos, en la técnica de diseñar ingenios, en la humanística de establecer conceptos, en la sociológica de regular las relaciones e incluso conocimiento fantástico, ya sea a su vez, artístico —surgido de la inspiración intuitiva— o revelado, e incluso instintivo.

Hallada esa clasificación estricta del conocimiento, cualquier objeto gnoseológico podemos concebirlo como una composición de objetos gnoseológicos elementales —canónicos— pertenecientes a cada una de las clases. La solución —el conocimiento creado— es la composición de las soluciones a los subproblemas.

Descompuesto el problema en subproblemas, el análisis de la precedencia entre estos proporciona el criterio para establecer el procedimiento de su resolución, es decir, el método para crear el conocimiento.

A su vez, cada subproblema puede descomponerse en nuevos subproblemas más sencillos.

El criterio de resolución consiste, pues, en clasificar las características del problema para descomponerlo en partes más sencillas y ordenar esas partes para establecer el procedimiento resolutivo.

Clasificar para descomponer seguido de ordenar para procesar, recurrentemente.

El método formal causal consta de cinco etapas que son universales, es decir, independientes de problema a resolver:

- Etapa 1. Descomposición procedimental del problema mediante clasificación basada en la creatividad de las acciones y su ordenación causal. Esta etapa optimiza la coherencia causal de la solución en términos de su finalidad —obtiene el resultado objetivado a partir de la conjetura—. La secuencia resultante es:

RESOLUCIÓN: Análisis → Síntesis → Verificación.

- Etapa 2. Descomposición del problema analítico mediante clasificación basada en la observacionalidad de las decisiones de resolución y su ordenación por credibilidad. Este etapa optimiza la credibilidad de la solución para satisfacer los objetivos. La secuencia resultante es:

ANÁLISIS: Formal → Factual → Inspirado → Inmanente.

- Etapa 3. Descomposición del problema factual mediante clasificación basada en el alcance de las decisiones empíricas de resolución y su ordenación por la potencia que dichas decisiones tienen sobre la estructura de la solución¹. Resulta, pues, un método orientado a modelo para resolver el problema empírico que tiene máxima potencia resolutoria. La secuencia resultante es:

FACTUAL: Modelo → Instrumental → Contextual.

- Etapa 4. Descomposición del problema instrumental mediante clasificación basada en la naturaleza de las decisiones de resolución y su ordenación inclusiva. El método, que consiste en una estrategia de arriba hacia abajo, produce una solución orientada a la arquitectura. La secuencia resultante es:

INSTRUMENTAL: Arquitectura → Estructura → Tecnología.

- Etapa 5. Descomposición del problema contextual mediante clasificación basada en la sistematización de las decisiones de resolución y su ordenación por la demora que admiten las decisiones. Resulta la siguiente secuencia de los subproblemas:

CONTEXTUAL: Selección → Planificación → Contingencias.

¹ La solución adquiere la estructura de dos capas anidadas —núcleo y corteza—. La potencia que tiene una decisión de resolución es la cantidad de capas sobre las que repercute. La decisión modelar tiene potencia 2 —núcleo y corteza—, la potencia de las decisiones instrumentales es 1 —corteza— y la de las contextuales es 0 —no afectan al núcleo ni a la corteza—.

El paradigma "clasificar las entidades y ordenar las acciones" proporciona un método universal de resolución de problemas con estrategia "divide et vincas" de arriba hacia abajo, orientado a modelo y a la arquitectura, que tiene máxima potencia resolutoria y optimiza la credibilidad de la coherencia causal para satisfacer los objetivos.

El método completo consiste en la siguiente secuencia:

*Formal → Modelo → Arquitectura → Estructura → Tecnología → Selección
→ Planificación → Contingencias → Inspirado → Inmanente → Síntesis →
Verificación.*

Las decisiones de resolución que componen el método formal causal son las respuestas ordenadas a todas las preguntas esclarecedoras del enunciado del problema:

- La cuestión motivadora: "por qué" el problema.
- La cuestión modelar: "qué" es el problema.
- Las cuestiones instrumentales: "para qué" es la solución, "cómo" y "con qué" se hace.
- Las cuestiones contextuales —todas las demás preguntas—: "cuándo", "cuánto", "quién",...

Porque lo es esencialmente, en términos mnemónicos, el método causal es una formalización del método socrático que expresa la sentencia "solo sé que no sé nada". Es decir, resolver en ausencia de concepciones previas para garantizar que el enunciado del problema es la única causa de la solución.

La relación entre el método socrático empírico y el método formal causal es la siguiente:

- El subproblema socrático de la ironía corresponde a la especificación funcional que proporciona el método formal causal. Consiste en la secuencia de respuestas a las preguntas "por qué", "qué" y "para qué". Su significado es el de análisis del problema bajo la percepción de un observador externo a la solución. El observador puede percibir a la solución solamente mediante interacciones fenomenológicas entre ambos, es decir, mediante la funcionalidad de la solución —coloquialmente, concepción de "caja negra"—.
- El subproblema socrático de la mayéutica corresponde a la especificación estructural que proporciona el método formal causal. Consiste en la

secuencia de respuestas a las preguntas "cómo" y "con qué". Su significado es el de análisis del problema bajo la percepción de un observador inmerso en la solución. El observador puede percibir a la solución interaccionando con las partes de esa, es decir, mediante la capacidad operativa de la solución —estrictamente, concepción de "arquitectura"—.

Como corolarios, tenemos los siguientes:

- La secuencia analítica de resolución que hemos obtenido aborda primero la caracterización del problema desde el punto de vista externo —"por qué", "qué" y "para qué"—, seguidamente, acomete la obtención arquitectural de la solución desde el punto de vista interno —"cómo y "con que"— y, finalmente, aborda el contexto operacional del nivel de saber hacer la solución. Al no tener relación con característica concreta alguna, el método es universal, esto es, proporciona solución a cualquier problema.
- La especificación del problema adquiere el formato de una expresión lógica compuesta por la conjunción del modelo y los objetivos y, por lo tanto, el enunciado es una expresión aritmético-lógica. Es decir, el método proporciona una especificación funcional del problema.
- La causalidad de la secuencia de resolución hace posible la verificación progresiva del proceso de resolución: verificación de objetivos, simulación estructural, simulación local de cada módulo y replanteo.
- La formalidad del método proporciona un camino hacia la resolución automática de problemas. Hemos llamado Mayéutica a nuestro prototipo básico de asistente digital en homenaje a Sócrates, el maestro de los maestros helenos que sentó las bases de la causalidad.
- Surge una definición para "arquitectura" de una solución: la capacidad funcional de la solución.

La estructura del libro consiste en tres bloques, el primero de los cuales contiene el cuerpo de toda la investigación en seis capítulos. Está escrita en lenguaje natural y acompañada de figuras explicativas porque la finalidad es que esta parte puedan leerla los expertos de cualquier campo del saber, tanto los familiarizados con el rigor del conocimiento causal —formal o factual—, como los que profesan las disciplinas sociales y del comportamiento humano, como los que se dedican a la creación artística o los partidarios del conocimiento revelado.

El segundo bloque es para que los que prefieren el rigor matemático puedan cerciorarse de la solvencia formal que soporta al método causal. Consta de catorce anexos dedicados a proponer la axiomática observacional del conocimiento que subyace al método formal causal y a las demostraciones

algebraicas de la existencia de las relaciones de equivalencia que hemos establecido para dividir el problema iterativamente y de las relaciones de orden que conforman la secuencia metodológica formal de resolución del problema.

El último bloque está dedicado a la resolución de cuatro problemas, unos científico-técnicos y otros del ámbito de los estudios sociales y humanos: el diseño del prototipo del asistente digital de resolución de problemas mediante el método formal causal —Mayéutica—, la definición del término "enseñar" la elaboración de un plan de estudios universitarios y la especificación de un parque científico. La finalidad es doble: evidenciar la universalidad del método y aportar material empírico para facilitar al lector la comprensión del método.

Capítulo I

El conocimiento natural

Definición de conocimiento

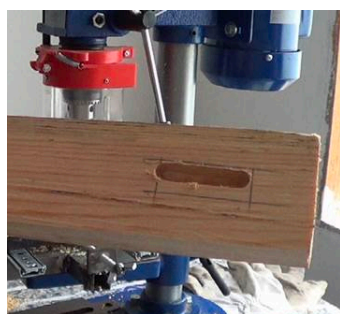
"Creación de conocimiento" tiene connotación subjetivista. La alternativa objetivista es "descubrimiento". En ambos casos asumimos implícitamente la existencia de la cosa, hecho o entidad problema que es objeto del conocimiento —en adelante, la causa, el objeto, la entidad o el problema—, la existencia del sujeto observador beneficiario del conocimiento, y la existencia del fenómeno interactivo mediante el cual el objeto se manifiesta fuera de sí y el observador accede a esa manifestación.

Sea creación o descubrimiento, el conocimiento sobre un objeto problema es patrimonio del observador.

A su vez, inmersos objeto y observador en el fenómeno interactivo, la posición relativa entre el observador y el objeto admite dos posibilidades:

- El observador es externo al objeto. En este caso, el observador tiene acceso a la interacción del objeto problema con el resto del universo, esto es, al comportamiento, prestaciones, funcionalidad del objeto como un todo atómico. Es la concepción del objeto como una "caja negra", a cuyo interior no hay acceso. El observador es parte activa del fenómeno y el conocimiento que adquiera depende de las habilidades para aprehender que utilice activamente en el fenómeno. De ahí el subjetivismo (Glock, 2009), (Mosleh, 1996), (Shemmer, 2021).
- El observador es interno al objeto. Ahora el observador tiene acceso a la fenomenología que ocurre en las interioridades del objeto problema, esto es, a las interacciones íntimas entre las partes del objeto que son causantes de la capacidad del mismo para manifestar su comportamiento en fenómenos, externos o no. Es la concepción del objeto como un compuesto. El conocimiento que adquiere el observador depende fundamentalmente de la arquitectura del objeto. De ahí el objetivismo (Hamati-Ataya, 2014), (Kasavin, 2015), (Pendlebury, 2011).

En todos los casos, el conocimiento que adquiere el observador sobre el objeto pasa por la participación del observador en fenómenos del objeto, esto es, la observación del objeto por el sujeto —figura I.1—. Cosa distinta es la naturaleza



En el fenómeno observacional "hacer chavetero" interviene el objeto problema "motor eléctrico"



Conocimiento sobre el "motor eléctrico" para un observador externo: concepción utilitaria de "caja negra"



Conocimiento sobre el "motor eléctrico" para un observador interno: concepción arquitectural

Figura I.1. Conocimiento observacional sobre un objeto a través de los fenómenos en que interviene.

de la observación y los recursos que entren en juego —percepción sensorial, instrumentos, ausencia de los anteriores, calidad de la interpretación, etc.—.

Llamamos conocimiento natural al que proviene de la interacción fenomenológica entre el objeto y el observador.

Sobre la verdad

"Pero se mueve". He ahí una proposición que, a pesar de su sencillez, puede dar lugar a una diversa gama de valoraciones sobre la calidad de la información que contiene. Puede haber acuerdo entre muchos lectores acerca del movimiento del planeta Tierra. La evaluación de ese enunciado admite el valor de falsedad para quien dedique su vida a tomar el sol en la playa ya que, en coherencia con lo que observa, le basta con el movimiento circadiano solar. El sintagma simboliza la

rebeldía frente a lo establecido para los inconformistas y triunfo pírrico de la evidencia empírica sobre la verdad revelada para los científicos.

La idea misma de "verdad" llega a ser ingenua ya que conlleva la conciencia de que todo puede ser confuso y obliga, también, a tener la voluntad de clarificar las dudas. Sea la ambigüedad, la falta de concreción o lo que sea están ahí, habrá que aceptar su presencia como consustancial al sistema de conocimiento. De esa manera, nos veremos impelidos a emplear ingente esfuerzo para proporcionar coherencia a dicho conocimiento.

Viceversa, si podemos concebir y desarrollar sistemas de conocimiento, generales o no, sobre bases consistentes, podremos aspirar a que ese conocimiento tenga calidad superior a otro de fuente más incierta.

En ausencia de habilidades para garantizar la solvencia, la alternativa de que la debilidad sea mínima o que afecte a los aspectos menos relevantes puede ser prometedora a los efectos de lograr esa valorización del conocimiento.

Es cuestión, pues, de reflexionar sobre la idoneidad de la idea de "verdad". Desde el ámbito de la erudición se la ha relativizado tanto, desde tan antiguo, con tamaño denuedo, que su sola mención es sospechosa de querer significar cualquier cosa menos la verdad: la conocemos con mayúsculas —por divina—, relativa, modesta, triste o pobre; como locución vacua; absoluta —por axiomática—, histórica, jurídica, consuetudinaria, liberadora,...

La conocemos con atuendos tan diversos que su unicidad es inverosímil. Unas veces porque la noción de verdad tiene su aval en la autoridad del sabio que la estableció, otras porque sirve muy bien a fines distintos a los declarados; el asunto es que abundan los casos relacionados con la idea de verdad que admiten la contraposición. Los que estamos convencidos de que la disquisición bizantina es al razonamiento lo que la demagogia al interés común, no tenemos más remedio que admitir que la verdad es una gran ausente o un concepto tan desacreditado que es muy poco lo que cabe esperar que dé de sí constructivamente. Ciertamente, tanta elucubración tiene su origen en la controversia que subyace en la propia idea de verdad. En eso, el pirronismo no puede ser más concluyente: no hay verdad que valga (Dimech, 2021), (Hankinson, 2020), (Kulikov, 2018), (Popkin1965), (Vlasits, 2020).

El mismísimo "cogito, ergo sum", que declara de plano la suficiencia de la capacidad de pensar para la existencia, expresa que el sujeto pensador desempeña el papel de sujeto observador externo que interacciona con el objeto gnoseológico "existencia" a través del fenómeno "pensar" —subjetivismo que permite al observador Descartes conocer del objeto "existencia" a través de su propio pensamiento que es genuinamente subjetivo—, al tiempo que incluye al sujeto observador como parte del objeto gnoseológico —objetivismo que

convierte a Descartes en objeto gnoseológico por razón de su propia naturaleza— (Descartes, 2004).

Por su lado, el acervo común tiene asumido que la calidad del conocimiento se valora por la cantidad de verdad que contiene. Sin embargo, el lenguaje que es el que proporciona el soporte más generalizado para la expresión del conocimiento, asigna tal abundancia de acepciones al término "verdad" que su utilización sólo tiene sentido si va acompañada de la fuerte carga de subjetividad que incorpora el contexto. Hay acepciones que, en la medida que involucran a algunos aspectos o actitudes individuales —conformidad de concepto, habilidad para replicar—, se refieren a una noción dependiente del sujeto.

Por eso, necesariamente tendremos que calificarlas como acepciones subjetivas del término "verdad". Es llamativo que los sistemas sociales —especialmente el democrático— basan su legitimidad en conceptos difícilmente homologables —"bien" o "interés" como sinónimos de "verdad"— y que explotan el procedimiento estadístico para aportar rigor apenas superficialmente.

Otras acepciones comparten la esencia de referirse a las cosas, las proposiciones o los hechos, o a aspectos de ellos, en cuanto que ellos mismos, concretamente, al margen de la interpretación que merezcan.

A la calidad intrínsecamente objetiva que emana de definir "verdad" por su coincidencia con la realidad se contraponen su inasequibilidad implícita como cualidad perteneciente a la fenomenología en la que participa la entidad implicada.

En ausencia de otra posibilidad, gana legitimidad el establecimiento de una definición postular de "verdad" —no necesariamente exenta de arbitrariedad— asumida por todos para que tenga las características de utilidad y sencillez en el grado necesario para que el conocimiento que emane esté libre de sospecha por esa causa. Nótese que este es el caso de los marcos regulatorios de los sistemas sociales: establecido por el reglamento que el dictamen "gol" del árbitro es el verdadero, queda en la irrelevancia la realidad geométrica de que el balón entre en la portería.

Se vislumbra que "verdad" es un concepto relativo a una referencia dada y que las relaciones sobre la esta afectan a la calidad de aquella.

A medida que la civilización progresa, se va consolidando el predominio de la sociedad basada en el conocimiento. Se refiere ahí el término "conocimiento" al producto del intelecto susceptible de ser explotado con fines de obtener beneficio (Born, 1971). Por encima de todo, se hace patente que ese conocimiento es fruto de la actividad de la mente y que su producción es, indefectiblemente, de naturaleza subjetiva.

Chalmers, por su parte, considera que el conocimiento es un estado de la mente y que en función de ello, los individuos experimentan estados mentales de aceptación o no. Pero a ese enfoque subjetivo del conocimiento contraponen otro conocimiento de sentido objetivo que es el que se refiere a las propiedades que pueden tener las proposiciones por sí mismas, aunque los individuos no lleguen a ser conscientes de ellas. Parece que llama conocimiento objetivo a las características de los hechos, de los objetos del mundo, y conocimiento subjetivo a la noción que los individuos tenemos de esas entidades. Ese conocimiento objetivo, al ser ajeno al observador, se corresponde con la propia esencia de las cosas y es independiente del individuo hasta el punto de la posibilidad de no llegar este último a tener noción de su existencia. Por el contrario, el conocimiento subjetivo vendría a ser la comprensión que el individuo tiene de las cosas (Chalmers, 2006).

En su crítica a Lakatos hace notar que éste no esclarece las claves de la racionalidad científica:

"... qué es, si es que es algo, lo característico del conocimiento científico."

Sobre realismo y antirrealismo, escribe:

"La idea parece ser que ningún conocimiento puede gozar de una posición privilegiada como representación del mundo porque carecemos del acceso a él que pudiera servir para justificarla. Este paso es arbitrario. Si bien es cierto que no podemos describir el mundo sin utilizar algún tipo de armazón conceptual, podemos sin embargo comprobar la adecuación de estas descripciones mediante la interacción con él."

"... una cosa es la elaboración de afirmaciones formuladas necesariamente mediante el lenguaje, y otra su verdad o falsedad."

"La teoría de la verdad que más satisface a las necesidades de los realistas es la llamada teoría de la verdad como correspondencia."

Sigue Chalmers advirtiendo y ejemplificando sobre el riesgo de llegar a paradojas empleando esa idea de verdad y recurre al criterio de jerarquizar los objetos de las proposiciones. Tarski plantea esa jerarquía para evitar las paradojas en un sistema de lenguaje determinado y, aunque su propuesta es atractiva conceptualmente, requiere suma pericia en el uso del lenguaje para sortear la ambigüedad (Tarski, 1944).

El empleo del término "conocimiento" acompañado de moduladores —objetivo y subjetivo—, antagónicos en este caso, lleva consigo riesgo de que las proposiciones gnoseológicas puedan ser confusas o ambiguas, lo cual abunda en la indefinición sobre el esclarecimiento de la verdad.

Gnoseología

La base etimológica del término "conocimiento" no deja lugar a dudas de que involucra al intelecto humano y, por ello, el conocimiento tiene que ser subjetivo (McGlynn, 2014), (Pritchard, 2009).

El ámbito de la producción de ese conocimiento va haciéndose extraordinariamente amplio, debido a que constituye una fuente de valor añadido en cualquier área de actividad. La primera consecuencia es que el recurso humano adquiere una apreciación sistematizada sin precedentes por el hecho de ser el generador y el contenedor genuino de ese nuevo oro invisible.

Se admite abiertamente el valor del conocimiento como motor de progreso y se instrumentaliza. Las personas alcanzan los niveles más altos de cualificación profesional y científica; de hecho, a diferencia de lo que ha sido habitual en otros sectores en el pasado, el factor fundamental sobre el que se soporta la producción de conocimiento lo constituye el elemento intelectual, hasta el punto de que es considerado como la verdadera materia prima (Feynman, 2000).

Por esa razón, las iniciativas empresariales han de asumir que sus departamentos de investigación constituyen una porción apreciable del activo empresarial. Los rasgos más relevantes de la sociedad del conocimiento los constituyen la enorme productividad futura, la altísima cualificación profesional y el hecho de que el conocimiento sea el objeto base de transacción: al ser la materia prima intelectual, ganan capitalidad los individuos que la poseen (Kornienko, 2015).

La innovación, propia de las sociedades avanzadas, constituye un factor de competitividad y de riqueza cuya incidencia en las balanzas comerciales es progresivamente más acentuada. Puede ser utilizada como agente descentralizador y para introducir equilibrio entre sectores y territorios en todas las escalas, desde al nivel de las comarcas y nacionalidades, hasta en el seno de los estados y en la relación supraestatal. En el futuro, el conocimiento puede constituirse en uno de los más representativos instrumentos de transferencia y prestación de servicio a las sociedades más desfavorecidas y, por esa razón, podrá ser vehículo principal de equilibrio y de justicia social (García-Peñalvo, 2016), (López, 2010).

Tiempo ha, conocimos el surgimiento de corrientes de opinión con suficiente vigor para imponerse reveladamente, en este caso de forma masiva entre mentes necesitadas de conocimiento sobre el mundo (Amesbury, 2014), (Rodríguez, 2020). Similarmente ha ocurrido con el florecimiento de las artes, eso sí, entre la modesta porción de la sociedad que tenía acceso a esta forma de conocimiento inspirado de esencia intuitiva (Carroll, 2011), (García Rodríguez, 2018). La

sistematización científicista y tecnicista que propuso Kuhn para producir controladamente el conocimiento con fines de obtener beneficio social de naturaleza material, finalmente, ha sentado las bases del progreso actual y del por venir (Kuhn, 1971), (Kuhn, 1988). Se aprecia progresión cronológica desde lo revelado hacia lo científico pasando por lo intuitivo a medida que las habilidades de observación han ido desarrollándose.

Hace una treintena de años que se llegó a la conclusión unánime de que la disciplina informática tiene a un tiempo carácter de ciencia y de ingeniería y que se soporta sobre los tres paradigmas interrelacionados de teoría, abstracción y diseño (Comer, 1989), (Liu, 2007). La misma reflexión en relación con cualquier disciplina proporciona argumentos para generalizar esa concepción y, sin embargo, esto no ha sido comprendido así a lo largo del tiempo. De hecho, es durante el último siglo cuando se han estado estableciendo los criterios metacientíficos de organización y de gestión de la actividad de la ciencia y de la tecnología; y todo indica que todavía no hemos logrado una plataforma estable de justificación de las bases y de los procedimientos de muchas disciplinas, lo cual —en ausencia de teoremas que sintetizan leyes, como ocurre a la Física— impone el recurso a extensos catálogos axiomáticos para expresar las leyes disciplinares. Así, los diccionarios son a la Gramática lo que los sistemas de numeración son a la Aritmética y los que las leyes son al Derecho.

La Informática alimenta, de manera directa, la sistematización del desarrollo científico y tecnológico que se ha producido en el período de mayor florecimiento que ha conocido la Humanidad. Nunca, antes, se había tenido una noción tan meridianamente clara de cómo explotar la producción científica y técnica de manera sistemática, como bien colectivo, encaminado a producir progreso social mediante los proyectos y los programas de investigación, desarrollo e innovación —en todo caso, las versiones anteriores de explotación de la innovación tuvieron motivaciones más filantrópicas o dirigidas a intereses particulares—.

Sucesivamente, la metodología de producción del conocimiento se ha ido estableciendo bajo la influencia de las corrientes de la filosofía científica que ha conocido el pasado siglo, desde los planteamientos conceptualistas de hace más de 70 años hasta la ebullición de ideas más recientes, características de la epistemología posterior a Kuhn.

La materialización de la vertiente tecnológica y la repercusión social, por su parte, han discurrido a veces rozando el filo de lo revolucionario. En esencia, se observa que frente al enfoque dirigido a establecer la especificidad del conocimiento científico propio de las disciplinas más antiguas, otras muy nuevas y, en particular, la Informática se encuentran de lleno inmersas en una reformulación profunda de planteamientos, desde los 80 del siglo XX, encaminada a establecer una cultura de la actividad científica y técnica.

La interpretación simultánea de la Informática como ciencia y como tecnología ha contribuido a las corrientes actuales de pensamiento que propugnan el pragmatismo como un argumento de validación en la ingeniería, análogamente a como lo son la deducción en la ciencia formal, la verificación experimental en las ciencias empíricas o la aceptación y el éxito en las ciencias sociales. Ello no obstante, siempre con la conciencia de que la verdad práctica no reemplaza a la verdad formal pero con la convicción de que el profesional necesita utilizar conjuntamente los criterios del formalismo y los del pragmatismo.

Hasta el siglo pasado, la ciencia se ha amparado preponderantemente en la Matemática y su orientación ha ido dirigida a proporcionar fundamento lógico y a establecer la metodología formal.

Ese siglo conoció el reto de profundizar en la fundamentación lógica y de generalizar la metodología experimental en las ciencias empíricas. Quizá la máxima expresión de esta tendencia la proporciona el Círculo de Viena —Carnap y sus coetáneos—, cuyo objetivo principal fue establecer una filosofía de la ciencia inspirada en la Matemática, la Lógica y la Física.

La epistemología del momento establece que lo importante es el conocimiento científico en sí mismo y se adopta una actitud de desentendimiento de la forma en que se produce el conocimiento, como si el proceso le empañara y le restara esplendor; tal vez por la influencia de la elegancia deductiva de la Matemática a la cual se trata de reducir las demás ciencias por axiomatización (Chapman, 2008), (Misak, 2019), (Romizi, 2012), (Stadler, 2015).

Así es como se entiende que el conocimiento, percibido como sublime, se vea descontextualizado de la actividad científica para evitar exhibir el lado prosaico que conlleva la materialidad de la experimentación —la docencia, en consecuencia, se orienta a transmitir conocimiento mediante la clase magistral y se relega la enseñanza de los métodos de investigación que producen el conocimiento—. Estos planteamientos proporcionan la consolidación del empirismo lógico —verificacionismo e inductivismo—, que tiene plena vigencia hasta finales de los cincuenta, sobre todo en los países anglosajones, y relegan también la acción de descubrir al ámbito del devenir temporal y de la condición humana.

En ese contexto, los cerebros electrónicos de la época son vistos como meras herramientas de calcular, potentes, pero calculadoras. Su solo nombre plantea un poco de controversia y mucho de ambigüedad entre un pronóstico de futuro prometedor y una concepción mezquina de la capacidad intelectual de los sistemas biológicos de pensar. La propia atmósfera conceptualista imperante asfixia a la automatización del cálculo y la constriñe al dominio subordinado de lo instrumental.

Los planteamientos que siguen en el tiempo establecen que las teorías científicas son concepciones del mundo —se formulan axiomáticamente—. A partir de los años cincuenta se imponen los modelos, cuyas ventajas principales son servir como guías para buscar la estructura formal durante el proceso de construcción de las teorías y proporcionar significado a los términos teóricos conectándolos con los datos experimentales —en este sentido constituyen una versión mejorada de las reglas de correspondencia clásicas ya que no presentan sus dificultades lógicas y adquieren, ante todo, función semántica—.

Los modelos tienen la ventaja adicional de extender las teorías a nuevos ámbitos observacionales y, por tanto, desempeñan un efecto heurístico importante que facilita el crecimiento y el desarrollo de las teorías.

Todo ello da lugar a una concepción acumulativa del progreso científico que considera que el conocimiento avanza mediante procesos de reducción de unas teorías en otras nuevas que explican los mismos hechos que las anteriores y algunos nuevos hechos que las otras no podían explicar.

En cada paso, el contenido empírico de las teorías precedentes es perfectamente expresable, deducible y capaz de ser corroborado con el nuevo vocabulario, los axiomas, el cálculo lógico y las reglas de correspondencia de la nueva teoría.

Mientras que los planteamientos aristotélicos consideraban que el conocimiento científico es causal, en los nuevos tiempos se considera, además, que el objetivo principal de la ciencia es que las teorías sean efectivas —la teoría hace de causa explicativa de los efectos fenomenológicos generadores del conocimiento— (Crowther, 2015), (Schaffner, 1993).

La actividad del científico debe ser crítica porque de esa forma contribuye al progreso científico mediante la integración y mejora del conocimiento anterior. Popper, que denominó realismo crítico a su propuesta, consideraba que las ciencias empíricas son sistemas de teorías y que la lógica del conocimiento científico puede describirse como una teoría de teorías. Con ese enfoque, la filosofía de la ciencia se plantea como una disciplina metateórica —metaciencia— en la que los objetos principales de reflexión son las teorías científicas y en la que las ideas y los hechos se consideran más complementarios.

El científico debe tener voluntad de dominar la naturaleza, actitud que es particularmente clara en la tecnología que se deriva de la ciencia. En un ambiente así es donde se comprende que fuera posible establecer las bases de la inteligencia artificial con criterio conceptual, ignorando los aspectos arquitecturales y de índole productiva; los cuales, se entendían como un problema secundario, de ámbito electrónico (Bibel, 2014), (Ekmekci, 2020), (González, 2021).

La reducción al absurdo —modus tolens— se propone probar la incorrección de una hipótesis de la que se conoce por adelantado su falsedad para demostrar la veracidad de la hipótesis complementaria obtenida por negación de la falsa.

La falsación como método para probar empíricamente la corrección proporciona criterio de validación parcial que —juntamente con la inducción incompleta— abre indirectamente como efecto lateral la vía a la justificación pragmática, la cual permite aceptar como válidas en su ámbito propuestas siempre que las instancias de los problemas que resuelven sean justamente las instancias que han suscitado el interés.

Como evolución frente a la dificultad de la prueba de corrección completa mediante falsación, la concepción de Kuhn sobre la forma revolucionaria en que se produce el progreso introduce la noción de los paradigmas, bajo cuyo amparo tienen lugar las etapas de ciencia normal —períodos de investigación muy especializada y con poco criticismo, basados en teorías establecidas—.

Las anomalías no perjudican apreciablemente al paradigma —lo que es equivalente a decir que la refutación no es efectiva— hasta que la proliferación de anomalías no explicadas provoca la crisis del paradigma y el consecuente reemplazo por un nuevo paradigma que resuelva las anomalías.

En las etapas de crisis proliferan las contradicciones a la teoría, hay reemplazo de un paradigma por otro, aparecen nuevas sociedades y publicaciones científicas y se reemplazan la bibliografía, el instrumental y los problemas de interés. Las diferencias entre paradigmas pueden ser de tipo ontológico —diferentes problemas, conceptos y definiciones de la misma ciencia—, de tipo epistemológico —diferente lenguaje teórico y diferente interpretación de los datos— y de tipo perceptivo —los científicos de paradigmas distintos no perciben lo mismo—.

Metodológicamente, la Informática ha incorporado los supuestos de las revoluciones científicas a sus propios instrumentos y modos de operar mediante la abstracción de reducir o suprimir las connotaciones de temporalidad que el propio Kuhn enunció. El control de la frecuencia de sucesión de paradigmas hace al instrumento kuhniano escalable hasta el punto de que puede utilizarse estructuradamente y con carácter modular. La habilidad de provocar conscientemente crisis y de gestionar su ámbito explica, en parte, la evolución intensa del cuerpo de conocimiento de la Informática (Munakata, 2008).

Resumiendo, la sociedad ha podido concebir planes para la gestión del progreso científico y tecnológico de manera sistemática. La explicación de los hechos pierde interés y se va conformando un contexto en el que se difumina la relevancia de la verdad y la falsedad de cara a la resolución de los problemas; es decir, la ciencia tiene varias metas y no sólo la búsqueda de la verdad. La

epistemología postkuhniana viene marcada por la consolidación de esa concepción y la consecuencia es que se han creado programas de política científica y de gestión de la ciencia y la tecnología —los gobiernos han creado ministerios de ciencia y tecnología y agencias de evaluación de la ciencia y la tecnología; existen líneas de investigación sobre economía de la ciencia y la tecnología, y hay programas muy influyentes sobre ciencia, tecnología y sociedad— (Castillo, 2013), (Mejlgaard, 2012), (Solana-Garzón, 2020).

La consideración pragmática de la ciencia y la tecnología es un componente importante de la cultura de las sociedades desarrolladas. El esplendor de la cultura humanística ha sido desbordado por una forma de productividad cargada de pragmatismo. El elitismo de la cultura humanística ha cedido en el proceso hasta el punto de que tanto la producción como el consumo de cultura están, cada vez más, al alcance de todos en las sociedades donde está implantándose el progreso derivado de la ciencia y de la técnica.

Hasta aquí, estamos utilizando el término "conocimiento" en la acepción aproximada que tenemos colectivamente. Prevenir los prejuicios empieza por precisar el concepto de conocimiento:

Conocimiento es entendimiento intelectual.

El conocimiento sobre una cosa o acción, pertenece al dominio de las ideas del observador y por lo tanto es subjetivo de este. El interés de dicho conocimiento inscrito en su contenedor —el intelecto del observador— está restringido, así mismo, al ámbito personal del observador.

Toda posibilidad de beneficio colectivo que pueda pretenderse del conocimiento pasa por la colectivización —homologación— de ese conocimiento entre los sujetos de la colectividad. Ello requiere que el dominio del conocimiento sea válido colectivamente o, lo que es lo mismo, que la representación del conocimiento trascienda de su original dominio de las ideas del observador —privativo de este— a un formato que sea común a toda la colectividad. De ahí que definir el conocimiento de interés colectivo conduce a establecer las características de su representación para que pueda ser comunicado y reproducido:

Conocimiento son sentencias constituidas por enunciados con significado suficiente para diferenciarse de todo otro conocimiento.

La suficiencia del significado conlleva que el conocimiento depende intrínsecamente de la subjetividad del observador—ver definición formal en [anexo A](#)—.

Estado del conocimiento sobre el conocimiento

El aumento acumulativo del conocimiento desde que tenemos noción del mismo ha venido acompañado por los métodos que hemos ido teniendo para crearlo; y los métodos, a su vez, han venido emanando de la noción que en cada momento hemos tenido del conocimiento.

Desde los presumiblemente no conscientes conocimientos instintivos originales, asumiblemente de interés individual pero también provechosos para los colectivos que los compartían, el avance es hasta las evidencias pictóricas de hace algunos milenios. Estas últimas con posibilidad de trascender a terceros, incluso más allá de la comunidad y del tiempo en cuyo seno surge ese conocimiento.

Sigue la expansión a lo que llamamos las grandes Civilizaciones de la Antigüedad, entendiendo por civilización al contenedor de conocimiento de esas sociedades. Este es, pues, un ejercicio de utilización del conocimiento y sus procedimientos anejos como el distintivo social, por encima incluso de otros más inmediatos que a veces se han esgrimido —color de la piel, etc.—.

Existiendo ya la escritura es cuando hemos podido singularizar a los precursores de nuevo conocimiento, por mencionar algunos: Imenhotep (Egipto, -2700), como primer arquitecto y médico reconocido (Castel, 2001); Tales (Mileto, -624, -548), como primer filósofo que explica la naturaleza sin recurrir a la mitología (Zaid, 2016); Siddharta Gautama (Nepal, -566, -478), como fundador del budismo (Jakubczak, 2012); Demócrito (Abdera, -460, -370), fundador de la teoría atómica del universo (Bernabé, 2008); Hipócrates (Kos, -470, -410), considerado el padre de la medicina occidental (López, 1986); Confucio (Lu, -551, -479), (Perceval, 2008), etc.

El mundo helénico fue prolífico en pensadores y, de entre ellos, Sócrates (Atenas, -470, -399), condenado por sus ideas, establece la referencia universal en tal medida que los que profesan los planteamientos de sus predecesores son llamados presocráticos (Brickhouse, 2000), (Peterson, 2011).

"Solo sé que no sé nada", la síntesis del pensamiento socrático y el paradigma de su método para crear conocimiento esclareciendo sentencias, además de las otras interpretaciones que ha recibido, para nosotros, expresa la pertinencia de omitir las concepciones adquiridas previamente. La finalidad es obtener soluciones a los problemas que estén libres de la contaminación de esas preconcepciones —conceptos formados sin juicio crítico y sin tener en cuenta los datos de la experiencia (Lengua, 2001)— porque, en la medida que pueden ser inadecuadas, repercutirán desfavorablemente en la calidad de la solución.

Omitir los preconceptos arbitrarios tiene dos efectos beneficiosos inmediatos:

- Sobre el enunciado de problema, lo hace depender solamente de la causa que lo inspira, incluido el contexto coherente con esta —sin el apriorismo de la transubstanciación, "el pan es pan y el vino es vino" —.
- Sobre el proceso de resolución del problema ayuda a discernir las fuentes no observacionales que pueden provocar errores procedurales —de ahí que Avicena (Belo, 2009) se ocupara de recordar a los partidarios de la transmutación, para hacerles ver que los procesos químicos no producirían el resultado que buscaban, que "no es oro todo lo que reluce" —.

Excluidos los preconceptos arbitrarios, el conocimiento contenido en la solución depende solamente de la causa —con su contexto (Belousek, 1998), (Needham, 2000)— del problema y de la coherencia del procedimiento de su resolución. En otras palabras:

Métodos correctos podrán proporcionar soluciones coherentes.

Como Sócrates buscaba que las soluciones fueran causales, libres de contenido espurio, enseñaba a resolver empleando una estrategia analítica que parte de la conjetura inicial para encontrar la solución:

Las respuestas coherentes que emanan de preguntas sobre un problema son soluciones causales de ese problema.

Si bien el método socrático —ironía seguida de mayéutica— es de estilo falsacional, su trasfondo de negación es verificacionista de la parte del problema que expresa preceptivamente el enunciado, esto es, de una forma de absurdo reductio.

El dilema para que el método socrático supere ese tortuoso aditamento y adquiriera la forma afirmativa constructivista directa es:

- Resolver mayéuticamente enunciados desprovistos de ironía, como bien propugna su "solo sé que no sé nada".
- Admitir que las respuestas que obtienen las preguntas son soluciones irónicamente válidas —discriminadoras de las preconcepciones subyacentes a la facultad del observador que resuelve el problema—.

Bajo las concepciones actuales, el método socrático admite la siguiente analogía:

- Ironía. Refinamiento de la conjetura inicial encaminada a corregir errores, esclarecer ambigüedades y completar la finalidad del enunciado. Todo ello con criterios de "no poner el carro delante de los bueyes". La ironía es, pues, la versión precursora del proceso de especificación del problema a partir de la conjetura inicial. Más formalmente, el enunciado del problema bajo el enfoque de "caja negra". Como bien pone Platón en boca de Sócrates en Teeteto, se centra en las cuestiones relacionadas con la esencia del problema y, por lo tanto, corresponde a la visión de un observador externo que identifica al problema a través de sus interacciones fenomenológicas con el resto del Universo. Actualmente decimos "especificación funcional del problema" para referirnos al nuevo enunciado del mismo que produce la etapa irónica.
- Mayéutica. Determinación de las partes que constituyen la solución, de los componentes que integran esas partes y de las relaciones entre las mismas. La mayéutica asigna al observador que alumbró la solución el rol interno a la solución que se requiere para identificar módulos estructurales, componentes e interacciones modulares. Actualmente llamamos "especificación estructural de la solución" o "resultado" al enunciado suficientemente esclarecido que acaba de nacer mayéuticamente.

Sea porque bullía en la cabeza de Sócrates, sea porque se colige de la propuesta irónica, el método trasluce que el concepto socrático de problema es la composición de los dos subproblemas siguientes:

- Subproblema preceptivo. Asignamos esta denominación al significado insuficiente que está contenido explícitamente en el enunciado conjetural. El término preceptivo es para reconocer que ese es precisamente el significado a esclarecer hasta la suficiencia.
- Subproblema facultativo. Es significado elíptico que el observador añade al subproblema preceptivo para resolverlo. Por lo tanto, aunque aparenta resolver el subproblema preceptivo, la resolución que proporciona es la correspondiente a la composición de ambos subproblemas. Esta parte de significado, implícita a la actividad de resolver, pasa inadvertida al observador y contribuye a la solución. La sentencia "El grado sumo del saber es contemplar el por qué", de supuesta autoría socrática, expresa esa conciencia motivadora.

Si llamamos problema irónico a la composición del preceptivo con el facultativo, la ironía viene a ser la actividad socrática de extraerle el subproblema preceptivo al problema irónico —figura I.2—.

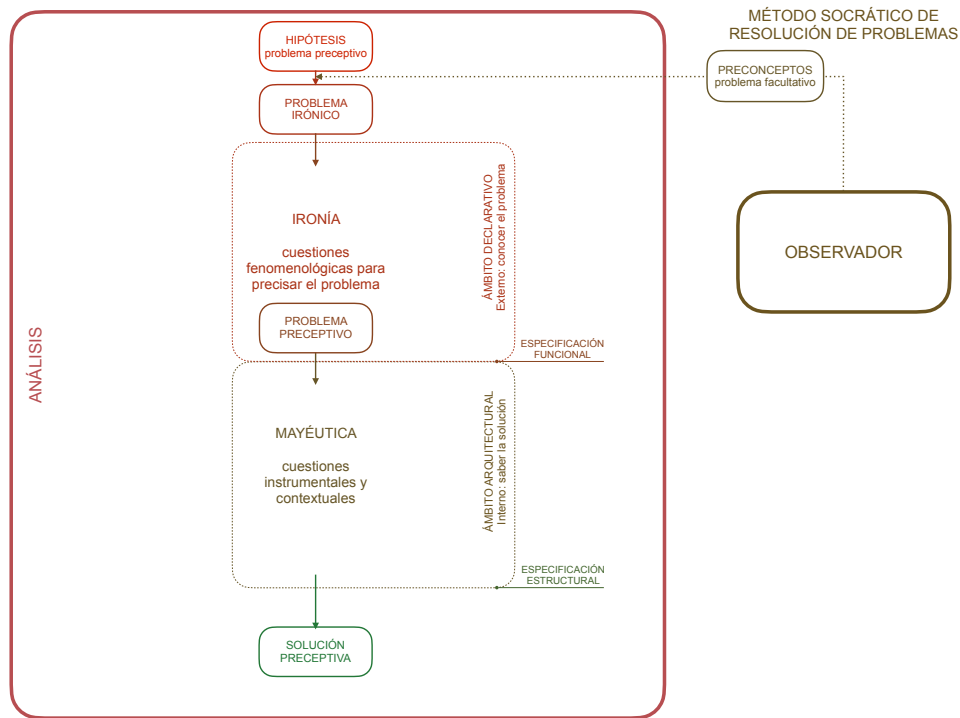


Figura 1.2. Esquema del método socrático.

Sobre la base metodológica socrática, Platón (Atenas, -428, -347) primero y Aristóteles (Estagira, -384, -322) después, desarrollaron el método socrático en sendas direcciones.

Así, lo aprendido de su maestro deviene platónicamente en deductivismo desironizado sobre la base del formalismo lógico y matemático del momento, en consonancia con el lema de la Academia, creándose el conocimiento a partir de conjeturas.

Por su parte, Aristóteles introdujo el razonamiento abductivo en el Liceo y con ello estableció la espina dorsal del método científico. En los campos del saber observacionales reconocemos la propuesta aristotélica como el origen de la ciencia y, en los campos del saber revelacionales, su propuesta inspira la justificación de varios de los grandes teísmos (Calvo, 2001).

El primer milenio de esta era conoció la plasmación de la filosofía aristotélica en el establecimiento de los derechos civiles romanos y el desarrollo del mundo bizantino. Progresivamente, la creación del conocimiento va concentrándose en

nutrir a los grandes sistemas espirituales, quedando constreñida dentro del revelacionismo que establecen las grandes religiones.

El esplendor Omeya, primero en Damasco y finalmente en Córdoba, albergó un elegante florecimiento del conocimiento científico con las contribuciones de grandes algebristas, médicos, ópticos, economistas, etc.

Avicenna (Bujará, 980, 1037), fue el sabio más fructífero en la propagación del pensamiento aristotélico dentro del mundo musulmán. Averroes (Córdoba, 1126, 1198), trabajó en la demarcación entre filosofía y religión.

Tomás de Aquino (Roccasecca, 1224, 1274), es el máximo exponente de la imposición teológica sobre la racionalidad, plan que ha impregnado definitivamente la cultura occidental.

Galileo (Pisa, 1564, 1642), propone el método experimental añadiendo al método aristotélico la condición de verificabilidad observacional. Abre así el camino propio para el conocimiento científico el cual, al conformarse bajo el imperio fáctico revelacionista, mucho de su desarrollo lo ha conocido con connotaciones de contraposición a la férrea praxis deductivista religiosa. Por su lado, la observabilidad experimental galileana incorpora el razonamiento inductivo al método de la ciencia.

El afán de desproveer de conceptos previos a los enunciados para que su soporte sea rotundamente fiable abre el debate entre objetivismo y subjetivismo y, con ello, una sucesión de propuestas encaminadas a sustanciar uno y otro enfoque, habida cuenta la ausencia de una propuesta explicativa completa. A menudo, han surgido enfoques locales a determinados campos del saber.

Ese esquema propositivo impregnado de argumentación para contraponer lo otro ha llegado a ser tratado como inmanente hasta el punto de desviar el enfoque desde el problema original del conocimiento hacia los subproblemas gnoseológicos, ontológicos y epistemológicos subyacentes. Se ha explorado con menos intensidad la confluencia de corrientes de pensamiento.

La exigencia de observacionalidad proporciona vía propia al conocimiento empírico, favoreciendo la distinción entre este y el conocimiento que no lo es. Con ello, se produce la reversión precedente de haber estado subordinado el empirismo al dogmatismo revelacionista, para pasar el empirismo a ser dominante, avalado por los grandes beneficios prácticos que reporta.

Mientras que el racionalismo —Descartes, Leibniz, Spinoza— propugna el imperio de la razón admitiendo que son conceptos válidos los que emanan de las facultades intelectuales humanas, el empirismo —Francis Bacon, Locke, Hume—

aboga por la predominancia de la experiencia y descarta los demás conceptos (Llinàs, 2017), (Vanzo, 2016).

Que ambos enfoques estén contrapuestos, se complementen o no sean comparables depende, en parte, de que se refieran al mismo conjunto de conocimientos, a conjuntos de conocimientos que sean disjuntos entre sí o a que, siendo conjuntos distintos, exista solape entre ellos —instancias de conocimiento que pertenecen solamente a una de las dos familias y miembros que lo son de ambas—.

Más aun, la ausencia de un criterio clasificatorio del conocimiento difumina la demarcación del racionalismo y la del empirismo. Las definiciones requieren ser matizadas y, a menudo surgen matizaciones que pueden ser abducciones erróneas toleradas debido a que sus repercusiones son secundarias. Otras veces adquieren la condición de anomalías.

En adelante, asistimos a una parcelación progresiva del conocimiento que lo va especializando en: existencialismo —Pascal, Jacobi, Kierkegaard—, panteísmo —Spinoza, d'Holbach, Schelling y Hegel—, monismo —Malebranche, Berkeley, Bergson—, deísmo —Bayle, Voltaire, Rousseau—, idealismo —Leibniz, Kant, Fichte, Schelling, Hegel, Frege, Russell, Wittgenstein— (Antognazza, 2015), (González, 2012), (Grayling, 2019), (Matthews, 2014).

Otro tanto ocurre en los campos científicos y profesionales los cuales, gracias a su rentabilidad, contribuyen a la intensificación de la especialización en detrimento de la universalidad que en el tiempo pasado profesaron los sabios.

La idea kuhniana de sucesión de períodos de gran actividad productiva de conocimiento y otros más lasos expresa la relatividad temporal por comparación y, por lo tanto, el más acentuado o más suave aumento de la cantidad de conocimiento que, acumulativamente, tenemos (Draghici, 2013), (Elena, 1996), (Kuhn, 1971), (Martos, 2017), (Swerdlow, 2004).

La pertenencia de conocimiento a más de una de las clases taxonómicas de conocimiento establecidas lleva a Kant a tratar de expandir los preceptos lógicos de la ciencia reduciéndolos al ámbito del conjunto de todo el conocimiento —distinción entre fenómeno y noúmeno—. Ello abre el camino del idealismo reconecedor de la conjunción entre el subjetivismo y el objetivismo en la creación del conocimiento; pero también al científicismo y al fisicalismo, al reduccionismo y al holismo, al instrumentalismo, al constructivismo, al nominalismo de John Stuart Mill, etc. (Valor, 2000).

El existencialismo viene a establecer la dificultad de unificar el conocimiento —Kierkegaard, Camus, Nietzsche, Heidegger, Sartre Simone de Beauvoir, Ortega y Gasset—.

El empirismo lógico, encarnado por el Círculo de Viena —Schlick, Carnap, Neurath, Hahn, Gödel, Quine—, al establecer el verificacionismo de limitar la validez del método científico a lo empírico verificable —incluido lo tautológico—, restringió la propiedad de ser conocimiento válido a las ciencias empíricas y a las formales (Schlick, 1974).

Ello sirvió para proponer que cualquier enunciado admitía otro enunciado protocolar equivalente —establecido en términos de los parámetros de la percepción sensorial— y, sobre esa base, tratar de unificar el conocimiento científico.

Este enfoque, que renuncia a pronunciarse sobre el conocimiento no científico, coloca en primer plano el problema de la subjetividad perceptual por ser esta la fuente de los enunciados protocolares: para que la subjetividad perceptual no surta efecto de preconcepto de la interpretación es necesario que esté objetivada —percepción normalizada para que sea independiente del sistema sensorial de cada observador—, como propone el verificacionismo.

Los últimos tiempos asisten a la intensificación de la especialización. Así, restringida al ámbito del inductivismo, Popper abre el melón de la falibilidad. Aunque lo notorio de su propuesta es determinar el alcance —demarkación— de las teorías, es constructivo el refuerzo de credibilidad que proporciona la superación de pruebas de falsación (Popper, 1980).

Lakatos propone la vertiente constructiva del falsacionismo mediante la apreciación del efecto progresista de la refutación para motivar el avance del conocimiento mediante programas de investigación científica: conjunción de la utilidad del falsacionismo popperiano para encontrar fallos y de los conceptos del revolucionismo khuniano para avanzar evolutivamente.

Las críticas a este llamado falsacionismo sofisticado se refieren a que, más que método inspirado en lo conceptual, propone estrategia programática del contexto de creación del conocimiento científico. Es Feyerabend quien retorna a la ironía para defender la ausencia de método y propugnar lo que se ha llamado anarquismo epistemológico mediante reflexiones del tipo "Soy profesor de método científico, pero tengo un problema: el método científico no existe." (Feyerabend, 1996), (Feyerabend, 2007), (Lakatos, 2010).

Al denunciar Feyerabend que constreñir a la ciencia dentro de marcos regulatorios es contraproducente está, claramente, refiriéndose a la praxis, dogmatizada por la oficialidad, del ejercicio científico. En cambio, su propio razonamiento contra la propuesta de Lakatos es de fundamento gnoseológico y epistemológico.

El problema de la demarcación científica aparece al tratar de explicar el progreso científico el cual es un efecto de aplicar el método pero no forma parte de los fundamentos gnoseológicos ni de las características del método en sí.

Para encontrar los fundamentos metodológicos y las características que tiene el método científico, habrá que buscar en la esencia que el propio conocimiento tiene como proceso entre la causa y el observador.

Argumentar sobre lo metodológico razonando en términos de sus consecuencias puede dar lugar a arbitrariedades como la que Carnap vivió en su propia tesis sobre una teoría axiomática del espacio y del tiempo —demasiado filosófica para los físicos y demasiado física para los filósofos— (French, 2015), (Psillos, 2000).

He ahí una manifestación del sinsentido y los vacíos que puede producir el avance de unas parcelas del conocimiento cuando está impregnado de afán diferenciador. Surge el riesgo de que el avance ocurra con sesgo favorable a los aspectos diferenciadores e incluso con intención descalificadora de lo otro.

Que desde el renacimiento haya ido ahondándose la brecha entre ciencia, filosofía, técnica, humanidades, arte, revelación e incluso lo inmanente, denota la aceptación —nunca suficientemente falsada— de diferentes tipos de conocimiento, dotado cada uno de ellos de método propio (Allègre, 2000).

Ese es un concepto previo que dificulta dar respuesta sistemática al conocimiento cualquiera, habitualmente interpretable como composición de elementos de los diferentes tipos de conocimiento, y complica la metodología de resolución de los problemas realistas.

¡Cómo entender la sonrisa giocondina al margen del Leonardo, además de pintor, químico del color y físico de la luz e ingeniero de la anatomía humana y...!

Frente al avance de índole más objetiva y universalista que ha venido conociendo la ciencia, la evolución del arte exhibe indicadores alineados con la singularidad de la obra y con la subjetividad del autor. De ahí la profusión estilística que sintéticamente denominamos aludiendo al sufijo "ismos".

Todo eso, que ayuda a comprender la divergencia de caminos, por mucho que induzca a considerar tan diferentes a los tipos de conocimiento, no es suficiente debido a que su génesis inductiva deja abierta la posibilidad popperiana de contradicción. Luego, esto de la creación del conocimiento lo hemos convertido en una asunción con connotación de concepto previo facultativo —algo profundamente antisocrático—.

El argot que cada campo ha producido acentúa —y de qué manera!—, ese estado de diferenciación que, cuanto menos, podemos tacharlo de arbitrario. Sócrates nos invitaría a desproveernos de prejuicios para buscar los motivos, la esencia, los fines y la composición del conocimiento. Hecho así, estaríamos cambiando el reduccionismo sintético por la categorización analítica del conocimiento.

La expectativa es que tal vez convengamos en redefinir, por ejemplo, el concepto de observacionalidad para, expandiéndola más allá de la percepción sensible empírica, incluir como casos observacionales al conocimiento formal, cuya percepción sensible es prescindible, así como al arte, cuya percepción sensible —en lo que concierne al autor durante la creación— es nula.

El mismo ejercicio hecho sobre el concepto de falsación, trascendiendo del ámbito empírico, nos hará ver que la demostración formal es falsación lógica y que la convicción es falsación subjetiva o arbitraria. Así, la calidad de su falsación podrá darnos cuenta de la calidad del conocimiento falsado.

Valor del conocimiento

Idiomas como el castellano manejan a menudo los términos "conocer" y "saber" como si fueran sinónimos. El inglés los sustituye por "know" y "know how", respectivamente y con ello pone al descubierto la diferencia de significado que hay entre uno y otro.

"Conocer" un hecho o una cosa es tener conciencia de su existencia y, por lo tanto, se refiere a tener un enunciado sobre la entidad concernida. La participación del observador en la actividad de conocer involucra a su sistema de percepción —los sentidos y, por extensión, los instrumentos—; así como a su sistema de interpretación —formación de ideas, construcción de sentencias—. Entra, pues, dentro del ámbito de "conocer" la noción que la persona común tiene sobre el cáncer, sobre Buda o sobre Sancho Panza; de la misma manera que produce la noción que tiene el físico sobre la electricidad; si bien, este último conocimiento es sustancialmente más rico que el caso mencionado del común de las personas.

La parte del sistema de interpretación que entra en juego al nivel de "conocer" son las teorías —los sistemas de entidades y las reglas de su funcionamiento—. En los ejemplos anteriores, la fisiología celular, el budismo y la literatura.

El significado del conocimiento que se obtiene se refiere a la esencia de las entidades y a su comportamiento en las interacciones fenomenológicas —lo que denominamos prestaciones o funcionalidad—. "Conocer" enlaza fuertemente con

la respuesta que se obtiene a la preguntas: "qué" es el conocimiento y "para qué" sirve o lo queremos.

Por lo tanto, tiene finalidad declarativa, de índole conceptual, proporciona conciencia sobre la existencia, la naturaleza y la utilidad de las cosas. Formalmente, corresponde al concepto que en teoría de sistemas se llama "modelo de caja negra". Sus enunciados informan de una concepción de las cosas con enfoque externo a las mismas, orientada a la interacción de esas cosas con otras.

"Conocer cómo" concreta el alcance de "conocer" mediante el condicionante conceptual de que ese conocimiento contenga las cualidades operacionales que dan lugar al resultado, es decir, lo relativo a la estructura y la organización de los constructos arquitecturales de los que emana la funcionalidad que las cosas exhiben en sus interacciones con otras cosas. Aúna en sí dos aspectos de "conocer": el de tener conciencia y el constitutivo.

La intervención del sistema de interpretación del observador en este caso es más intensa que en el del mero "conocer". Al "conocer cómo", es decir al conocimiento sobre las cosas creado con ese mayor protagonismo del intelecto humano es a lo que en español llamamos "saber", y "sabiduría" al conocimiento profundo, en su más alto grado.

En la vertiente intelectual relacionada con la conciencia estructural pueden intervenir sistemas de conceptos y de reglas más especializados y de ámbito más limitado que las teorías generales, que establecen correspondencia empírica entre el sistema de ideas de la teoría y constitución de la cosa. Habitualmente los llamamos modelos, pudiendo llegar a ser sumamente restringidos y hasta específicos para cada cosa pero, sea al nivel de las teorías o al de los modelos, la circunstancia es que aumenta la cercanía a la subjetividad de este conocimiento sobre cómo son las cosas respecto del "conocer".

La subjetividad adicional del "saber" frente al "conocer" pasa, a menudo, desapercibida debido a que es implícita a la abstracción que da lugar a las características definitorias: al formar parte de la teoría o del modelo que utilizamos para llegar del "conocer" al "saber", puede quedar inadvertido ese proceso de subjetivación. Complementariamente, podríamos interpretar que modelar o teorizar son acciones que producen el efecto de estandarizar —poner en común— el "saber" hasta el punto de objetivarlo al ámbito del "conocer".

Conocer al electrón es tener noción de su existencia, seguramente por medio de los fenómenos eléctricos. Lo de su naturaleza corpuscular, propiamente deberíamos llamarlo saber del electrón, sobrentendiendo que nos estamos expresando bajo el ámbito del modelo de Bohr. Es precisamente la asunción de estar expresándonos bajo el enfoque del átomo de Bohr lo que nos permite

intercambiar el término "saber" por "conocer" ya que omitimos las consideraciones estructurales que median entre "conocer" y "conocer cómo" porque las tenemos incorporadas en el modelo atómico. En cambio, nuestro conocer fenomenológico del electrón seguirá vigente en la teoría ondulatoria pero no será aplicable nuestro saber sobre la condición corpuscular electrónica.

Puede notarse que el término "sabiduría" se utiliza remisamente en la terminología científica, salvo con carácter de reconocimiento en grado máximo, de excelencia. Su uso suele referirse al observador y las connotaciones son las inherentes a la condición humana de percibir e interpretar: el sabio es docto. Se procura adjudicar la sabiduría a las personas y considerar el conocimiento patrimonio de la colectividad. El "saber" visto como el "conocer cómo" incorpora, en efecto, la partícula "cómo" que denota los aspectos procedimentales de los hechos, "el mecanismo" que hace funcionar a las cosas gracias a la interacción entre sus partes y, por ende la capacidad para interaccionar de las cosas —su arquitectura—.

La finalidad de "conocer cómo" es instrumental sobre las características constituyentes y sus relaciones, con enfoque de visión interna, desde dentro de la cosa. Dicho conocimiento se encuentra en las respuestas a las preguntas "cómo" son las cosas y "con qué" están hechas.

Todavía está la acción "conocer cómo hacer", que bien podríamos expresar como "saber hacer" y, de ahí, "crear". El significado es de producir el conocimiento, los hechos, las cosas o las entidades. Se añade, ahora, la consideración de las circunstancias, no ya de conocimiento sobre la cosa, sino de creación de la cosa en sí misma.

Por lo tanto, la finalidad de "conocer cómo hacer" es productiva, esto es, procedimental constructiva. El conocimiento que contiene es metodológico y se obtiene mediante las respuestas a todas las demás preguntas distintas de las anteriores y de "por qué" crear conocimiento o una cosa. Entre ellas: "quién" lo hace, "cuándo" hacerlo, "cuánto" cuesta, "dónde" se hace,...

La pregunta "por qué" crear conocimiento sobre una entidad proporciona respuestas que dan cuenta de la causa, de la razón de ser de ese conocimiento. Las respuestas a esta cuestión constituyen sentencias motivadas del conocimiento sobre la entidad.

El proceso gnoseológico de gestación del conocimiento podemos plantearlo como una secuencia de transformaciones de su enunciado de manera que vaya aumentando el significado de los sucesivos enunciados. Nuestro conocimiento observacional sobre el sistema solar fue geocentrista —en términos de la conjetura de Occam, la explicación más sencilla— mientras estuvimos interaccionando solamente mediante fenómenos restringidos exclusivamente a la

participación solar y la terrestre. Cuando añadimos la participación lunar a las interacciones, nuestro conocimiento ganó en completitud hasta el grado de heliocentrista. A día de hoy, tenemos conciencia de ser algo minúsculo ubicado en un rincón recóndito del contorno de una galaxia...

En el siguiente apartado, sobre la creación del conocimiento, vamos a llamar problema a cualquier sentencia preliminar sobre el conocimiento que tenga significado insuficiente. Llamaremos solución de un problema a otra sentencia con significado suficiente obtenido mediante transformaciones coherentes del anterior.

Los enunciados de los problemas serán esencialmente declarativos, del ámbito del "conocer", sujetos a las connotaciones del enfoque de caja negra, con

Tabla I.1. Taxonomía utilitaria del conocimiento.

nivel	valor	generadores	ejemplos
conocer	declarativo	por qué, qué, para qué	definición funcional, requisito, motivación, modelo
saber	arquitectural	con qué, cómo	definición estructural, constitución, organización
saber hacer	constructivo	cuál, cuánto, cuándo, dónde,...	prototipo, fabricación

posición del observador externa a la entidad objeto. El significado de su enunciado versará sobre la motivación —por qué—, la naturaleza o esencia que caracteriza a esa entidad frente a las demás del Universo —qué— y, posiblemente, sobre la utilidad de ese conocimiento —para qué—.

Una solución a un problema habrá de ser una sentencia constructiva para poder recrear la entidad objeto y, por lo tanto, tendrá que dar cuenta de los constituyentes y de los constructos estructurales y organizativos —con qué, cómo—, propios del conocimiento arquitectural; así como del contexto productivo para construir la entidad —cuándo, quién, dónde,...—.

En consecuencia, el valor del conocimiento viene a constituir una escala de su significado. Así, podemos establecer una taxonomía sobre el conocimiento fundada en la utilidad que proporciona, como muestra la tabla I.1:

- Conocer. Conocimiento declarativo de la existencia de las entidades con significado de su relación con el resto del Universo —causa, naturaleza, fines—.
- Conocer cómo, saber. Conocimiento arquitectural de la entidad. —constitución y composición—.

- Saber hacer. Conocimiento operacional para producir la entidad —construcción—.

La sentencia de un problema tienen valor declarativo y las sentencias de las soluciones lo tienen operacional de su funcionamiento. Lo arquitectural, intuitivamente, corresponde al ámbito de las soluciones.

La corrección de una solución a un problema consiste en que su significado satisfaga el significado del problema.

El concepto de que un significado satisfaga a otro significado quiere decir que el primero contiene por lo menos la misma información que el segundo, tal vez expresada en otro dominio diferente.

Resolver un problema obteniendo una solución mediante transformaciones de la sentencia problema hasta obtener otra con significado suficiente es un proceso que no garantiza la coherencia de la solución.

Verificación es la prueba de que la solución satisface el problema.

El concepto de problema

El concepto de problema, en su acepción de asunto a esclarecer, está íntimamente ligado al de hipótesis y, tal vez por ese motivo, es habitual asumir que su significado es tautológico —proposición pendiente de su confirmación en el seno de una teoría o sistema de ideas—. Ello puede ser la explicación del remiso tratamiento que dicho concepto ha recibido en la literatura.

Aunque la casuística está impregnada de especificidad disciplinar —negocios, educación, etc.— persiste el enfoque socrático de resolver mediante la obtención de respuestas a preguntas esclarecedoras, especialmente en Polya (Agre, 1982), (Landry, 1995), (Polya, 2004).

Proponemos aquí definiciones sobre los conceptos relacionados con los problemas.

Significado

Establecemos que un enunciado tiene significado suficiente para una finalidad y un observador si este último así lo determina —si el observador declara la suficiencia de ese significado para esa finalidad—.

Sea el siguiente enunciado:

"El ajedrez es un juego de mesa entre dos personas que se practica sobre un damero en el que se disponen las 16 piezas de cada jugador, diversas en importancia y valor, que se desplazan y comen las del contrario según ciertas reglas."

Cierto observador puede reconocerle significado declarativo suficiente porque informa sobre la esencia de la entidad ajedrez y sobre su finalidad de competir lúdicamente dos jugadores. En cambio, otro observador puede declarar insuficiente el significado del enunciado a efectos arquitecturales debido a la ausencia de conocimiento sobre la identidad de las piezas y sobre los detalles de las reglas.

El enunciado que consistiera en el reglamento del juego, aun proporcionando significado suficiente tanto a nivel declarativo como a nivel arquitectural, todavía tendría significado insuficiente a efectos de estrategia de juego ganadora.

El dominio de un enunciado es el conjunto de las características, los parámetros o las variables dotadas de significado propio que contiene. Por ejemplo, el dominio espacial de los objetos tangibles es {largo, ancho, alto}; un dominio para los objetos visibles puede ser {largo, ancho, alto, brillo, matiz}.

El enunciado determina los valores lícitos de las variables, bien independientemente para una variable dada, bien mediante relaciones entre los valores de distintas variables. Para el ejemplo del dominio espacial de los objetos tangibles, un cubo es un cuerpo que tiene igual largo que ancho que alto; y la luna llena de la noche es el objeto visible circular de alto brillo plateado, para el ejemplo del dominio de los objetos visibles.

Haber prescindido de mencionar el color del cubo, lejos de significar la nulidad de esa característica —cubo transparente— expresa indeterminación extendida a cualquiera de los valores que pueda tomar —el cubo puede tener cualquier color o lo que tiene significado equivalente: el color no imprime carácter al cubo—.

Corresponde, pues, acordar una definición para el conjunto de todos los enunciados:

Universo es el conjunto de todos los enunciados.

El conjunto de todas las variables, características o propiedades que tienen todos los enunciados del Universo es el dominio universal. Asumiendo la infinitud del dominio universal establecida por el Círculo de Viena, el dominio de un enunciado que, como decimos, es el subconjunto de las características explícitas del enunciado, proyecta o abstrae el significado del enunciado en el subespacio del Universo que constituye el propio dominio.

En puridad, no podemos hablar del color del cubo mediante enunciados cuyo dominio sea el del ejemplo ya que, bajo el enfoque que establece este dominio, no existe —no está definido— el concepto color.

Para que la sentencia que enuncia el concepto cubo incorpore consideraciones sobre el color o el brillo u otras, esas características han de pertenecer al dominio del enunciado —estar declaradas—. El dominio de los objetos visibles sí que proporciona capacidad expresiva para enunciar cubos coloreados.

Luego el dominio de un enunciado proporciona la referencia que sirve a los observadores para identificar los elementos nominales —términos, características, parámetros, variables— que lícitamente pueden formar parte del enunciado y el significado concreta las características —determina los valores que pueden tomar las variables, sea explícitamente o mediante relaciones entre ellas—.

Transformar un enunciado inicial en otro enunciado final es cambiar su dominio —incorporando nuevas características del dominio universal o ignorando características ya significativas— y el enunciado para que exprese al menos el mismo significado mediante restricciones dentro del nuevo dominio.

Como la observabilidad de los fenómenos en que interviene un objeto cognoscible contribuye al establecimiento del dominio inicial del enunciado sobre ese objeto, podremos obtener enunciados sobre objetos distintos e incluso sobre el mismo objeto que estén expresados en diferentes dominios.

Esa circunstancia, que impide la comparación entre enunciados cualesquiera, es la que explica el interés por la transformación de enunciados de un dominio a otro. En la práctica, el cambio de dominio es un instrumento de abstracción para enfocar el enunciado en los aspectos que interesen.

Un enunciado puede considerarse compuesto por la unión, por un lado, de la restricción sobre el dominio del enunciado y, por otro lado, de la restricción nula sobre las demás variables del dominio universal —entendiendo que la restricción nula admite cualquier valor para cualquiera de sus variables—.

En términos topológicos, el significado de un enunciado es una región del espacio de representación del dominio universal. Consideramos a esa región la bola topológica significativa del enunciado. Un significado es más concreto cuanto más pequeña sea su bola topológica significativa y, viceversa, más abstracto cuanto mayor sea su bola significativa.

Que el conocimiento llegue a ser requiere producirlo, esto es crear la sentencia que lo contiene y, por ende, el enunciado que lo expresa con significado suficiente. Que esto último sea una actividad atómica o, por el contrario, consista

en un composición de actividades más elementales requiere escudriñar las claves de la creación del conocimiento para conocer la naturaleza y el comportamiento de esas actividades.

Ello ha de proporcionar criterios para la actividad de creación del conocimiento, ese que es el oficio de los científicos cuando de conocimiento objetivo se trata, o el de los artistas si lo que media es la inspiración, e incluso el de los profetas y los maestros en el sentido amplio de ser portadores de revelaciones y de impartir clases magistrales, respectivamente.

Partiendo de que todo enunciado es contenedor de significado, la suficiencia de este para constituir conocimiento queda a expensas del observador y podrá requerir transformaciones.

Inicialmente, la interpretación sobre algo puede consistir en una concepción insuficiente que tiene el observador restringidamente a su propio intelecto. Transformar esa interpretación en conocimiento requiere que encuentre un enunciado con significado suficiente para esa concepción.

Para el concepto "ser fofa una cosa", que cada uno tiene tan claro, suele resultarnos difícil elaborar un enunciado inscrito en el lenguaje hablado. A menudo nos vemos impelidos a complementar el significado del enunciado lingüístico —ser la cosa esponjosa, blanda y de poca consistencia— con el apoyo gestual de hacer confluír las yemas de los dedos de una mano.

Para referirnos a los enunciados con significado insuficiente utilizamos términos como conjetura, hipótesis y un sinfín de otros términos propios de las jergas disciplinares. En lo sucesivo, digamos "problema" a esos enunciados y definamos algunos conceptos relacionados —ver las correspondientes definiciones formales en el [anexo A](#)—.

Un problema es una sentencia con significado insuficiente para que un observador lo diferencie de otros significados.

Que la definición incorpore la vinculación al observador va a requerir más tarde homologar a este, tal vez mediante los niveles declarativo, arquitectural y constructivo del conocimiento, o mediante la comunicación entre los observadores de una colectividad.

Obviamos la falta de suficiencia del significado debida a que el enunciado carezca de valor comunicativo por considerarla asunto semiótico menor —sería el caso para observadores legos en la notación que utilizamos en el [anexo A](#)—.

Sobre la formalidad del enunciado —funcional o no— y sobre la naturaleza de los elementos nominales —características cuantificables o no— no imponemos restricción alguna.

Una pipirrana es un ejemplo de problema.

Una solución de un problema es una sentencia cuyo significado es una concreción —intensificación de la restricción— del problema suficiente para que un observador lo diferencie de todo otro conocimiento.

Un problema puede tener numerosas soluciones, es decir, podemos encontrar diversos enunciados que concreten suficientemente el significado del problema.

Pipirrana murciana y pipirrana de Jaén son sendas soluciones al problema de la pipirrana. La receta de la pipirrana es una solución arquitectural. Un plato de pipirrana es una solución con valor constructivo.

La resolución de un problema es la actividad de encontrar una solución al mismo.

Proporcionar la receta es un ejemplo de resolución del problema de la pipirrana. Elaborar la pipirrana es otro ejemplo de resolución del mismo problema.

Aparte de otras opciones para la actividad de resolver, como pueda ser el hallazgo no consciente —instintivo o intuitivo—, vamos a considerar el caso general de actividad consciente o causal en el sentido de que encontrar soluciones es consecuencia de buscarlas. Es decir, la resolución coherente de un problema, en consonancia con la definición de solución, concreta la restricción de problema mediante decisiones que toma el observador que lo resuelve —decisiones de resolución—.

Una decisión de resolución es una transformación lícita del enunciado de un problema encaminada a aumentar su significado.

Establecer que la pipirrana es un entrante culinario vegetal o si lleva pepino son ejemplos de decisiones de resolución.

Sea suficiente o no para el observador, un problema tiene el significado que expresa su enunciado el cual, preceptivamente, ha de estar contenido también en la solución. Llamemos "restricción preceptiva" al significado que expresa el enunciado del problema queriendo significar que ineludiblemente ha de contenerse en la solución.

La participación del observador en la resolución, en el caso general, aporta condicionantes de resolución —las concepciones previas socráticas— que

constituyen restricciones añadidas a las preceptivas. Son restricciones implícitas por mor del observador —las llamaremos facultativas— que también forman parte de la solución.

La consecuencia es que el proceso de resolución de un problema preceptivo consiste en la resolución de otro problema que es el que está compuesto por la composición del problema preceptivo con el problema facultativo.

Salir untuosa la pipirrana puede formar parte de los gustos del cocinero.

El diferenciación entre la parte preceptiva y la facultativa del problema puede hacerse atendiendo a la causa que motiva las restricciones. La estrategia socrática basada en analizar el enunciado problema mediante preguntas fuerza la obtención de respuestas que enriquecen motivadamente el significado del enunciado.

Nótese que, lejos de tratar de excluir el problema facultativo, estamos interesados en preservar la causalidad de la actividad resolutoria.

La finalidad de aumentar el significado vincula a la decisión de resolución con el enunciado, ya sea en su totalidad o al menos alguno de sus términos —elementos nominales—. Sin perjuicio de todas las demás opciones, esa causalidad entre el aumento del significado y el contenido de la decisión resolutoria —su propio significado— proporciona criterio sistemático de naturaleza sintáctica para construir las decisiones resolutorias:

Las decisiones de resolución pueden fundamentarse causalmente mediante la construcción sintáctica de responder a preguntas sobre el significado a mejorar.

Las respuestas a las preguntas motivadoras son las decisiones de resolución: derivan un enunciado a partir de otro y consisten en elementos de actividad cuya estructura es la secuencia de una pregunta seguida de las respuestas que obtiene. Luego la naturaleza de la actividad de resolución es la de la secuencia formada por una pregunta seguida de las respuestas que obtiene esa pregunta.

La resolución causal de un problema es una composición de decisiones de resolución que proporciona una solución al problema con coherencia causal respecto del mismo.

Las respuestas a las infinitas preguntas que pueden formularse proporcionarían una solución con significado completo, esto es, con significado suficiente para todo observador. En la práctica, basta limitar las preguntas a las que desencadenan decisiones de resolución que producen significado suficiente para determinado conjunto de observadores beneficiarios.

Los problemas de una familia comparten ciertos rasgos.

Un modelo de un conjunto de problemas es un enunciado cuyo significado incluye a los enunciados de todos los problemas del conjunto.

El significado del modelo es menos restrictivo que el de cualquiera de los problemas de su familia. Por lo tanto, un modelo puede tener significado suficiente para los observadores. En ese caso, el modelo es una solución parcial a cada uno de los problemas de la familia.

"Ensalada" es un modelo para un amplio conjunto de entrantes culinarios vegetales troceados, entre ellos la pipirrana.

Un modelo es un subproblema abstracto común a todos los problemas, es decir, una generalización de cada uno de los problemas del conjunto. Conviene caer en la cuenta de las repercusiones conceptuales que tiene la dualidad entre los modelos, los problemas y las soluciones:

- Los modelos de los conjuntos de problemas, por la suficiencia de su significado, serán problemas para ciertos observadores y solución para otros.
- Los problemas, como abstracciones de cada una de sus soluciones, son modelos del conjunto de sus soluciones.
- Las soluciones para un observador pueden ser modelos o problemas para otro observador.

El significado de una solución es más concreto que el de su problema y, el de este, más concreto que el de su modelo. En correspondencia, la sentencia enunciativa de una solución es más restrictiva que la de su problema, y la de este lo es más que la de su modelo.

La utópica teoría unificada de la ciencia viene a ser el intento de proponer un modelo de la familia de todos los problemas, si bien, lejos de abstraer los aspectos comunes, derivó en realzar las particularidades de una y otra escuela (Stadler, 2011), (Vrahimis, 2020). Entre sus efectos desfavorables, ha sido criticada la presión que ha ejercido el fisicalismo sobre ciencias y disciplinas menos formalizadas.

Dice Nieto Cánovas (Nieto, 2007):

"¿Es adecuado plantearse la cuestión de una teoría unificada del conocimiento? En caso afirmativo deberá derivarse un solo método para

una variedad inmensa de géneros y para otras tantas de formas de conocer. Demasiada variedad, en principio, para su unificación."

Hay autores que achacan las causas de la dificultad para avanzar en la unificación de la teoría del conocimiento a la actitud de valorizar al conocimiento rivalizando con propuestas alternativas. Wilson considera que la disputa entre las Ciencias Naturales y las Ciencias Sociales son uno de los principales problemas de la ciencia (Wilson, 1999). Henriques plantea que es posible una teoría unificada de la psicología y que la diversidad de especialidades la dificulta porque los paradigmas se proponen unos a la contra de los otros y las diferencias epistemológicas se utilizan para desacreditar las proposiciones de los demás (Henriques, 2003).

El modelo "ensalada" de la pipirrana es el subproblema de la pipirrana que corresponde a su esencia de consistir en hortalizas troceadas, con aceite, etc. Concretar en tomate, cebolla, pimiento, etc., es el otro subproblema que completa la ensalada en "pipirrana". Luego la ensalada en un problema con restricción más relajada que la pipirrana.

Es frecuente confundir la relación topológica entre un modelo y sus problemas con la relación algebraica que hay entre ellos y con la intensidad de la restricción que contiene el enunciado. Ver figura I.3.

Por un lado, el modelo es un conjunto y sus elementos son los problemas, lo cual establece que los modelos son más generales que cada uno de sus problemas en el sentido de que el conocimiento que contienen se refiere a una porción más extensa del Universo.

Por otro lado, el modelo es una proyección de sus problemas, como las manchas sobre el suelo de las primeras gotas de lluvia, lo cual tiene la impronta de que cada problema o cada gota trasciende el espacio de proyección o la mancha en el suelo, es decir, trasciende su modelo.

Finalmente, la restricción modelar es más relajada que la de cualquiera de sus problemas, o lo que es lo mismo, más fácil de satisfacer; de hecho, la satisface cualquiera de sus problemas.

Un elemento nominal —término, componente, etc.— de un enunciado es un descriptor atómico con significado suficiente.

El elemento nominal es el descriptor, en notación implícita, de la solución conocida a un problema.

"Lechuga" y "aceite de oliva virgen" son elementos nominales para la finalidad cocinar la ensalada y el observador chef. En cambio, "lechuga" no solo no es un

Universo de problemas

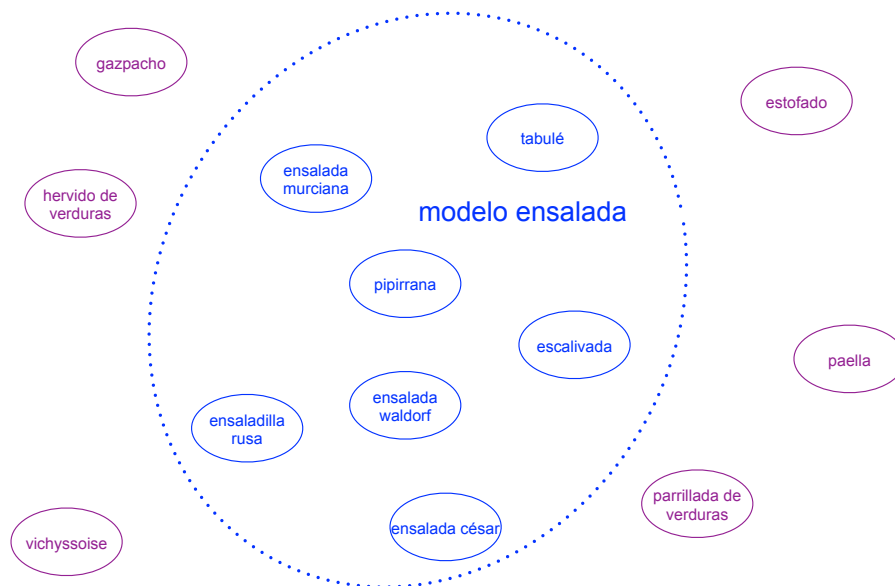


Figura 1.3. Recreación topológica de las relaciones entre los modelos, los problemas y los elementos nominales. Cada punto de la imagen representa a un elemento nominal, instancia o solución. Cada problema es una bola topológica que envuelve a sus soluciones. Un modelo de varios problemas en una bola topológica que los contiene a todos ellos.

elemento nominal sino que es el nombre de un problema para el gerente de un restaurante que tenga huerto propio y se ocupe del cultivo de sus propias lechugas.

Ejemplos

Organización social

Podemos considerar que las regulaciones de la Organización de las Naciones Unidas —ONU— conforman una teoría de la organización de la sociedad. La suscribe un conjunto de observadores que abarca a la inmensa mayoría de la humanidad —los humanos no adscritos son ajenos a esta cobertura regulatoria y, por lo tanto, no están llamados a observarla—.

La Agenda 2030 es el modelo que intensifica el significado de la teoría ONU concretándola para determinado intervalo temporal y para el ámbito de los Objetivos de Desarrollo Sostenible —ODS—.

El "ODS 1. Fin de la pobreza" es uno de los diecisiete problemas que componen la familia modelar Agenda 2030.

Las metas que alcance la humanidad en 2030 para el ODS 1 serán una solución de ese problema. De facto, será la solución que, finalmente, se habrá materializado —nada decimos sobre la calidad de la solución—.

La Lengua

La Gramática Castellana es la primera propuesta de una teoría de las lenguas romance y de esa en particular, que debemos a Antonio de Nebrija (Nebrija, 2012). Recoge las reglas para componer los enunciados, tanto los elementos nominales —palabras— como las combinaciones de estos en estructuras complejas —oraciones y sintagmas, entre otros—.

Como ocurre con cualquier otra gramática, la ortografía es el modelo de esa teoría para la familia de enunciados que conforma el lenguaje escrito. El título de cualquiera de los libros en esa lengua es un problema de su ortografía y el cuerpo del libro, la solución que propone el autor.

Consideremos el siguiente enunciado:

En un lugar de la Mancha.

Es una solución al problema "El ingenioso hidalgo don Quijote de la Mancha" (Cervantes, 1978). De esta solución podemos destacar que su significado es abstracto en extremo, tanto que para apreciarlo basta notar que hace uso de solamente una variable o característica —localización—, a la cual asigna toda la extensión de La Mancha. Las demás características del dominio universal, por omisión, admiten cualquier valor.

La sentencia:

En un lugar de la Mancha, de cuyo nombre no quiero acordarme.

Es otra solución al mismo problema —estrictamente, este es otro problema—, cuyo significado tiene mayor grado de concreción. Ello podemos argumentarlo mediante cualquiera de las siguientes interpretaciones:

- El dominio sigue siendo la variable localización y el autor ha restringido el rango de existencia desde cualquier ubicación manchega hasta solamente las que no desea recordar.
- El dominio es bidimensional: localización y recuerdo. La nueva sentencia concreta a la primera estableciendo el rango de esta última variable: los lugares que el autor no quiere recordar.

Sean las siguientes las sucesivas sentencias que resultan de ampliar progresivamente el texto hasta completar el párrafo:

En un lugar de la Mancha, de cuyo nombre no quiero acordarme, no ha mucho tiempo.

En un lugar de la Mancha, de cuyo nombre no quiero acordarme, no ha mucho tiempo que vivía un hidalgo.

En un lugar de la Mancha, de cuyo nombre no quiero acordarme, no ha mucho tiempo que vivía un hidalgo de los de lanza en astillero, adarga antigua, rocín flaco y galgo corredor.

Aportan sendas soluciones al mismo problema que son, sucesivamente más concretas. En cada una de ellas, el autor va estableciendo el rango de existencia de nuevas variables: ⟨tiempo : reciente⟩, ⟨modo : vivir⟩, ⟨armamento : {lanza, adarga}⟩, ⟨doméstico : {rocín, galgo}⟩.

Continuar concretando el resultado hasta la genialidad es una solución solo al alcance de Cervantes.

Causalidad gnoseológica

Empirismo, racionalismo y la práctica totalidad de las corrientes gnoseológicas coinciden en postular cada una de ellas su propia conjetura sobre la fenomenología de creación del conocimiento y sobre el rol que juegan objeto y observador (Hume, 2015), (Rábade, 1995).

Es frecuente que correligionarios de cada corriente argumenten las bondades de sus proposiciones mediante comparaciones que debilitan a las otras corrientes. Se desencadenan, así, discusiones que devienen usualmente en polarización de las posturas y en contraposición excluyente de lo otro.

Es llamativo que se llegue incluso a la exacerbación cuando el statu quo sobre el conocimiento evidencia que hay casos notorios de conocimiento racional, de

conocimiento arbitrario, de conocimiento empírico, formal, inmanente, revelado, etc.; de la misma manera que es obvio que habitualmente concurren varios de esos taxones en la misma sentencia.

Axiomática formal causal

Un planteamiento conciliador puede facilitar la identificación de las fortalezas que tengan tanto lo sensible como las revelaciones, como lo racional, como las ensoñaciones; así como los riesgos que unos y otros comportan.

Esa es la esencia de nuestra propuesta y como ello obliga a establecer un marco de equidad donde tengan cabida todas las corrientes y todas las clases de conocimiento, hemos llegado a que la posibilidad de observación proporciona criterios potentes para dirimir entre casos sensibles, no sensibles o no necesariamente sensibles que, a su vez, devendrán en conocimiento por interpretación lógica o arbitraria e incluso sin interpretación.

Proponemos, pues, la siguiente axiomática:

- Las cosas, los hechos, en suma las entidades causales del conocimiento, interaccionan entre sí mediante fenómenos. La entidad causal corresponde entenderla en su sentido más amplio, incluyendo el caso de ausencia de causa, bien por no tener constancia de la misma, bien como estrategia para explorar, bajo el enfoque de esta axiomática, la casuística que pueda derivarse de esa no causalidad.

Fenómeno es la interacción entre entidades.

- La noción que pueden llegar a tener unas entidades de las otras se sustenta en esas interacciones fenomenológicas. Es decir, una entidad que tenga naturaleza de agente cognitivo —observador— puede saber de otra entidad mediante la interacción de ambas en un fenómeno dado. Por ejemplo, una balanza obtiene el peso de una manzana mediante la interacción entre ellas que consiste en apoyar la segunda en el platillo de la primera. Análogamente un observador adquiere conocimiento sobre la manzana participando en fenómenos comunes —coincidencia en un medio que tenga capacidad para transmitir partículas odoríferas de la manzana al sistema olfativo del observador, etc.— La genericidad de planteamiento abarca tanto la interacción directa entre objeto y observador como la interacción indirecta a través de objetos u observadores interpuestos e incluso se extiende al caso de ausencia de interacción.

El observador es una entidad con capacidad de dotar de significado al efecto de los fenómenos.

- Conocimiento es la noción que un observador produce acerca de las entidades causales. Luego el conocimiento es cualidad o patrimonio del observador, esto es, pertenece al ámbito o dominio del observador. El significado se refiere a la entidad. Comúnmente, además de observador, también llamamos sujeto al agente cognitivo y mente o intelecto al sistema de conocimiento del sujeto cuando este tiene naturaleza de ser que ocupa los escalafones superiores de la evolución. A la entidad cognoscible se acostumbra a denominarla objeto, causa, cosa o entidad, como venimos diciendo. En lo sucesivo, propenderemos a esta terminología para facilitar la comprensión, asumiendo que la generalización es implícita.
- La parte de interacción fenomenológica en que el observador participa y mediante la cual crea conocimiento sobre el objeto es la percepción. El instrumento subjetivo de la percepción es su sistema sensorial. A menudo, también participa en esa interacción alguna otra entidad facilitadora que genéricamente reconocemos como instrumentos de medida. Dada la supina imperfección que adorna al sistema sensorial, admitir la ausencia de percepción sensible dentro del marco de las opciones es inmediato. Es decir, contemplamos también que la percepción sea nula.

Percepción es la interacción del observador en el fenómeno.

- El conocimiento, finalmente resulta mediante la interpretación que el observador realiza sobre la percepción. Convenimos en llamar observación o actividad observacional a la composición ⟨percepción, interpretación⟩

Interpretación es dotar de significado a la percepción.

Observación es percepción seguida de interpretación.

La actividad natural de adquirir noción sobre una entidad consiste, por lo tanto, en el filtro interpretativo del filtrado sensorial de manifestaciones fenomenológicas de la entidad.

Gráficamente, podemos entender la actividad observacional bajo la concepción de una "caja negra" cuyos estímulos son los fenómenos observables y cuyas respuestas son el conocimiento que tiene causa en esos fenómenos de entrada. El papel que desempeña la observación es el de instrumento de transferencia de la actividad fenomenológica a conocimiento —figura I.4—.

Como cada uno de los dos filtros observacionales —percepción e interpretación— es claramente no lineal, nada podemos decir sobre la exactitud que pueda tener el conocimiento que el observador crea respecto de la entidad que lo causa. En cambio, podemos establecer que el conocimiento que crea un

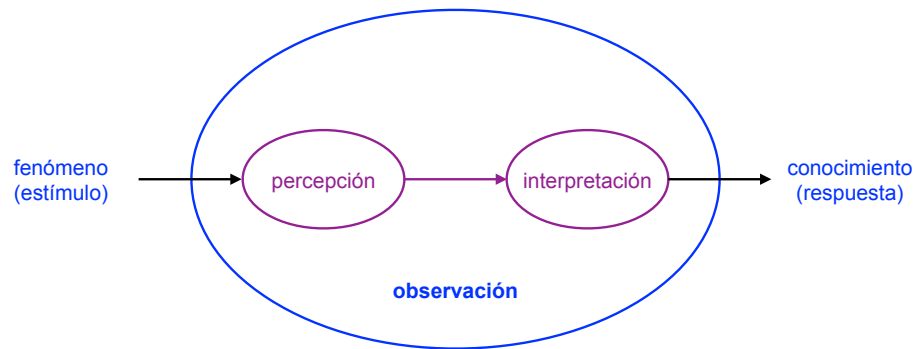


Figura I.4. Concepción observacional del conocimiento bajo el enfoque de caja negra —azul— y representación de la organización procedural de la axiomática observacional —violeta—.

sujeto acerca de un objeto mediante la actividad observacional es dependiente del sujeto —de su percepción y de su interpretación—.

Que el mismo sujeto produzca idéntico conocimiento ante la reproducción del fenómeno es tanto como asumir la estabilidad de la percepción y de la interpretación. Así, el observador está capacitado para crear conocimiento preciso. Diremos que la actividad observacional de un sujeto es precisa —repetición de la respuesta ante el mismo estímulo—.

En cambio, cabe presumir que la precisión desaparece si la observacionalidad involucra la participación de distintos sujetos. Sirva de ejemplo que Don Quijote conoce como gigantes lo que para Sancho son molinos.

Subjetividad y objetivación

Parece poco verosímil que el conocimiento que podamos alcanzar sobre una entidad guarde mucha fidelidad a la entidad debido al comportamiento deformador de los filtros que representan las acciones que intervienen: a la parcialidad objetiva debida al fenómeno por el que el observador interacciona con la entidad cognoscible, se añade la subjetividad inherente a la percepción y la transformación, también subjetiva, que constituye la interpretación.

El conocimiento sobre un objeto es originalmente subjetivo y privativo del observador que lo crea. Otro observador del mismo fenómeno obtendrá conocimiento también particular y, en general, distinto del anterior debido a las diferencias que incorporan las particularidades observacionales de uno y otro. Así las cosas, la utilidad de ese conocimiento está restringida al albedrío de su

poseedor. Ni podremos esperar utilidad colectiva ni podremos obtener los demás beneficios que hubiere a consecuencia de su compartición.

Fenómenos nuevos podrán proporcionar más información sobre entidades conocidas o alguna información sobre nuevas entidades. Nuevas observaciones realizadas con distintos sentidos o con instrumentos más adecuados, también contribuirán a enriquecer el conocimiento. Incluso, los mismos fenómenos, siendo observados igualmente, arrojarán distinto conocimiento según sean interpretados. La dependencia que tiene el conocimiento de los órganos o instrumentos de percepción así como de la interpretación sitúa a la observación de los hechos en el ámbito de lo particular de cada persona.

Dada su génesis, independizar el conocimiento de la subjetividad del observador que lo crea, indefectiblemente requiere que todo otro observador obtenga el mismo conocimiento de la observación del mismo fenómeno. El efecto de que todos los observadores tengan el mismo conocimiento convierte a este en independiente de cada uno de los observadores y, por ende, depende solamente del objeto o la entidad de la que emana. Por lo tanto, adquiere la calidad de ser objetivo mediante homologación para todos los observadores.

La subjetividad inherente a la creación del conocimiento conlleva que, en principio, cada uno tengamos una concepción particular del mismo hecho o de la misma cosa. Para compartir el conocimiento, el mecanismo más inmediato consiste en que cada individuo acceda al conocimiento concebido por otro en su versión original, es decir, tal cual es generado por el creador. Este mecanismo obliga a adquirir también el conocimiento del sistema de ideas del observador; cosa que requiere que los sistemas de ideas sean inteligibles por terceros. Por ejemplo, si quiero aprender las habilidades de pesca que ha desarrollado mi vecino Miguel, necesitaré los esquemas mentales que hacen de él una persona paciente, habilidosa, cuál es la intuición de que hace uso, etc.

Visto que la vía de conocer el sistema conceptual del otro para comprender el conocimiento que produce lo que hace es trasladar el problema de entendimiento desde el conocimiento producido hasta el sistema intelectual que lo produce, y que eso es inviable en el caso general, las alternativas que quedan son: o hay transducción del formato del conocimiento para transmitirlo del observador creador a las entendederas del observador destinatario o, de entrada, el sistema que soporta el conocimiento es común a ambas partes, creador y destinatario.

Ilustrativo del mecanismo de transducción es el caso de los científicos creyentes —que profesan una religión—. Por esa condición de que su sistema fundamental de ideas se basa en la revelación, la creación científica que llevan a cabo mediante el método experimental tienen que traducirla al sistema de la fe —esta traducción es trivial— ya que de no hacerlo, se les produce una contradicción

esencial: mientras que el sistema basado en la convicción, el de la fe, admite como parte de él la convicción racional que se deriva del conocimiento obtenido por observación, lo contrario no ocurre, es decir, el conocimiento observable considera de naturaleza extraña al conocimiento creado mediante la convicción no contrastable.

Tenemos, pues, que el sistema de producción de conocimiento mediante la convicción admite, como parte de su cuerpo de conocimiento, al producido mediante la observación.

El sistema de producción de conocimiento mediante la observación, en cambio, considera de otra calidad o naturaleza distinta al conocimiento producido mediante la convicción no contrastable.

Globalmente, lo que puede decirse es que no hay equivalencia entre el conocimiento producido mediante el uno y el otro de los sistemas.

Lo deseable es ponernos de acuerdo en establecer un sistema de nociones de referencia común a un colectivo de observadores con la finalidad de expresar el conocimiento sobre ellas. Si lo hacemos así, el conocimiento que cree cada observador miembro de ese colectivo entrará a formar parte del conocimiento que posee cada uno de los miembros del club —el conocimiento es patrimonio de la colectividad—.

El comportamiento de Libia, el de Altea y el de Hera —son las hijas de Neila y otros perros que no viene a cuento detallar— es peculiar de cada una y notoriamente distinto al de las otras: la entremetida y conformista es Libia, a Altea le incomodan los desconocidos y es de actitud aventurera, y Hera es tímida y frágil. Libia, de una camada más antigua que las otras dos, lidera al grupo. Se pone de manifiesto que han desarrollado un sistema de normas común, conocido por las tres y, sobre ese sistema es sobre el que crean conocimiento, lo comparten y se relacionan. Hasta ese nivel, consiguen comunicarse.

A nosotros, que no comprendemos su sistema de conocimiento, nos resulta duro asumir algunos de los escarceos que mantienen, tan alejados de los preceptos de equidad que tenemos en la sociedad humana.

El establecimiento de un sistema de nociones que sea común a una colectividad se hace habitualmente mediante una lógica proposicional cuyos enunciados son los postulados del sistema de ideas, lo que también recibe los nombres de axiomas, principios o dogmas. Las reglas de la Lógica se utilizan para obtener las conclusiones a partir de las conjeturas.

Sin embargo, como los sistemas lógicos proposicionales carecen de ingredientes para determinar las cualidades del conocimiento, estas tendrán que estar

aparejadas al sistema axiomático que encuadra al conocimiento dentro de la teoría.

Por ejemplo, a los sistemas de ideas universales cuyos postulados sean consistentes con los hechos observables son a los que llamamos ciencias. En contraposición, el término genérico para los sistemas de ideas universales que prescindían de la condición de coherencia de sus postulados con los hechos observables, los llamamos fantasías —inspiración o revelación según la fuente sea endógena o exógena, respectivamente—.

Definimos como conocimiento objetivo aquel que, creado subjetivamente, es susceptible de homologación precisa mediante reproducibilidad, sin perjuicio de otras posibilidades de ser homologado precisamente para que lo adquieran los demás sujetos de un conjunto. Esa posibilidad de precisión reproducible es lo que independiza de los sujetos a ese conocimiento y, viceversa, es la ausencia de precisión lo que confiere la dependencia subjetiva. Es habitual expresar la imposición de precisión mediante los constructos que la proporcionan, típicamente, la Lógica y la Matemática.

Conocimiento objetivo para una colectividad de observadores es el que, creado subjetivamente, está homologado por todos los observadores de la colectividad.

Al margen de los potentes constructos deductivos del conocimiento formal, la actividad de reproducibilidad fenomenológica precisa no puede ser más que empírica y, en consecuencia, la objetivación que conlleva adquiere las connotaciones inductivistas, incluidas las apreciaciones popperianas de falsabilidad.

Los otros mecanismos de homologación para colectivizar el conocimiento entre los observadores son:

- Replicación del conocimiento mediante clonación del contenedor, o sea, del sujeto cognitivo —observador—. Esta opción, vetada a los humanos, encuentra ejemplos en los computadores, así como en especies biológicas reproducidas asexualmente —esquejes vegetales, regeneración de órganos en reptiles y algunas especies marinas, reproducción unicelular por escisión, etc.—.
- Comunicación del sujeto creador de conocimiento a los demás sujetos de la colectividad. Es la posibilidad para el conocimiento complejo, racional o no, que teniendo la propiedad de ser objetivo o careciendo ella, proporciona globalmente el conocimiento común —posiblemente queriendo el término "común" significar "colectivo"—.

El conocimiento común sobre un objeto depende del conjunto de los observadores que lo homologan. Puede darse el caso de conocimiento común surgido de una sola raíz causal que sea distinto en el haber de diferentes colectivos homologadores.

Los hinchas de equipos contrincantes de fútbol acostumbran a ver penalti o no según que lleven los colores del atacante o del defensor. Para el equipo atacante y para cada uno de sus seguidores, el penalti es verdadero; para el equipo defensor y para cada uno de sus seguidores, ciertamente, no ha habido penalti. Para todos, el dictamen del árbitro establece la objetividad del lance. Ello, incluso por encima de las leyes físicas observables, toda vez que los sujetos renunciaron a estas últimas en beneficio del reglamento futbolístico.

Más aún, si contraviniendo el acatamiento del reglamento algún hincha optara por interpretar su percepción mediante las leyes de la Física, estará realizando dos actividades de creación de conocimiento sobre la misma causa —el lance de juego— y podrá obtener dos instancias de conocimiento distintas, la reglamentista y la realista, tal vez contradictorias. Esa posibilidad la tienen también quienes comulgan con la mecánica newtoniana al tiempo que con los postulados ascensionales católicos.

En la competición deportiva, está establecido que las decisiones del árbitro están avaladas por la interpretación válida de las reglas.

Por otro lado, el llamado "periodismo deportivo", ese que tiene como objeto los asuntos del espectáculo deportivo, ha encontrado una de sus grandes áreas de actividad —y de negocio— en poner en cuestión las decisiones arbitrales. Si analizamos dichas actuaciones periodísticas podemos encontrar fácilmente que el propio acto de poner en cuestión el postulado que constituye la decisión arbitral lleva implícita la negación del postulado que constituye el reglamento —esto es, de la aceptación de su calidad de verdadero en el sentido estricto de conformidad con la referencia—. A partir de ahí, lo que sigue es razonar fuera del ámbito de la teoría que legitima a la actividad deportiva y, por eso, toda conclusión que se obtenga carece de validez.

Lo engañoso de este caso reside en que el debate sobre la corrección de la decisión arbitral se hace bajo la cobertura de otro sistema de reglas, cual es el de la revisión fiscalista de los lances, el cual tiene aceptación cuasi universal —universal excepto los sistemas que tienen regulación propia—.

El árbitro tiene que decidir respecto de los lances deportivos en tiempo de acción, sujeto a las limitaciones perceptivas derivadas del contexto espacial y temporal, estando limitado a percibir un evento de un lugar en cada momento.

En cambio, los seguidores de esa clase de periodismo e incluso, probablemente, muchos de los periodistas que lo ejercen pueden confundirse fácilmente y creer que están procediendo adecuadamente ya que acaban por utilizar la teoría que habitualmente utilizan.

Esa familiaridad con el fiscalismo dificulta más, si cabe, la percepción de la equivocación. Nótese que, seguramente, esta es una de las razones que explican el éxito del deporte considerado como espectáculo; aparte, obviamente, del propio interés de las personas por la competición y por la identificación con lo que se percibe como propio.

En disciplinas novedosas, como las Tecnologías de la Información, de las Comunicaciones y del Control —TICC— sí que hay que tener cuidado con los marcos conceptuales ya que su contrastación por la evidencia es débil.

Es frecuente manejar las estructuras de datos como si fueran vectores a pesar de no tener constancia de que sean elementos de un espacio vectorial. Incluso hay ocasiones en que se sabe que no se cumple dicha condición y, a pesar de ello, se utiliza la operatoria de los espacios vectoriales con criterios de aproximación de resultados. He ahí un ejemplo de equilibrio entre la funcionalidad y la consistencia del sistema.

Cuando alguien dice "creo que...", queda exonerado de la obligación de argumentar ya que incorpora la posibilidad de convicción inspirada e incluso la que le haya podido ser revelada. Para expresar conocimiento de calidad objetiva es apropiado decir "concluyo que...", de manera que el enunciado, forzosamente es consecuencia de un proceso observacional de elaboración del conocimiento.

Queda claro, pues, que la objetividad, en los términos que la hemos establecido, es una calidad relativa a la colectividad de observadores que la suscriben —en el caso de este libro, los que asumen la axiomática observacional—.

Para observadores ajenos, ese conocimiento, ni siquiera es —la Trinidad es una verdad objetiva para la comunidad de católicos y nada o sincretismo polimórfico ubicuo para los demás—.

El Grito, de Munch, es magistral para los amantes del expresionismo pero para los detractores de esta corriente, si los hubiere, la obra sería irrelevante. Dinerariamente, es conocimiento del más valioso como sabemos por su última subasta en 2012. Por mucho que la falibilidad observacional considere óptimo el conocimiento formal, la expresión artística puede alcanzar precios difícilmente superables. He ahí una evidencia más de la relatividad de la calidad —verdad— con respecto a los criterios o referencia.

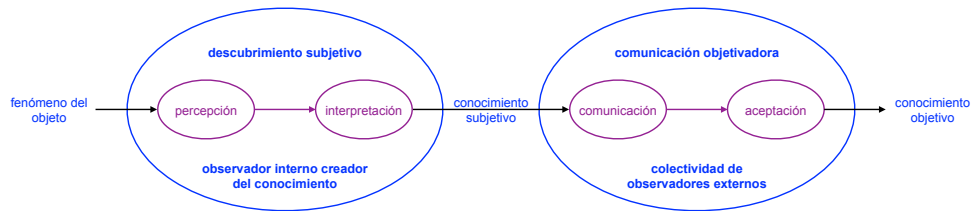


Figura I.5. Objetivación del conocimiento en una comunidad de observadores.

La actividad de creación sistemática de conocimiento consiste en la sucesión de dos etapas —figura I.5—:

- Descubrimiento subjetivo del conocimiento.
- Aceptación colectiva del conocimiento mediante su comunicación por el creador.

Crear sistemáticamente conocimiento objetivo para una colectividad consiste en descubrir el conocimiento subjetivamente seguido de aceptarlo la colectividad.

Con independencia de que conozcamos las características que tiene el conocimiento, sus propiedades cuantitativas si las hubiere y las relaciones entre las características, para el caso general, hay que admitir la ignorancia de leyes de comportamiento o que este puede llegar a ser extremadamente intrincado, en suma, arbitrario.

Así las cosas, es más que evidente la pertinencia de que la creación de conocimiento ocurra conforme a ciertas reglas de comunicación para que pueda ser compartido sin que ello incorpore subjetividad adicional. —ver la formulación de la axiomática gnoseológica en el [anexo B](#)—.

La revisión por pares es la fórmula homologadora de objetivación del conocimiento científico que simplifica la aceptación exhaustiva de todos los observadores mediante una selección autorizada de ellos. De ahí la relevancia de que la autoridad de los pares esté garantizada.

La comunicación del conocimiento requiere representarlo mediante enunciados que tengan significado suficiente. Eso, al igual que la producción de objetos es conocimiento con valor instrumental de "saber hacer".

Luego, la revisión por pares es una forma de objetivación del conocimiento mediante homologación por verificación.

Esa materia es motivo del capítulo siguiente.

Capítulo II

Las categorías del conocimiento

Homologación gnoseológica

En la actividad natural de creación del conocimiento intervienen las causas, entidades u objetos, los fenómenos de interacción en que participan y los sujetos cognitivos u observadores.

Tal actividad de crear conocimiento está justificada por la curiosidad espontánea de los individuos o, más ampliamente, por la interacción con el entorno. Esa motivación de conocer con el efecto principal de producir consciencia sobre el entorno preside, seguramente, la mayor parte del interés por el conocimiento que adquirimos.

Ello solo, basta para justificar que tratemos de esclarecer el proceso de creación del conocimiento. Ahora bien, nuestro interés por comprender esos mecanismos se debe también a la aspiración de controlarlos con fines de utilizarlos provechosamente. Eso incluye, además de la mera satisfacción de la curiosidad, comprender el mundo, mejorar la calidad de la vida, obtener disfrute, y numerosos otros beneficios.

Son muchas las limitaciones y deficiencias que emanan de la parcialidad de las manifestaciones fenomenológicas interactivas —con posibilidad de que el sujeto llegue a interactuar con el objeto—, de las imperfecciones y defectos sensoriales del observador, y de sus singularidades y peculiaridades intelectuales, así como de la comunidad de observadores que comparte el conocimiento. En consecuencia, no hay más remedio que aceptar la imposibilidad de confirmar la coherencia entre el objeto y la noción que de él pueda llegar a tener un sujeto.

En el capítulo anterior, hemos llamado conocimiento natural al que proviene de la interacción fenomenológica entre el objeto y el observador.

La necesidad o motivación de crear conocimiento surge en el dominio de la consciencia y, por lo tanto, ese conocimiento natural embrionario, es conocimiento. Los nombres que recibe son diversos y habitualmente pertenecen a la terminología del argot de las disciplinas propias del conocimiento, ya se trate de las ciencias, las artes o las ingenierías: conjetura, supuesto, hipótesis, noción, enunciado, boceto, problema, proposición o propuesta, bosquejo, proyecto, etc.

Sin perjuicio de utilizar puntualmente términos específicos, en lo sucesivo, propenderemos a mencionar como conjetura o como problema a este conocimiento.

Una conjetura o problema es, pues, conocimiento germinal con calidad de natural y, como consecuencia, impregnado de las carencias observacionales.

Llamamos conocimiento homologado al producido mediante un proceso gnoseológico acreditativo de la calidad de ese conocimiento.

La conclusión o contrastación de una conjetura, la tesis de una suposición, la solución de un problema, el resultado de un proyecto, etc. son conocimiento homologado o, simplemente, conocimiento.

Este planteamiento utilitario renuncia a la concordancia fundamental entre el conocimiento natural y el conocimiento homologado en beneficio de la calidad de este último para servir a la finalidad posibilista.

Esa finalidad homologadora puede ser cualquiera incluyendo también la coincidencia con la cognoscibilidad del objeto. Trata de aunar la propuesta metodológica deducccionista cartesiana con la evidenciación inspirada en el refutacionismo tautológico popperiano, con la ancestral búsqueda de la verdad —asumida como concordancia con una referencia—.

La figura II.1 muestra esquemáticamente el proceso homologador y los conceptos centrales relacionados:

- El objeto, referencia natural de verdad, es asequible parcialmente mediante observación fenomenológica subjetiva e inasequible en toda su esencia. Asumida la parcialidad cognoscitiva de la observación fenomenológica, su resultado es una conjetura sobre el objeto —problema—.
- El problema es el enunciado —expresado en el dominio del observador— de la observación fenomenológica subjetiva del objeto, esto es, con visión externa de "caja negra".
- La solución es la referencia homologada —expresada en el dominio del observador— de la capacidad que tiene el objeto de interactuar en fenómenos, esto es, bajo la visión interna de su arquitectura. Coloquialmente, podríamos decir que la solución es la virtualidad intelectual de la realidad.
- La resolución es la construcción de la referencia homologada —solución— a partir de la observación de la referencia natural —problema—.

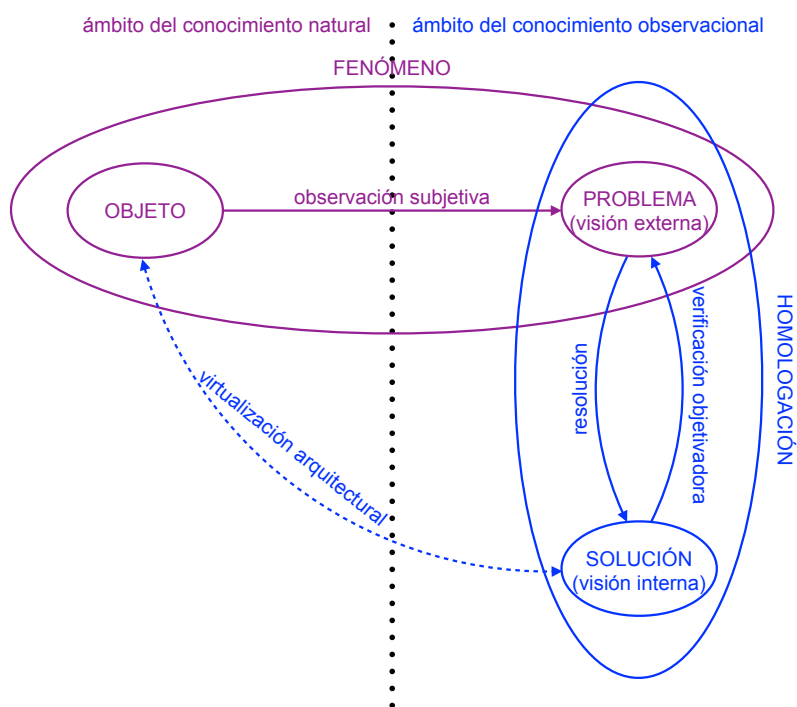


Figura II.1. La objetivación es un proceso de simulación conceptual aceptado por todos.

- La verificación es la recreación de la observación de la referencia natural —problema— a partir de la referencia homologada —solución—.
- La homologación reemplaza la inasequible verdad objetual por la solución. El proceso homologador es independiente del objeto —condición necesaria para poder librar de la subjetividad observacional sobre el mundo natural a los demás observadores— y, por lo tanto, cabe construirlo para que sea aceptado por la comunidad de observadores. Así, no depende del arbitrio de ningún observador en particular.

Bajo nuestra axiomática gnoseológica, el enunciado conjetural es una interpretación de la percepción que el observador adquiere en un fenómeno de interacción con el objeto a que se refiere el problema que se enuncia.

La conjetura, con carácter general, conceptualmente, tiene su causa en el dominio de los hechos y de las cosas, que será el objeto que participa en el fenómeno. La observación de ese fenómeno, hasta el punto en que nos

encontramos, estará sujeta al arbitrio del sistema sensorial —percepción— y a las entenderas del observador que enuncia el problema —interpretación—.

La interpretación se refiere al encaje del problema en el seno de una teoría —sobre todo si se trata de una hipótesis científica—, o sistema de normas —especialmente si se refiere al diseño de ingenios o proyectos de ingeniería— o una escuela, moda o corriente —si el conocimiento problema se refiere a un objeto del mundo del arte—.

La dificultad para enunciar la causa —conocimiento natural— de la cual proviene el problema nos motiva a replantear los objetivos: se trata ahora de encontrar un fenómeno acreditado —proceso homologador—, en el que participe una supuesta causa —solución— que signifique el conocimiento problema —ahora refrendado por la homologación—.

Debido a que ahora partimos del enunciado del problema, el proceso de homologación ha de encaminarse a obtener la solución. A tal fin, proponemos la estrategia "divide et vincas" para descomponer la conjetura en partes más sencillas, esto es, obtener la solución analíticamente a partir del problema.

Para verificar, la comparación entre la solución y el problema requiere expresar ambos en un dominio homogéneo —común—. Por la parte del problema, su dominio corresponde a los atributos causales —del objeto— que son observables fenomenológicamente, es decir, a los aspectos de esencia y de comportamiento —prestaciones— que el objeto exhibe en sus manifestaciones fenomenológicas.

Luego, ese dominio es el problema bajo la concepción de caja negra: comportamiento —funcionalidad—. En cambio, la obtención analítica de la solución expresa a esta en el dominio de sus componentes, visto el conocimiento desde dentro.

La homogeneización impone transformar la solución sintéticamente para, partiendo de su representación en el dominio constitutivo, expresarla en el dominio de la funcionalidad del problema. Esta representación es la arquitectura de la solución.

Capacidad de la solución para satisfacer la funcionalidad del problema.

La teoría del consenso centra su atención en los aspectos epistemológicos de la comunicación que requiere la homologación objetivadora (Habermas, 1987).

La homologación objetivadora —relacionar el conocimiento solamente con el objeto— consistente en lo que podríamos denominar desobjetivación —independizar del sujeto— viene a representar la versión observacional, dual del

falsacionismo fenomenológico popperiano: mayor consenso independiza más de sujeto análogamente a como más falsación refuerza la validez.

Así las cosas, bien podríamos encontrar el siguiente paralelismo entre la axiomática gnoseológica que proponemos y la teoría epistemológica popperiana de los tres mundos: el primer mundo corresponde a las causas, el segundo a la observación subjetiva y el tercero al conocimiento homologado (Popper, 1968).

Ver la formulación en el [anexo C](#).

La legitimidad de la homologación recae ahora en los procesos de análisis del problema para obtener su solución y en la síntesis del comportamiento de la solución verificable —realización, prototipado, etc.—.

La homologación ha resultado ser una actividad redundante de complementación entre descubrimiento y realización contrastables.

La obtención analítica de la solución consiste en un proceso que podrá ser desde arbitrario hasta formalmente riguroso. El conocimiento científico restringirá el proceso de análisis a formal y la actividad recibirá nombres como formulación; y hablaremos de diseño si se trata de crear ingenios tecnológicos; y de creación si los objetos son artísticos. En general, llamaremos análisis a este proceso.

Mientras que el problema tenía como aval a su propio enunciado —garantía de autor—, la instancia solución de ese conocimiento, metodológicamente obtenida, está refrendada por el propio proceso de su obtención. Según los casos, tendrá la coherencia correspondiente, por ejemplo, los siguientes:

- Conocimiento científico, si se produce en el seno de una teoría y el proceso sigue el método experimental. Recibe nombres como conclusión, resultado, tesis, etc.
- Conocimiento tecnológico, si el resultado se sujeta al arbitrio de un sistema de normas. Recibe el nombre de ingenio, sistema, procedimiento, etc.
- Obra de arte, si la decisión intuitiva prevalece a lo largo del proceso de creación.

Resolver un problema es la actividad de encontrar una sentencia constructiva —conocimiento con valor de saber hacer— que contenga significado suficiente sobre el mismo conocimiento que el enunciado del problema. Por eso es crear conocimiento. Puede acometerse la resolución del problema utilizando alguno de varios métodos, unos específicos para la naturaleza de ese problema, otros relacionados con la complejidad del problema, etc.

Para que haya causalidad, se requiere partir del enunciado del problema y, mediante una actividad de análisis, encontrar los elementos constructivos de una solución y, seguidamente, mediante otro proceso de síntesis, realizar esa solución a partir de los elementos constitutivos encontrados.

La técnica "divide et vincas", que consiste en descomponer un problema dado en otros de menor talla, encaja dentro de la metodología analítico – sintética. De hecho, el esquema general planteado hasta ahora para obtener la conclusión a partir de la conjetura inicial ha consistido en dividir la actividad en un primer proceso de análisis seguido de un segundo proceso de síntesis.

Conceptualmente, partiendo del enunciado del problema, la técnica "divide et vincas" expresa la actividad analítica de descomponer un enunciado en otros más sencillos pero globalmente equivalentes en cuanto que admiten la misma solución.

La secuencia expositiva que consiste en empezar hablando de a dónde queremos ir, de cómo abordamos con cuanta mayor compacidad y más sistematización, el planteamiento de concebir, crear sistemas, equipos, nociones; y, una vez adquirida conciencia del planteamiento genérico, atacar los aspectos más concretos proporciona una visión panorámica inicial que confiere sentido a las acciones parciales por la sencilla razón de que coincide con el método racional cartesiano analítico-sintético.

Si observamos los modos espontáneos de operar, podemos comprobar que obedecen a ese esquema: incluso acciones tan cotidianas como hacer la compra o ir al trabajo parten de que establezcamos el menú y analicemos cuál es el instrumental necesario, respectivamente, antes de hacer el acopio ora de alimentos ora de herramientas.

Por contra, hay actividades de mayor enjundia que las realizamos obedeciendo al patrón contrario de actuación. Los operarios de la cadena de montaje de los automóviles conocen, apenas, la rutina de acciones estrictamente pertinentes a su puesto.

El aumento de la productividad que comporta la repetición sistemática de una colección limitada de acciones puede sostenerse porque entre los objetivos no figura que el operario llegue a conocer el proceso completo de ensamblaje ni las características del producto final.

Desde el punto de vista de la producción del ingenio, el trabajo del operario constituye no una finalidad sino una circunstancia —la solución basada en el operario es la mejor que se tenía para proporcionar la arquitectura mecanicista trivial genuina de la cadena de montaje, invirtiendo así en tareas anodinas la fabulosa capacidad arquitectural humana—.

Los alumnos de los sistemas educativos de los tiempos modernos aprenden la química de Dalton o el catálogo de los escritores del siglo de oro en muchísima menor cantidad de tiempo que la razonablemente necesaria para una asimilación profunda de las nociones. Es lo que tiene la enorme potencia y rentabilidad de la clase magistral, que junto a sus indiscutibles bondades socializadoras, exige del discente reemplazo de la convicción racional por la aceptación postular, siempre más débil, para aprehender los mecanismos de la Lógica y de la razón; incluso, proclive al fomento de los criterios de la aceptación exenta de crítica.

Se podría augurar que los discípulos de semejante sistema educativo corren riesgo de adquirir actitudes de aceptación de enunciados aunque éstos carezcan de las garantías de la argumentación racional —en lenguaje coloquial, que no será difícil darles gato por liebre—.

Si para el operario de la fábrica de coches podía esgrimirse la vacuidad de que fuera consciente del producto final, no parece que lo mismo pueda argumentarse para que se enseñe de manera descontextualizada en el sistema educativo ya que el objetivo de este último es exactamente lograr la formación completa, integral y equilibrada de los estudiantes.

Con independencia, en fin, de que el sistema educativo esté necesitado de una revisión profunda que compagine los objetivos de cualificación con los sociales, lo que ahora nos ocupa es encontrar las razones del proceder sesgado que parece emparentar a cadena de montaje con sistema educativo.

Ambos casos, tanto el proceso de fabricación de coches como el educativo, corresponden a fases de realización o fabricación que han sido precedidas por las correspondientes de decisión o de diseño, incluyendo la planificación de la realización en sí.

Admitiendo que la diferencia de envergadura es notable en la comparación entre, por un lado los hechos de ir al trabajo o hacer la compra y, por otro lado la cadena de producción en serie o el proceso educativo; podemos colegir que nuestro proceder ante hechos de escasa envergadura consiste en que las decisiones de resolución, la planificación y la realización, apenas las separamos.

En cambio, para los hechos de envergadura grande, se hace ostensible que la concepción de la solución y la planificación son preceptivamente previas a la realización y, además, hay tendencia a separar en compartimentos. A fin de cuentas, todo ello no es otra cosa que una cuestión de escala: para lo pequeño se puede relajar el proceder siempre que las consecuencias tengan cotas asumibles.

Resolver un problema, o crear un ingenio consiste, a grandes rasgos, en tres actividades: concebir la solución, traerla a la luz y comprobar su validez. La

actividad de crear la solución —diseño, si se refiere a ingenios— consiste esencialmente en tomar decisiones sobre los aspectos del problema —la colección de servicios que debe proporcionar el ingenio—, sobre la organización estructural del objeto y, sobre la composición del mismo.

El planteamiento conceptual que hemos seguido para obtener el conocimiento homologado a partir del conocimiento natural proporciona un esquema procedimental de dichas actividades que surge de una clasificación de las acciones homologadoras —presentada como intuitiva pero soportada por la base formal de una relación de dependencia que separa lo analítico, cuyo origen es el problema, de lo sintético, cuya fuente es la solución obtenida analíticamente, e incluso de la verificación, cuya base son el problema y la solución conjuntamente; dividiendo la homologación en tres actividades— seguida de una ordenación —presentada como una secuencia procedimental intuitiva pero soportada por una relación de precedencia— que proporciona metodología al proceso homologador.

Clasificación de la actividad creativa

Crear conocimiento homologado conlleva las acciones de transformación de la conjetura en una conclusión mediante un procedimiento acreditado por la comunidad de observadores.

La creación de conocimiento homologado parte del problema como un enunciado con significado insuficiente y consiste en acciones de transformación encaminadas a obtener un enunciado con significado suficiente, esto es, una solución.

Definimos el estado de resolución de un problema como el grado de suficiencia del significado de su enunciado.

Combinatorialmente, la resolución puede partir de uno de los cuatro estados origen siguientes:

- Enunciado problema expresado en el dominio del problema. Es la hipótesis o conjetura inicial del problema. Su significado tiene grado de problema. Corresponde a la apreciación del objeto a través de sus prestaciones, características o comportamiento, esto es, entendido como una caja negra cuya interioridad se desconoce.
- Enunciado problema expresado en el dominio de la solución. Su significado es insuficiente y, por lo tanto, tiene grado de problema. Luego, este caso es un subconjunto del caso anterior. Representa estados intermedios derivados de decisiones resolutorias parciales —puntos intermedios de la cadena de

decisiones de resolución expresada en la [ecuación \(A.2\)](#)—. Corresponde a apreciaciones del objeto que son mezcla de su comportamiento fenomenológico con el mundo exterior y, tal vez, de parte de su funcionamiento interno.

- Enunciado de la solución en el dominio de la solución. Tiene significado suficiente y, por lo tanto, la suficiencia de su significado es de grado solución. Corresponde a la tesis. Es el conocimiento del funcionamiento de los componentes del objeto, es decir, de las interacciones entre sus elementos nominales. Este estado es el resultado de la actividad resolutoria que habitualmente se denomina resolución propiamente dicha del problema.

Tabla II.1. Clasificación de la actividad creativa por su naturaleza.

transición		acción	clase	efecto
origen	destino			
problema	problema solución	resolución	análisis	esclarecer el significado
solución	problema	validación	verificación	validar la capacidad de satisfacer el problema
solución	solución	desarrollo	síntesis	desarrollar la arquitectura de la solución

- Enunciado solución expresado en el dominio del problema. Es el acondicionamiento de la solución para poder ser comparable al problema. Conceptualmente es la arquitectura de la solución, esto es, la capacidad de la solución para satisfacer los requisitos del problema. Este estado es el resultado de las acciones resolutorias de desarrollo —realización, producción, prototipado, etc.— de la arquitectura de la solución.

La arquitectura de una solución es el significado de esta expresado en el dominio del problema.

El grado de suficiencia de los enunciados origen y final de las resoluciones puede corresponder, por lo tanto, solamente a uno de los siguientes: problema —significado insuficiente—, solución —significado suficiente— y arquitectura —significado con capacidad para ser suficiente—, como consta en la tabla II.1.

Cualquier acción resolutoria tiene naturaleza de una de las tres opciones que aparecen en la tabla, dándose el caso de que cada resolución pertenece solamente a una de las clases.

Por lo tanto, estamos ante una clasificación estricta de las clases de conocimiento. De acuerdo con el teorema fundamental de las relaciones de equivalencia entre los elementos de un conjunto, existe una sentencia que

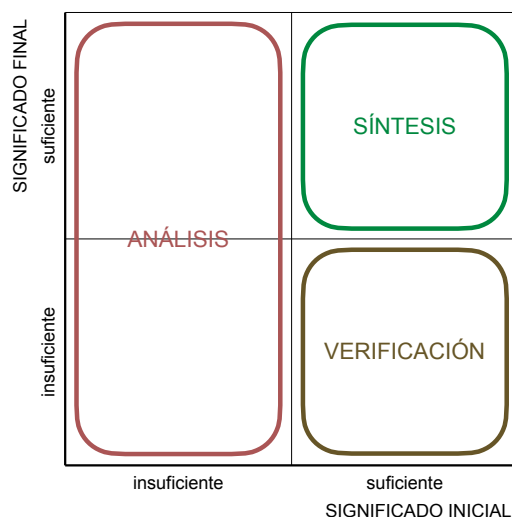


Figura II.2. Clasificación por la aportación de significado de las decisiones resolutorias.

determina dicha relación: la naturaleza de la resolución —ver la demostración algebraica en el [anexo D](#)—.

Dos resoluciones de un problema son equivalentes si, operando sobre el mismo estado inicial, derivan estados finales respectivos con el mismo grado de suficiencia del significado.

Tenemos, pues, tres clases de resolución, como muestran las figuras II.2 y II.3:

- Resolver. Son las acciones que operan transformaciones sobre el enunciado problema con la finalidad de que su enunciado destino tenga significado suficiente. Como puede ocurrir que el destino sea otro enunciado problema, corresponde iterar hasta llegar a la solución. Debido a que el enunciado origen tiene significado insuficiente, la opción es que estas decisiones de resolución sean analíticas, es decir, que consistan en descomponer la sentencia para encontrar un dominio solución en el que expresar el enunciado solución. Un ejemplo es la receta de la pipirrana como solución al problema "ensalada". Llamaremos "análisis" a esta clase de decisiones de resolución y "analíticas" a las decisiones. Son decisiones analíticas para elaborar pipirrana proponer los ingredientes y las proporciones entre ellos.
- Desarrollar. Son las acciones que parten del enunciado solución expresado mediante los elementos nominales —componentes— del dominio de la

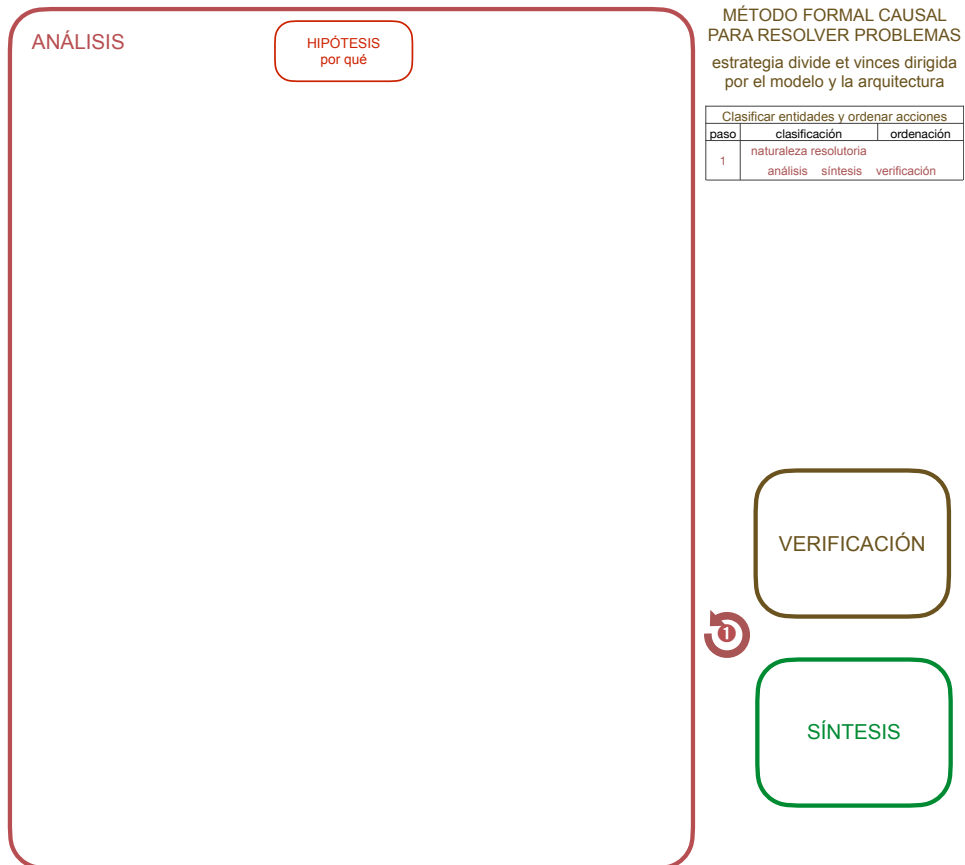


Figura II.3. Clasificación basada en la naturaleza de las acciones homologadoras del conocimiento para descomponer el problema en tres subproblemas: análisis, síntesis y verificación.

solución. La utilización de la solución, que abstraemos a la verificación, requiere desarrollar su arquitectura con capacidad de comparación en el dominio del problema. Sirva de ejemplo la pipirrana que el chef elabora para una determinada comanda de cuatro comensales. Como ahora es conocido el dominio y el significado completo, procede resolver sintéticamente y por eso llamaremos "síntesis" a esta clase de decisiones de resolución y "sintéticas" a las decisiones. Alternativamente, la actividad de desarrollar puede entenderse como un problema en sí con solo replantear el enunciado solución como un enunciado problema, pasando a ser la solución objetual lo que venimos denominando una solución al mismo, y manteniéndose la relación modelar entre ambos. Ejemplos culinarios son la producción mediante franquicia de pipirrana o su elaboración mediante robot de cocina,

y un ejemplo genérico es la cadena de fabricación. Son decisiones sintéticas para elaborar pipirrana: el aprovisionamiento de ingredientes y emplatado.

- Validar. Es el conjunto de acciones para comprobar la adecuación de la solución al enunciado del problema, esto es a los requisitos contenidos en el enunciado. Como comprobación, es una comparación y ello impone expresar la solución en el dominio del enunciado, dando lugar al concepto de arquitectura de la solución —capacidad para proporcionar prestaciones—. La comparación ocurre, pues, entre la capacidad funcional arquitectural y la funcionalidad establecida como requisito del problema. Llamaremos "verificación" a esta clase de decisiones de resolución y "prueba" a cada decisión. Verificar es, pues, comprobar que la arquitectura desarrollada de la solución satisface el significado del problema. Son pruebas de la pipirrana: degustar el chef o saborear los comensales.

La llamada técnica de resolución de problemas de "arriba hacia abajo" —bottom-up— aparenta contradecir que la resolución ha de ser necesariamente analítica. Sin embargo, ha de tenerse presente que la técnica de arriba hacia abajo, lejos de partir del problema, arranca de soluciones preexistentes a sus subproblemas. Luego caben dos opciones, o aceptamos que ha habido un proceso analítico previo —tal vez implícito o tácito—, o la solución carecería de coherencia causal. Las soluciones preexistentes a los subproblemas suelen proceder de analogías con problemas de la misma familia que tienen solución conocida, lo cual le proporciona ventaja para encontrar el dominio de la solución.

Hemos justificado formalmente la aplicación de la técnica "divide et vincas", y el criterio para aplicarla mediante la consideración por separado de las acciones de proponer analíticamente la solución, sintéticamente las acciones encaminadas a desarrollar el resultado y comprobar arquitecturalmente la obtención del conocimiento sobre el problema.

Por lo tanto, el problema inicial queda dividido en tres subproblemas de menor talla, que podemos denominar, respectivamente, como subproblema de análisis, subproblema de síntesis y subproblema de verificación.

Es destacable que la separación estricta entre los subproblemas analítico, sintético y verificación da lugar a que las interfaces entre ellos están totalmente definidas. Son, respectivamente, las siguientes:

- El proyecto de realización. Recoge el resultado de la actividad de análisis y proporciona, a su vez, el procedimiento para la síntesis que habrá sido decidido durante el análisis.

- El plan de validación. Se habrá establecido durante el análisis y describe las pruebas para comprobar que la arquitectura de la solución satisface el problema.

La existencia de estas interfaces da pie, a su vez, a estrategias robustas, especialmente, las encaminadas a facilitar la detección de potenciales errores mediante el encargo de cada subproblema a autores distintos con la finalidad de prevenir la propagación de dichos errores.

Ordenación causal de la resolución

La búsqueda del método a seguir para tomar las decisiones de resolución se inspira en la precedencia entre las distintas clases de acciones. Así, al inicio del proceso de resolución solamente pueden tomarse decisiones analíticas ya que estas son las únicas que tienen su origen en el conocimiento de partida, que es el enunciado del problema.

La creación del conocimiento homologado establece un camino en el árbol de soluciones del problema y, como tal, recorre ordenadamente una secuencia de nodos —representan a los estados de resolución del problema— y de aristas —representan a las decisiones de resolución—.

Por construcción, el problema corresponde al nivel 0 de nodos del árbol de resolución y la actividad de análisis corresponde al nivel 0 de las aristas; la solución está en el nivel 1 de los nodos y la actividad de síntesis en el nivel 1 de las aristas; y finalmente, el nivel 2 de nodos y aristas corresponde al resultado desarrollado y a la verificación, respectivamente.

La demostración algebraica de que las decisiones de resolución para producir conocimiento homologado están ordenadas estrictamente se encuentra en el [anexo E](#).

El nivel de las decisiones de resolución está definida sobre el conjunto de los divisores enteros de 3 y por lo tanto establece un orden total estricto entre las tres etapas de diseño. Ver la tabla II.2.

En consecuencia, el análisis para obtener la solución es precedente sobre la síntesis que proporciona el desarrollo del resultado y, finalmente, la verificación es posterior a dicho desarrollo.

El método de creación de conocimiento homologado como resolución de problemas consistente en tomar las decisiones ordenadamente —empezando por las analíticas, continuando por las sintéticas y terminando por las de

verificación— constituye un método con coherencia formal causal. Ver la figura II.4.

Los efectos prácticos son varios:

- La sucesión de etapas de resolución de cada subproblema establece hitos para verificación parcial del proceso de resolución del problema.
- Debido a que la formalización prescinde de las particularidades de cada entidad o problema la genericidad del método es implícita.
- Cabe la resolución recursiva para cada una de las etapas dado que cada una

Tabla II.2. Ordenación de las tres clases de acciones resolutorias.

clase de resolución	antecedentes	precedencia
análisis	-	0
síntesis	análisis	1
verificación	análisis y síntesis	2

de ellas es, a su vez, un problema.

- La algoritmia resultante proporciona los fundamentos para el desarrollo de plataformas digitales de diseño sistemático que sirvan de apoyo a la resolución formal de los problemas.
- La resolución coherente consiste en sintetizar el resultado a partir de la solución obtenida mediante la resolución analítica.

Sin perjuicio del mayor o menor interés aplicado que puedan tener esos efectos, algunos de ellas son francamente interesantes. Veamos algunos ejemplos:

- La homologación estrictamente causal produce conocimiento científico.
- La síntesis intuitiva de análisis cualquiera es artesanía, y arte o devoción si el análisis es intuitivo o revelado.
- El bricolaje es síntesis causal de intuición analítica.
- Chapuza es todo lo verificado instintivamente.
- La síntesis causal de analítica causal representa a una cadena de fabricación.

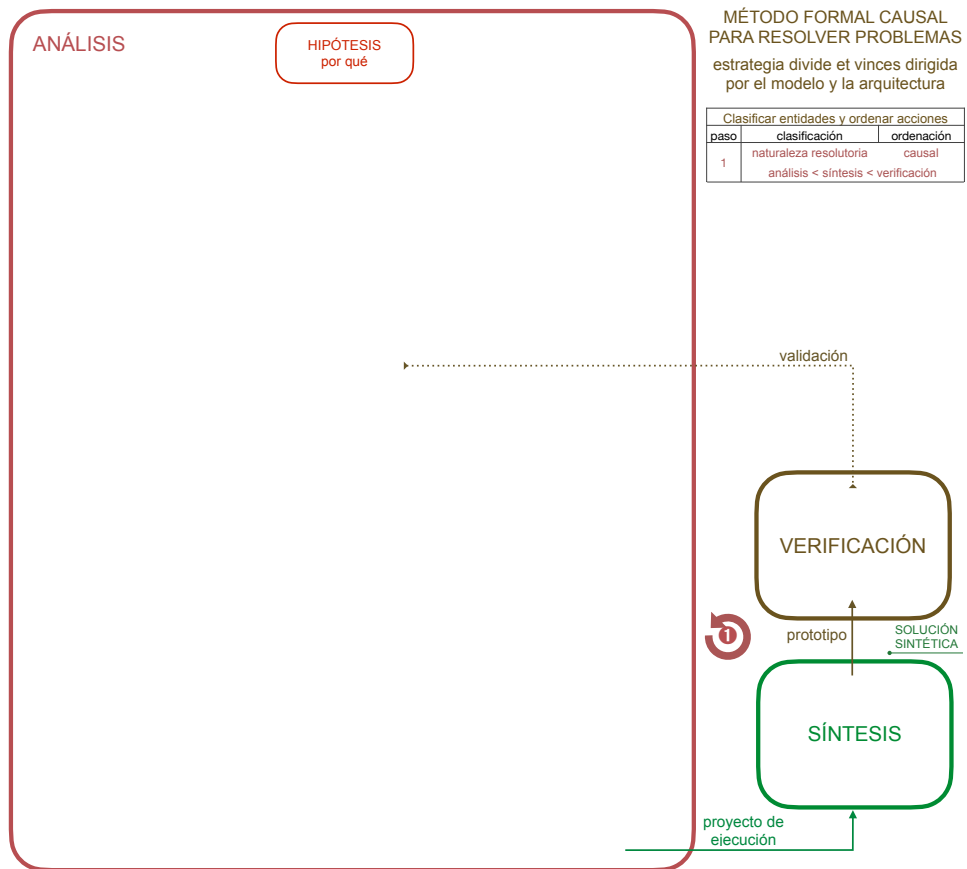


Figura II.4. Secuencia formal causal de resolución de los problemas.

La resolución analítica de un problema, en su finalidad de obtener un significado suficiente, conlleva un proceso de concreción de aspectos no explícitos del problema —dimensiones, componentes, términos, etc.—. Distintas decisiones o estrategias de decisión pueden dar lugar a distintas soluciones. Se hace evidente que un problema es el modelo del conjunto de todas sus soluciones.

De la misma manera, el desarrollo sintético del resultado desencadena la concreción de la solución mediante la determinación de aspectos constitutivos o propiedades —color, tipo, etc.—. He aquí que la solución analítica es el modelo del conjunto de todas las instancias o desarrollos arquitecturales que podemos realizar.

La verificación es la comprobación de que el resultado sintetizado es una instancia del modelo problema.

La consideración habitual del árbol estructural de la solución asigna el nodo raíz al problema y las hojas representan a la solución analítica. De ahí en adelante, el desarrollo sintético se acostumbra a representarlo en forma detallada mediante la memoria de ejecución de dicho desarrollo arquitectural, y la verificación mediante el correspondiente plan de validación de la arquitectura.

La justificación formal holística que hemos obtenido, en cambio, da lugar a que la secuencia de decisiones de resolución de los problemas adopte la forma de un grafo dirigido, uno de cuyos nodos representa al problema.

Las aristas que salen del nodo problema van expandiendo progresivamente la estructura hasta el nivel de la solución analítica. Este subgrafo es el inadecuadamente llamado árbol estructural convencional de la solución —figuras C.1.5, C.2.1, C.3.1, C.4.1—.

La etapa de resolución sintética aparece representada como el subgrafo que parte de los nodos representantes de la solución analítica y alcanza al nodo —o conjunto de ellos— que representa la arquitectura.

Finalmente, la verificación corresponde a las aristas de conexión entre la arquitectura y el problema.

Resolución analítica

El subproblema de análisis tiene como punto de partida el enunciado del problema. Para resolverlo, hacemos uso nuevamente del paradigma de resolución que consiste en clasificar los elementos nominales para descomponer el problema en subproblemas más sencillos y, seguidamente, ordenar los subproblemas para establecer el procedimiento de resolución.

Clasificación observacional

Contemplar al Moisés es, para muchos de nosotros, una experiencia sumamente emocionante. Razones hay, que no en vano esta obra del magistral Miguel Ángel contiene mucho conocimiento de todas las clases —figura II.5—.

Es usual que el conocimiento que manejamos diste de la trivialidad o, digamos, que acostumbra a incluir numerosos conceptos que, a su vez, pueden estar relacionados entre sí. Ello sugiere la conveniencia de un sistema de ideas para organizar el conocimiento en términos de sus características con la finalidad de operar transformaciones encaminadas a esclarecer el significado y, en suma, contribuir a los procesos de homologación para hacerlo útil a la colectividad.



Figura II.5. El Moisés, de Miguel Ángel.

El mero establecimiento de una taxonomía del conocimiento proporciona recursos deficientes para encontrar ese marco estructural y operativo.

Tomemos por caso la taxonomía intuitiva que consiste en las clases de conocimiento: formal, empírico, artístico y revelado.

Si bien puede tener el interés que dimana del rasgo clasificatorio, en este caso, la identidad del observador que lo proporciona —respectivamente, el científico, el experto, el artista y el profeta—, deja abierta la posibilidad de que haya instancias de conocimiento que pertenezcan a más de una clase —el Moisés emociona por la concurrencia en sí de conocimiento escultórico, que es artístico, conocimiento sobre la ley divina, que es revelacional y el conocimiento euclídeo, que es formal—.

Así mismo, puede haber instancias de conocimiento que no estén incluidas en esa taxonomía —entre ellas la inconsciencia—.

Descomponer el problema "Moisés" mediante esa taxonomía da lugar a los siete subproblemas siguientes: artístico puro, revelacional puro, formal puro, revelacional-empírico —las Tablas de la Ley—, empírico-artístico —la perfección escultórica—, artístico-revelacional —la expresividad— y artístico-revelacional-empírico —las protuberancias craneanas—.

Los tres primeros de los subproblemas aparentan ser de resolución razonablemente sencilla, en cambio, los otros cuatro parecer no serlo tanto. Más aun, la resolución del problema de los cuernos puede ser tan complicada como el problema original.

Establecer taxonomías en el conjunto de características del objeto problema sirve de poco para la aspiración básica de hacer uso del criterio "divide et vincas" con la finalidad de que enunciados complejos puedan ser descompuestos en otros más sencillos.

En cambio, encontrar una clasificación para el conocimiento, en el sentido algebraico de descomposición del conjunto de todas las instancias de conocimiento en subconjuntos que sean disjuntos entre sí, es decir, de que toda instancia de conocimiento pertenezca a una y solo a una de las clases, sí que contribuye a ese objetivo simplificador del conocimiento por descomposición en partes más sencillas.

El problema "juego del parchís" podemos descomponerlo en un subproblema por cada uno de los cuatro jugadores —rojo, verde, amarillo y azul—, junto con la regla "turno rotatorio de intervención". El "jugador de color verde" es más sencillo que "juego de parchís" porque está libre de las restricciones de la característica "turno", que ahora es otro problema externo o independiente de

cada jugador, y también está libre de la característica "color", que ahora es la constante "verde".

La característica clasificatoria toma valor constante en cada uno de los subproblemas. La característica clasificatoria es una variable en el problema que no solo no se propaga como tal sino como la constante definitoria de clase en cada uno de los subproblemas.

Dado que el conocimiento sobre un objeto es una composición de transformaciones a partir de ese objeto —fenomenología y observación—, la posibilidad de organizar el conocimiento en diversas clases tendrá que estar relacionada con las variables o con las características de las funciones que participan en el proceso de construcción del conocimiento.

En el origen de la secuencia de transformaciones expresada, la naturaleza de los fenómenos que exhiben los objetos para manifestarse, claramente proporcionan criterios clasificatorios. Por ejemplo, de todos es conocida la conveniencia de clasificar los fenómenos mediante criterios basados en la intensidad de las relaciones entre los efectos y las causas que subyacen —efectos de primer orden y otros de orden inferior, cuyas consecuencias suelen ser residuales—.

El proceso de la percepción, por su parte, puede ser consecuencia de la participación en los fenómenos que manifiestan las entidades. En ese caso la percepción será sensorial, esto es, con intervención de los órganos de los sentidos y, por extensión, de los instrumentos de medida. Este conocimiento observable, tiene como característica definitoria la objetividad de los fenómenos de los que procede y por ese motivo, cabe ser reproducido con independencia del observador. La salida cotidiana del Sol por el horizonte marino de Alicante es una observación del fenómeno "giro de la Tierra".

La percepción inspirada crea conocimiento con la asistencia, únicamente, de la capacidad de concebir. No requiere, por tanto, de la intervención de los órganos de los sentidos en fenómeno alguno.

Si la inspiración es de causa endógena, el conocimiento es intuitivo —El Quijote y los vampiros son inspiraciones, y los ingenios no materializados que Leonardo da Vinci plasmó en sus notas, también son fruto de la inspiración—.

El conocimiento inspirado que emana de fuentes exógenas es el conocimiento revelado. La experiencia mística es su ejemplo por antonomasia.

El conocimiento sobre una entidad que puede llegar a observarse a través de un fenómeno, con carácter general, será limitado. Esa limitación en el conocimiento que se crea puede deberse a que esté limitado el contenido que se pone en

juego en el fenómeno, en cuyo caso habrá que buscar otro fenómeno si es que se requiere obtener conocimiento adicional con fines de interpretación.

Otra posibilidad es que las prestaciones del sistema de percepción, esto es, la sensibilidad, la precisión y demás propiedades de los órganos de los sentidos y los instrumentos que intervienen en la percepción sean dependientes de lo que perciben —los órganos de los sentidos y los instrumentos suelen tener curvas de sensibilidad de comportamiento gaussiano—. Esa limitación puede dar lugar a falta de capacidad para explicar determinados comportamientos a partir de la observación. Dicho en otros términos, lo que ocurre es que el conocimiento creado mediante la percepción condiciona a la interpretación.

En ambos casos, a los efectos de hacer la interpretación, la situación que ocurre es de indeterminismo —insuficiente conocimiento sobre el objeto—.

Si todavía persiste el interés por aumentar ese conocimiento sobre el objeto, cabe la posibilidad de suplir la carencia debida a la observación, añadiendo conocimiento obtenido por inspiración —intuición, experiencia, ingenio, etc.—. La interpretación subsiguiente cerrará un proceso de creación de conocimiento que tendrá el marchamo de la interpretación consciente. Lo restante ya es inmanencia.

Si bien hemos planteado el caso de la creación de conocimiento artístico como opción ante las carencias o limitaciones de la observación, cabe también la posibilidad de utilizar esa estrategia como técnica alternativa en aquellos casos en que aun pudiendo disponer de la información suficiente mediante la observación, por motivo de costes, interese reemplazar los detalles por un compendio de factores establecidos arbitrariamente. Se trata de una técnica de sustitución del proceso de observación por el más rentable de la intuición que consiste en abstraer información simulando indeterminismo.

Los ejemplos de esta práctica abundan mucho más de lo que pueda parecer de antemano. El acto cotidiano de sumar dos más dos lo llevamos a cabo recurriendo a nuestra memoria, en la cual tenemos almacenado que el resultado de dicha operación es cuatro. En la línea argumental que estamos planteando, el recurso a ese valor en nuestra memoria es un acto de intuición —en su día lo adquirimos por inducción incompleta, o quizás ni eso—; y después ha sido extensamente corroborado mediante pruebas de falsación. Lo observable podría haber sido realizar la suma a partir del concepto de incremento unitario, o algo por el estilo.

La resolución de cuestionarios tipo test también tiene la impronta de reemplazar, a veces, el procedimiento observacional por la elección aleatoria, obligada por la falta de tiempo o por la presión del momento. Análogamente procede el portero, que opta por estimar la trayectoria del balón, el disco o la pelota basándose en el

movimiento del lanzador, sabedor de que una medición objetiva la proporcionaría a destiempo el conocimiento que necesita para que la parada sea exitosa.

Finalmente, la interpretación todavía producirá un filtrado de la información percibida. Por ejemplo, los siguientes enunciados proporcionan diversas interpretaciones sobre el mismo fenómeno.

Basándose en el ciclo diario solar:

- El geocentrismo establece que el Sol gira alrededor de la Tierra.
- El heliocentrismo concluye que la Tierra gira sobre un eje propio.

Se conocen numerosos métodos de demostración del teorema de Pitágoras pero la mayoría de los estudiantes saben del mismo mediante la revelación que proporciona la clase magistral —el alumno cree el enunciado que le dice el maestro—.

Así, ese teorema de Pitágoras que conocen los miembros de la comunidad científica —obtenido deductivamente— es conocimiento de la clase formal. En cambio, el teorema de Pitágoras que conocen los alumnos de sistemas generales de enseñanza es otro conocimiento distinto, concretamente, de la clase "inspiración" —obtenido por revelación del maestro—.

Al tener el mismo nombre y la misma utilidad ambas instancias de conocimiento de distinta clase —el teorema de Pitágoras deducido y el teorema de Pitágoras revelado—, pertenecen a una misma clase taxonómica utilitaria. La coexistencia de la clasificación observacional y la taxonomía utilitaria puede producir la confusión de considerar formal lo que es meramente una revelación. Abundan quienes aprendieron reveladamente la relación entre los lados de los triángulos rectángulos pero tienen la convicción de que esa ley es un teorema.

La clase magistral, tan eficaz para la socialización del conocimiento gracias a su bajo coste, paradójicamente, perpetra temeridades cognitivas que encuadran bajo un mismo taxón una cosa y su contraria. Por ejemplo, la enseñanza pública española todavía hace uso del sincretismo católico-científico que presenta a las levitaciones como compatibles con la Mecánica y a las transubstanciaciones como compatibles con la Química.

Bajo la axiomática observacional que hemos propuesto, la experiencia avala que la característica "percepción" puede ser "necesaria" para crear cierto conocimiento —datos atmosféricos para previsión meteorológica— o "no necesaria" para crear cierto otro conocimiento —témperas y cabañuelas— y que la característica "interpretación" puede ser "lógica", "arbitraria" o "no consciente".

La actividad observacional establece una clasificación del conocimiento en las cuatro clases: formal, factual, inspirado e inmanente.

El procedimiento constructivo de las clases garantiza que toda instancia de conocimiento está incluida en la tabla II.3 y que no es posible el solapamiento entre las clases. Por lo tanto, según establece el teorema fundamental de las relaciones de equivalencia entre los elementos de un conjunto, existe una relación de equivalencia que determina una partición del conocimiento en las cuatro clases mencionadas —ver la demostración algebraica en el [anexo F](#)—.

Tabla II.3. Clasificación de la creación analítica de conocimiento en cuatro clases observacionales.

actividad observacional homologada			valor	clase de conocimiento	ejemplos
percepción sensible	interpretación	homologación			
no necesaria	consciente lógica	Lógica, Matemática	tautología	formal	predicado de primer orden
necesaria	consciente lógica consciente arbitraria	empiría	reproducibilidad	factual	empírico
no necesaria	consciente arbitraria	subjetividad	inspiración	inspirado	arte, fantasía, religión, clase magistral
no necesaria necesaria	no consciente	-	inconsciencia	inmanente	sueño, sopor, coma, instinto, analfabetismo

La figura II.6 muestra la geometría de las clases respecto de las características del objeto que sirven de base a la clasificación.

En el caso general, cualquier instancia de conocimiento consistirá en la composición de elementos cognitivos formales, factuales, inspirados e inmanentes.

El interés de esta clasificación disjunta radica en la concepción del conocimiento y su posible composición de manera sintética estructurada.

En términos analíticos, hemos encontrado un criterio para descomponer cualquier instancia de conocimiento en cuatro elementos cognitivos que son independientes entre sí. Los elementos nominales observacionales del enunciado del problema corresponden a cada una de las cuatro clases.

La figura II.7 muestra ejemplos de las cuatro clases observacionales de conocimiento analítico.

La figura II.8 representa la descomposición del subproblema analítico en los cuatro subproblemas observacionales, dentro del contexto del problema general resolución del problema de crear conocimiento homologado —objetivado—.

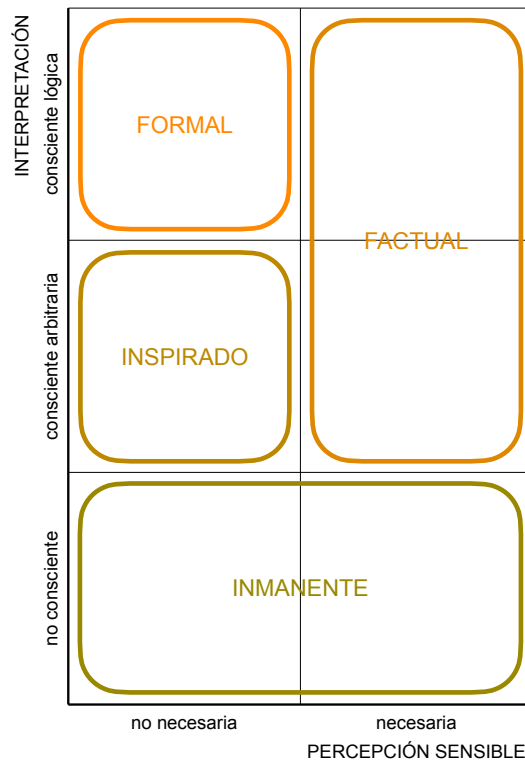


Figura II.6. Clasificación observacional de las decisiones analíticas.

La figura II.9 es un ejemplo de elementos de conocimiento de cada clase observacional que intervienen en la elaboración de la pipirrana.

De ahí se deriva un criterio metodológico de creación del conocimiento, es decir, estrategia de resolución para, partiendo del problema, obtener analíticamente una solución y, seguidamente, componer sintéticamente la solución para verificar su consistencia con el problema. La decisión de resolución es la siguiente:

- Enunciar el problema como una conjunción de cuatro subproblemas elementales: formal, factual, inspirado e inmanente. Aquí, los elementos nominales de cada enunciado son los observacionales y, por lo tanto, no hay solape entre los de los dominios de los distintos subproblemas elementales.
- Resolver cada subproblema elemental. Ahora, los elementos nominales de las soluciones parciales son operacionales o constitutivos y, por lo tanto, puede ocurrir que existan dependencias entre ellos.

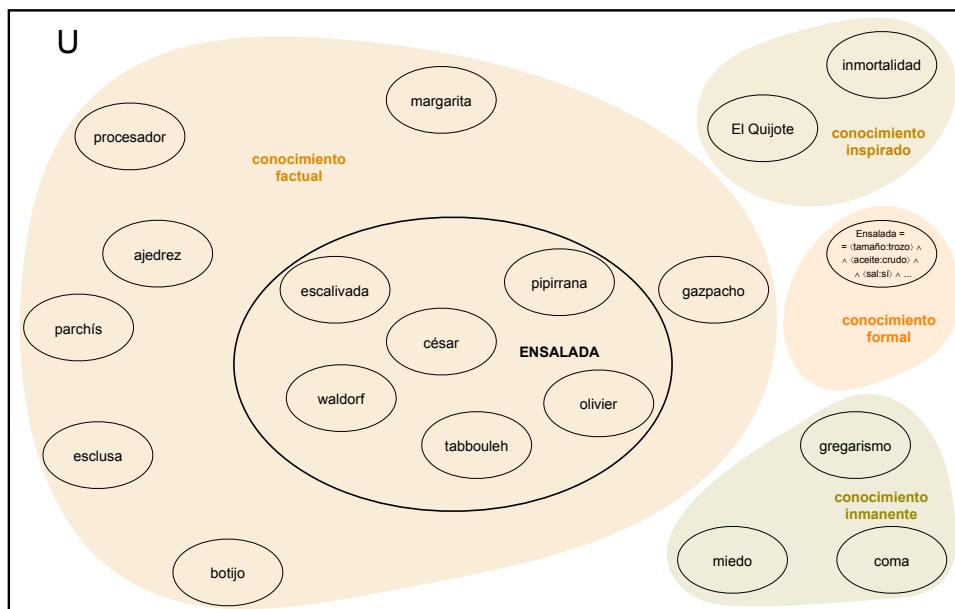


Figura II.7. Las cuatro clases observacionales de conocimiento y ejemplos de instancias de cada una de ellas —en minúsculas— y familias de conocimiento —en mayúsculas— en el universo del conocimiento, U.

- Obtener la solución mediante la composición de las soluciones a los subproblemas elementales.

En cuanto a la naturaleza de las cuatro clases de conocimiento, el inmanente es el que ocurre en ausencia de interpretación consciente. De ahí que es irrelevante la naturaleza de la percepción y, por añadidura, que exista causa fenomenológica objeto. El término inmanente para esta clase de conocimiento persigue indicar que forma parte inseparable del observador —instinto animal, miedo a lo desconocido, estoicismo, etc.—.

La característica de la clase inmanente de conocimiento es la inconsciencia. Las otras instancias de conocimiento humano que ocurren en ausencia de consciencia las incluimos también en esta clase. En primera aproximación, en los estados de sueño, sopor y coma, aun con percepción sensorial, puede haber interpretación no consciente.

El analfabetismo, la ignorancia y la falta de cultura estarían entre el conocimiento complejo que tiene alta porción de inmanencia, esta debida a la ausencia de consciencia sobre la existencia del objeto.

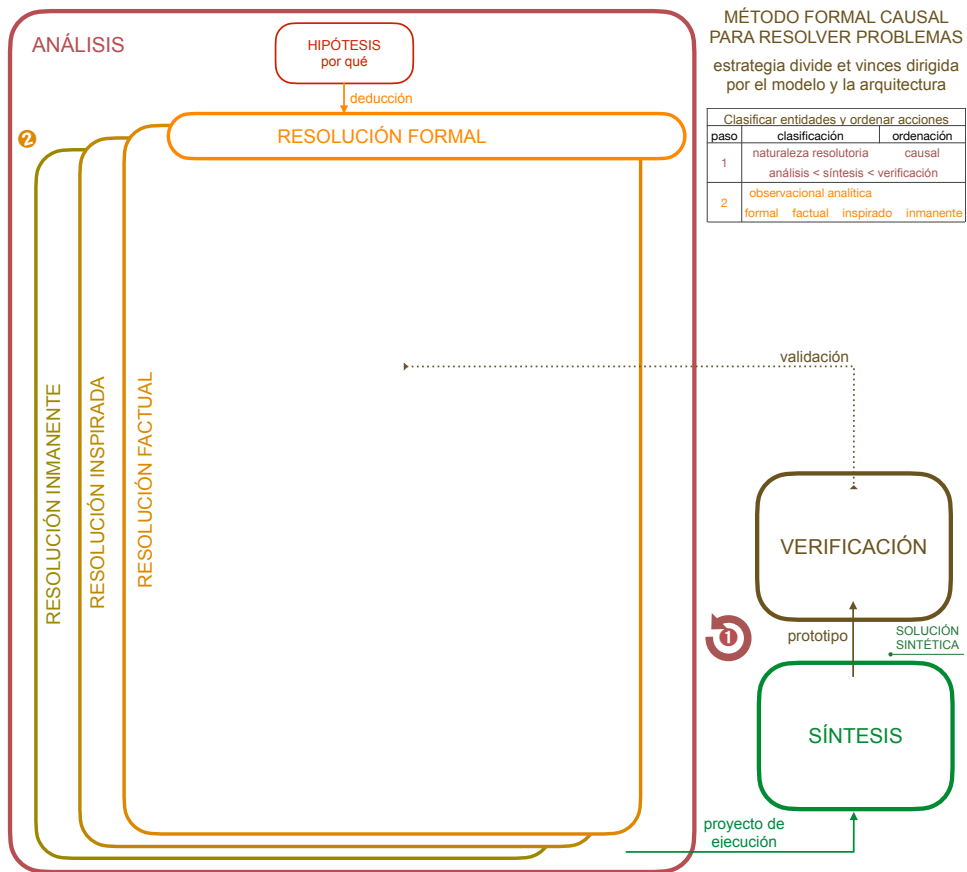


Figura II.8. Clasificación observacional fenomenológica para descomponer el problema analítico en cuatro subproblemas: formal, factual, inspirado e inmanente.

Del conocimiento inspirado, ya hemos indicado que puede tener fuente endógena —intuición— o exógena —revelación—.

La creación artística es conocimiento que surge debido a la inspiración autónoma, es decir, intuitiva, la cual esencialmente acontece con independencia de la percepción. Las fantasías tienen la misma génesis, si bien, su colectivización homologadora puede ser tan elevada como las expresiones artísticas —caso de El Quijote— o tan liviana como meras ensoñaciones que apenas interesan a terceros o tienen credibilidad muy débil debido a que carecen de falsadores —podría ser el caso del interés personal por visitar determinado lugar exótico, o el del hallazgo de El Grial, o el de la ufología—. Análogamente, las alucinaciones o el embelesamiento.

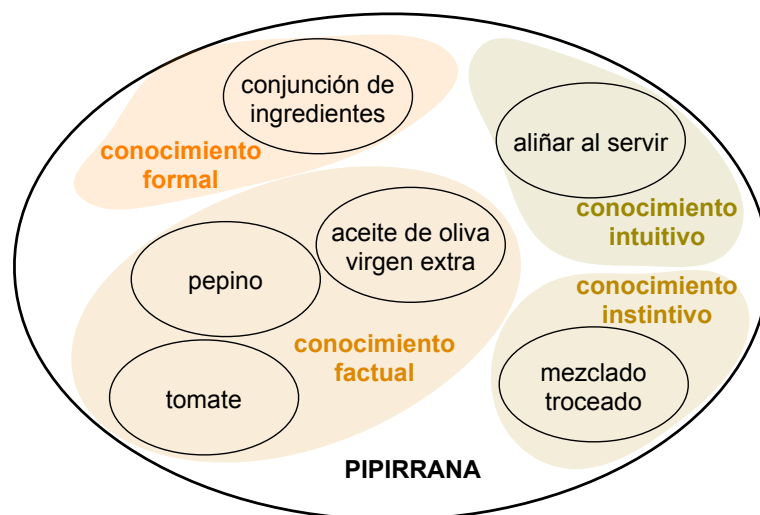


Figura II.9. Ejemplo de elementos de conocimiento de cada clase observacional que intervienen en la elaboración de una piperana.

El conocimiento revelado encuentra una de sus expresiones más relevantes en el conocimiento religioso. Es la transmisión procedente de una fuente acreditada la que alcanza la homologación mediante la interpretación que hace cada sujeto de una colectividad —comunidad—.

El aprendizaje que recibe el alumno mediante la clase magistral es también conocimiento de esta clase. En numerosas ocasiones, el aprendizaje deductivo y, sobre todo el inductivo son reemplazados por la creencia en que las enseñanzas del maestro son verdaderas. Una encuesta entre los egresados universitarios confirmaría que son mayoría los que conocieron la ecuación fundamental de la trigonometría, el teorema de Pitágoras, el principio de Arquímedes, las leyes de Newton, el aristotelismo, La Odisea y La Ilíada mediante la fórmula expeditiva de hacer profesión de fe en las enseñanzas de sus maestros. Eso, sin necesidad de aplicar la Lógica, pisar un laboratorio, ni leer a los clásicos.

Mientras que las formas causales de aprendizaje requieren considerable esfuerzo intelectual, de recursos, tiempo y demás factores contextuales, la revelación del maestro es ágil y de coste mucho más bajo, hasta el punto que la clase magistral ha contribuido decisivamente a la socialización del conocimiento, como venimos indicando —compárese cómo aprendían los discípulos de Leonardo a preparar los lienzos y a elaborar los pigmentos con el tiempo que toma un universitario actual de las Bellas Artes para alcanzar el grado de doctor—.

El conocimiento factual, proveniente de la percepción efectiva es el que explica la realidad mediante los efectos que esta tiene en los fenómenos en que participa. Es factual la certeza que tiene un turista de Benidorm sobre que el Sol gira alrededor de la Tierra dando una vuelta cada veinticuatro horas. Lo sabe porque ha observado repetidamente que aparece cada mañana por la playa de Levante, recorre la bóveda celeste y se pone cada tarde por la playa de Poniente. Es todo lo que necesita saber y para eso, ya cuenta con la ayuda de los nombres de ambas playas.

En cambio, sobre la Luna, quienes tengan intención de visitarla, necesitarán conocimiento formal sobre geometría y sobre gravitación para poder determinar, con antelación suficiente, las condiciones de alunizaje.

Sin perjuicio de que otras clasificaciones son posibles, la finalidad clasificatoria es, como hemos dicho, obtener criterios para descomponer los problemas en partes más sencillas con interfaces nítidos o de manera que sea nula o mínima la dependencia debida a la descomposición en partes.

La credibilidad del conocimiento

La falibilidad del conocimiento es su potencial de ser objetivado. Valora la credibilidad que tiene el conocimiento para la comunidad de observadores que lo suscriben.

El conocimiento factual puede someterse a pruebas empíricas de falsación que, en sentido popperiano, darán lugar al reforzamiento de su aceptación a medida que los experimentos confirmen el conocimiento o, por el contrario, desencadenarán el rechazo del enunciado en el caso de que los resultados de las pruebas lo contradigan.

Adicionalmente, cabe la aceptación del conocimiento factual por la vía de la convicción, como es el caso del aprendizaje mediante la clase magistral. Sirva como ejemplo que lo que nos dijo Newton sobre la caída de las manzanas, podemos confirmarlo experimentalmente o, sencillamente, podemos creérnoslo. Convengamos, pues, que tenemos dos modos de aceptación para el conocimiento factual: la experimentación reproducible que proviene de la observabilidad causal y la convicción.

El conocimiento de fuente inspiracional, no es susceptible de confirmación ni de contradicción experimental por falta de causalidad fenomenológica ya que no ha lugar su percepción sensorial. En consecuencia, solamente puede ser aceptado por la vía de la convicción. Los sistemas de creencias postulares se cuentan entre estos. También requiere poco esfuerzo aceptar la genialidad de Leonardo al plasmar la enigmática sonrisa de La Gioconda.

Aprender en la infancia la tabla de multiplicar por nueve es un ejercicio de adquisición de un conocimiento que al estudiante se le antoja regido por las mismas leyes que emplea para conocer al ratoncito Pérez o a los reyes magos: su propia convicción. No es de extrañar que, en la edad adulta, a muchos les venga grande diferenciar entre la enjuta carnalidad del Quijote y la ambigua materialidad del legendario Cid Campeador. El estudiante podría haber aprendido lo mismo ayudándose con un ábaco para conocer, ahora experimentalmente, la tabla de multiplicar por nueve. Cuando sea mayor, todavía tendrá ocasión de conocer deductivamente la susodicha multiplicación por nueve.

Luego, encontramos tres vías para admitir el conocimiento formal: la deductiva, la empírica y la convicción.

Finalmente, para al conocimiento inmanente, dada su condición singular de no constituir conocimiento propiamente dicho, carecemos de manera consciente alguna para concederle credibilidad.

La cantidad de modos para corroborar el conocimiento establece un orden estricto entre las cuatro clases de conocimiento: la clase formal tiene tres modos de acreditación —Lógica, experimental y convicción— la clase factual tiene dos modos de acreditación —experimental y convicción—, la inspirada tiene un modo —convicción— y la inmanente carece de modo alguno.

Dado que resulta una graduación que es isomorfa con la clasificación módulo 4 de los enteros, la falibilidad establece un orden en las clases observacionales de conocimiento que es total y estricto: el conocimiento formal tiene más credibilidad que el factual, el cual tiene más credibilidad que el conocimiento inspirado y este, a su vez, más que el inmanente.

La falibilidad es el argumento para conferir credibilidad al conocimiento de manera que, a mayor posibilidad de ser sometido a pruebas, de más credibilidad disfrutará el conocimiento que las supere. En términos de su credibilidad, la calidad del conocimiento formal es la superior —su falsación es tautológica—, le sigue la del conocimiento factual, la del conocimiento inspirado es menor y, finalmente, el conocimiento inmanente tiene calidad ínfima. Ver la tabla II.4.

Habiendo encontrado en el Moisés conocimiento de todas esas clases, cabe conjeturar que el método de Miguel Ángel discurrió, en primera instancia, por su concepción formal abstracta representacional, seguido de la factualidad escultórica que impone crear el mausoleo que tantos replanteos sufrió, incorporando subordinadamente el simbolismo revelacional y la genialidad inspiracional, sin descartar que resolviera alguna contingencia menor recurriendo a ese instinto que todos tenemos para superar los contratiempos de última hora. Quizá esa inmanencia explique el supuesto toque con el martillo para infundir el habla a la escultura.

Que haya sido ese el procedimiento que siguió el artista, importa poco frente a la constatación de que el arte hace uso preponderante de la inspiración y a ese fin dedica las decisiones creacionales más relevantes de entre las que intervienen en la creación del conocimiento. Lo formal y lo factual tiende a tratarlo como condiciones necesarias.

Por su parte, la ingeniería, que también se ajusta a la secuencia de máxima credibilidad, presta más atención a la formalidad y a la factualidad de sus creaciones que a lo que emana de la inspiración o del "olfato".

Todavía, hay sectores de actividad con proporciones equilibradas entre lo causal

Tabla II.4. Ordenación de las cuatros clases de conocimiento analítico según su credibilidad.

clase de conocimiento	falsadores	credibilidad
formal	lógica, experimental, convicción	3
factual	experimental, convicción	2
inspirado	convicción	1
inmanente	-	0

y lo inspirado. Sirva de ejemplo una casa, mitad funcionalidad habitacional, mitad deleite artístico.

El caso de la ciencia, exponente emblemático de la causalidad, también hace uso de las otras clases de conocimiento, siquiera sea el contenido inspirado e intuitivo que pueda haber en sus constructos axiomáticos.

La figura II.10 muestra la secuencia que da lugar a conocimiento analítico con la mayor credibilidad —ver la demostración algebraica en el [anexo G](#)—.

Contrastan estos resultados con las taxonomías culturales que tenemos del conocimiento.

La motivación de la creación de conocimiento mediante la inspiración venimos encontrándola, o bien en la esencia de los mecanismos de la razón, o como una técnica para explotar productivamente el indeterminismo de cara a la resolución de problemas.

Siendo la inspiración, intuitiva o revelada, la base genuina de la creación de conocimiento característico de la fantasía, como venimos afirmando, también participa en la creación de conocimiento ingenieril. Ya hemos argumentado que en este último caso está presente, a su vez, para proporcionar soluciones que de

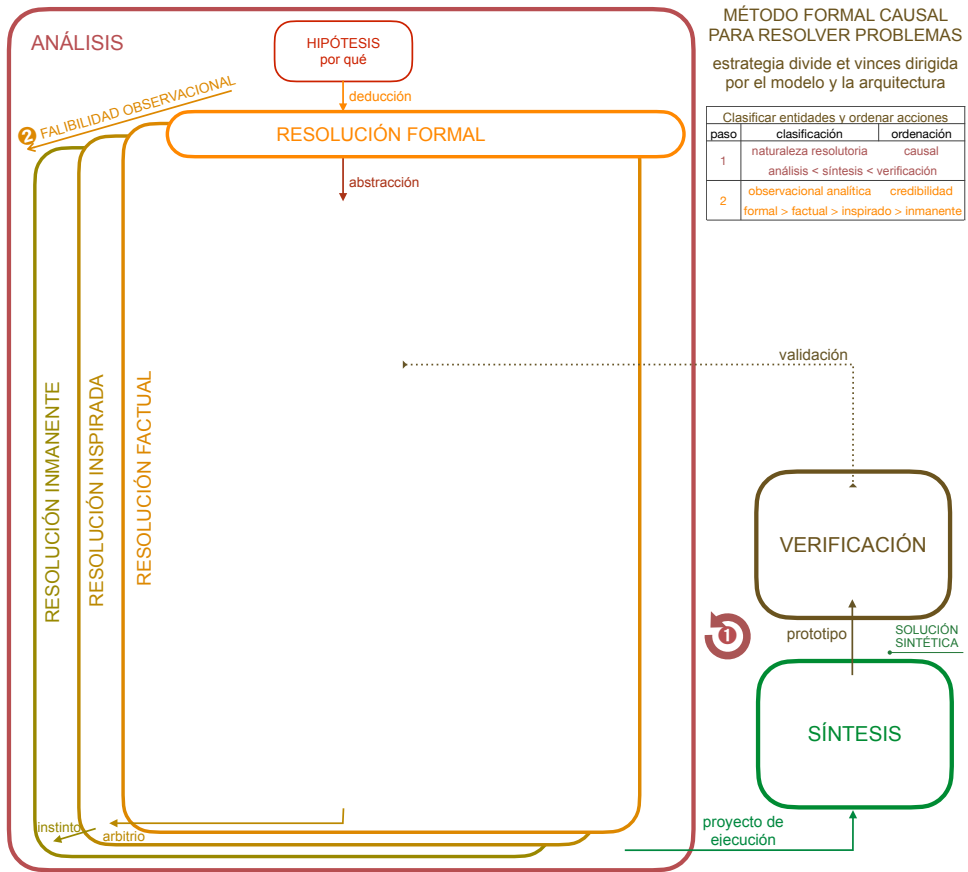


Figura II.10. La secuencia formal → factual → inspirado → inmanente produce conocimiento analítico con credibilidad óptima.

otro modo no sabemos obtener, o como una técnica preferible a los mecanismos expeditivos de la observación, para ganar en coste o esfuerzo.

Como quiera que fuere, todo indica que más que de frontera entre el conocimiento artístico e ingenieril, para ciertos fines, puede interesar abstraer la percepción de manera no determinista para poder hablar de una especie de continuo en cuyos extremos pudiéramos situar lo netamente arbitrario y lo netamente riguroso. Cualquier posición intermedia representaría conocimiento creado con la participación de la inspiración y con la de la observación fenomenológica.

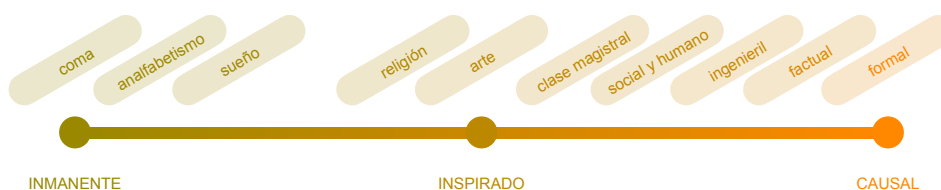


Figura II.11. Credibilidad relativa de los taxones de conocimiento que reconocemos habitualmente.

La figura II.11 muestra un esquema orientativo de la posición relativa que ocupan los taxones gnoseológicos más comunes en términos de su composición analítica observacional.

El razonamiento que progresa partiendo del conocimiento científico, seguido del conocimiento técnico y después el inspirado e incluso más tarde el instintivo, tiene connotaciones de expansión desde el sistema de conocimiento más estricto y riguroso, constreñido al marco de la teoría, hasta conocimiento sucesivamente más laxo.

Social y culturalmente, está subsumida una asunción de calidad del conocimiento en función de las exigencias del procedimiento seguido en su creación, esto es, del conocimiento en cuanto que sí mismo, por su composición íntima —enfoque interno, gnoseocéntrico—.

Es la lógica del refuerzo que proporciona la contrastación y la consecuencia que resulta de la visión científicista del mundo —tendencia a tenerlo todo caracterizado y organizado—. Eso, es lo que confirmamos formalmente en este libro como criterio de falibilidad observacional óptima.

Un enfoque de componente ingenieril abogaría por clasificar el conocimiento si en ello hubiera beneficio, cosa que en la práctica ocurre por medio de la ganancia en fiabilidad de lo riguroso frente a lo arbitrario. Luego las disciplinas experimentales van de la mano en la valoración observacional que hacen de la calidad del conocimiento.

A otro criterio distinto obedece que el *Salvator Mundi* ostente la etiqueta de obra pictórica adquirida al precio más alto conocido. He aquí conocimiento inspirado —Leonardo— sobre conocimiento revelado —Cristo— valorado quizá instintivamente —por la realeza saudí—.

Planteamientos de corte doctrinario o preferencias artísticas pueden argumentar que, caso de establecer un criterio de calidad del conocimiento, bien podría hacerse atendiendo a su utilidad antropocéntrica; que es tanto como eludir la

oportunidad objetivadora por la imposibilidad de encontrar criterio. Nótese que este enfoque es el que encaja con la esencia subyacente de arbitrio.

La cronología del aristotelismo, que ha impregnado la evolución de la creación del conocimiento a lo largo de los últimos veintitrés siglos, necesitó que transcurrieran prácticamente dos milenios hasta que Galileo estableciera el precepto de ser cuantitativa la observación para poder afirmar su rigor y por ahí especializar el método científico.

Ello, no afecta, sin embargo al conocimiento que esté exento de las restricciones verificacionistas y, por lo tanto, nada dice a su respecto, en particular en relación con el conocimiento intuitivo.

Del conocimiento no sensorial, finalmente, en general, puede decirse que es falsable mediante la convicción y, por lo tanto, su aceptación o rechazo queda al albur de criterios que son subjetivos, como el gusto y el deseo. Insistimos en que la aceptación por determinado colectivo de observadores hace objetivado a ese conocimiento, es decir, independiente de cada observador y, por lo tanto, conocimiento objetivo en el seno de ese colectivo.

Método de falibilidad observacional

En sus reflexiones, cercanas al pragmatismo de la conjetura de Occam sobre optar por la sencillez y lo plausible, el maestro Descartes encuentra oportuno regirse por sistemas conceptuales sencillos cuyas normas sean respetadas escrupulosamente (Descartes, 2004). Eso le lleva a establecer las reglas del Método:

- Certeza proposicional.
- Resolver analíticamente mediante descomposición en partes.
- Realizar sintéticamente mediante integración de las partes.
- Verificación de la consistencia analítico-sintética.

Lo que aquí planteamos viene a ser una expansión posibilista basada en la propuesta cartesiana de la siguiente manera:

- Relajando el precepto de certeza al de preferencia basada en la credibilidad observacional formal de las proposiciones, esto es, según la precedencia: formal > factual > inspirado > inmanente.

- Resolución analítica del problema que expresa la conjetura inicial descomponiéndola mediante criterios rigurosamente formales en partes más sencillas: el problema hace de antecedente y los elementos nominales de la solución se obtienen como consecuentes.
- Desarrollo de la solución integrándola mediante síntesis de los términos constitutivos —obtenidos con anterioridad analíticamente—.
- Comprobación de que el consecuente sintético —solución— es una instancia del antecedente analítico —problema— en el bien entendido de que el problema es el modelo de sus soluciones.

El corolario de esta formalización de falibilidad observacional causal es un método de resolución de problemas de tipo divide y vencerás, con redundancia analítico-sintética y verificación modelar.

La consecuencia de haber ordenado estrictamente las cuatro clases de resolución analítica es disponer de un procedimiento formal riguroso para producir conocimiento causal de credibilidad óptima. El método que corresponde es el siguiente:

$$\left\{ \begin{array}{l} \textit{mientras} \textit{ formal resolver} \textit{ deductivamente;} \\ \textit{mientras} \textit{ factual resolver} \textit{ empíricamente;} \\ \textit{mientras} \textit{ inspirado resolver} \textit{ magistralmente;} \\ \textit{mientras} \textit{ inmanente resolver} \textit{ instintivamente;} \end{array} \right.$$

Teoría y praxis de la justificación

La conceptualización de que el enunciado de un problema surge de la observación del conocimiento natural nos ha servido para dar forma al marco axiomático observacional de homologación objetivadora del conocimiento que, a su vez, justifica la sistemática productiva de conocimiento con fines utilitarios.

Es inmediata la generalización de ese concepto para enunciar problemas, con independencia de que surjan bajo una especie de espontaneidad ingenua o, más propiamente, de manera intencionada, como mecanismo para producir conocimiento, esto es, como punto de partida y justificación de la investigación.

La pregunta motivadora "por qué"

Inspirada en el estilo socrático, la motivación, o causalidad, o coherencia del enunciado de un problema con el conocimiento natural que perseguimos homologar mediante la resolución de ese problema, podemos establecerla mediante la confección del enunciado del problema como una composición de las respuestas que obtiene la pregunta motivadora por antonomasia: "por qué plantear ese problema".

En efecto, las respuestas proporcionan los motivos que hay para acometer la resolución del problema. Gestionar el surgimiento de respuestas a la pregunta motivadora contribuye a la calidad del enunciado y al control del proceso de resolución. A tal fin, proponemos las siguientes motivaciones para obtener respuestas al "por qué":

- **Motivación preceptiva.** Su sentido es el de tener que ser tenidas en cuenta necesariamente. El gran volumen de la motivación de este tipo procede de sucedáneos de la observación que se concretan en necesidades, objetivos, fines, misiones y expectativas que tiene el observador que plantea el problema. Así mismo, las regulaciones y normas temáticas relacionadas con el problema constituyen otro generador de respuestas de este tipo. Porque hay voluntad de ostentación es una respuesta preceptiva que motiva encargar el mausoleo a Miguel Ángel.
- **Motivación progresista.** Denominamos bajo este epígrafe a las respuestas encaminadas a que la resolución del problema proporcione progreso del conocimiento. La estrategia pasa por realizar el correspondiente estudio del estado de la técnica o de la cuestión para, utilizando las conclusiones de ese estudio como referencia, proponer respuestas sobre el contenido y la intensidad del avance en el conocimiento a obtener mediante la resolución del problema. Porque la fisiología músculo-esquelética expresa la dinámica corporal es una respuesta progresista que el escultor magnificó en el Moisés hasta niveles de expresividad inéditos.
- **Motivación facultativa.** La impronta de singularidad que adquiere la solución por causa de la inspiración —entendida como compendio de experiencia, estilo, preferencia, etc.— del autor se incorpora mediante respuestas estilísticas a la cuestión motivadora. Porque la historia y la mitología bíblica aportan trascendencia es una respuesta facultativa que el autor regala al acervo cristiano.

La estrategia "divide et vincas" aporta, como asunto de orden práctico, que las respuestas a la cuestión motivadora tengan estructura sintáctica de oración simple ya que cada una de las respuestas podrá dar lugar al enunciado de un

subproblema. Caso de que las respuestas fueran oraciones compuestas, aunque la estrategia seguiría siendo válida, la efectividad de la descomposición resultaría afectada.

El enunciado del problema adquiere la forma sintáctica de una oración de lógica compuesta mediante la conjunción de los predicados de primer orden que son las respuestas a la pregunta motivadora.

Las proporciones múltiples

La práctica habitual es utilizar las teorías científicas para crear conocimiento, explotable o no y, si se trata de que los hechos sean objetos utilitarios, las ciencias deviene en sus ingenierías.

La diferencia estriba en que al conocimiento científico se le exige veracidad en el sentido de concordancia con la teoría, lo cual lleva implícita la explicación de los resultados en el marco de la teoría; mientras que al conocimiento ingenieril —los ingenios o los resultados del ejercicio profesional— lo que se le exige es la funcionalidad. Si el conocimiento ingenieril puede acompañarse de veracidad teórica, bien también, pero eso es prescindible.

La confirmación científica del conocimiento ingenieril o profesional incluye al conocimiento obtenido dentro de los resultados de la metodología científica.

Otro conocimiento ingenieril o profesional puede ser creado mediante decisiones arbitrarias, no reproducibles. En cambio, esas decisiones se adoptan para soslayar el indeterminismo debido a desconocimiento de determinadas variables o a la efectividad de la utilización de determinadas heurísticas.

Sea por falta de información suficiente o como técnica operativa, es decir, en ausencia de otra posibilidad o deliberadamente como método, el caso es que utilizar técnicas indeterministas —asumir comportamientos o resultados de fenómenos directamente, ignorando la causalidad que parte de las variables que los gobiernan— equivale a optar por la inspiración —experiencia, intuición, sugestión, etc.—.

En el caso ingenieril y profesional, a la diversidad metodológica, dentro del rigor, posible de las ciencias naturales y las sociales, se añade la diversidad prácticamente ilimitada de las vías de creación de conocimiento basado en la inspiración.

Efectivamente, la praxis de la ingeniería y el ejercicio profesional es rica en recursos hasta el punto de no tener límite. Hay casos que exhiben fuerte prevalencia de los métodos más propios de las ciencias naturales, como la

ingeniería química, la genética, la aeronáutica o la de la telecomunicación; y de las ciencias sociales, como la geografía, la gestión empresarial, la criminología o la psicología.

La mayoría de las ingenierías y profesiones promedian el empleo de los métodos empíricos con el de los arbitrarios; y aun hay otras como la profesión culinaria, psicología, la arquitectura y la medicina que, estando construidas sobre bases teóricas muy robustas, seguramente debido a la complejidad y al indeterminismo que acompaña a los problemas que acometen, hacen uso exhaustivo del arbitrio del experto y hasta de la vocación —instinto—. De hecho, algunas de estas últimas áreas del saber tienen reconocimiento social tanto o más como un arte que como una ingeniería o como una profesión.

La constatación de la diversidad metodológica no está reñida, empero, con la existencia de método universal, válido para la creación de conocimiento ya sea causal o inspirado. El interés de la caracterización de ese método, obviamente, reside en la sistematización que puede comportar.

La técnica "divide et vincas" tiene esa característica de universalidad para desglosar los problemas en partes de menor talla, ya sean del mundo de lo empírico o de lo inspirado; y otro tanto ocurre con la clasificación de la actividad creativa.

La diversidad de los métodos observables que utiliza la ciencia y la muy superior diversidad de los métodos de la ingeniería y la praxis profesional, al tiempo que los primeros forman parte del conjunto de los segundos, junto con la naturaleza del conocimiento que producen la ciencia y la técnica, constituyen un compendio de aspectos que, a veces, han estado detrás de interpretaciones poco afortunadas, de decisiones controvertidas e incluso de equivocaciones. Ello se debe a que los métodos más relajados de la ciencia pueden ser coincidentes con los más estrictos de la inspiración.

Por ejemplo, por un lado, el caso de la inducción incompleta, que constituye una verificación parcial y proporciona veracidad condicionada o restringida y, por otro lado, la intuición basada en una experiencia muy robusta, pueden llegar a la misma conclusión a partir de las mismas instancias.

La ausencia de esa frontera entre lo observable y lo inspirado o, al menos, su falta de nitidez; cuando, además, el conocimiento a crear son conceptos, como es el caso de la tecnología software, al amparo de la ciencia de la computación y de la inteligencia artificial, da pie a preguntarse si existirá algún objeto que pueda ser considerado conocimiento científico o conocimiento inspirado indistintamente —no confundir con gozar a partes iguales de ambas condiciones. Que la respuesta a esa cuestión sea negativa se debe a que la existencia de

explicación científica prevalece y eso es lo que confiere la cualidad de empírico o inspirado al conocimiento.

Luego, el mismo conocimiento puede ser inspirado o científico según que podamos explicarlo científicamente o no. El conocimiento concreto sólo puede evolucionar hacia ser científico. Un cuerpo de conocimiento, debido a que surja nuevo conocimiento indeterminista en su seno, sí que podrá evolucionar desde ciencia a técnica, arte o religión. Este último conocimiento, externo a la teoría vigente en el momento de su aparición, podrá volver a ser científico bajo una nueva teoría que reduzca a la precedente.

A fin de cuentas, entender la ciencia como el caso particular de la técnica que se refiere a la creación del subconjunto de los resultados que pueden ser explicados mediante la teoría, no es sino la interpretación dual del convencional enfoque centrista de la ciencia, una suerte de ciencia-centrismo.

Admitir la interpretación de la doble subordinación entre la ciencia y la técnica es tanto como relajar la exigencia de ser tangibles a los resultados para poder interpretar al conocimiento como un resultado más —estudio histórico, análisis financiero, informe jurídico, software—.

La potencia operativa que se gana es la uniformidad en la metodología para crear conocimiento así como para verificar su corrección: se trata de concebir, en lo posible, mediante el enfoque analítico, genuinamente científico y de validar mediante el otro, el sintético, el de ensamblaje de los componentes o de los elementos nominales.

Con ello, tendremos avanzado mucho en la dirección de encontrar un mecanismo universal de trabajo: concebir, crear, diseñar, inventar la solución a un problema, formular o formalizar con el criterio de las ciencias; pero a la hora de experimentar, comprobar o verificar, el esquema a utilizar es el otro, el del desarrollo, genuinamente propio de la técnica, con arbitrariedad consciente y controlada.

El caso es que tenemos tres procedimientos que, en la medida que resuelven objetivamente: uno sirve para dilucidar, el otro para producir y, finalmente, el tercero para corroborar.

Al clasificar la actividad creativa asignando al análisis la obtención de la solución enunciativa y a la síntesis la del desarrollo de la solución instrumental, establecimos la relación modelar que tiene el problema sobre la solución enunciativa —el problema es modelo de sus soluciones analíticas—, la de esta sobre el desarrollo —la solución analítica es modelo de sus desarrollos sintéticos— y la de este último sobre las pruebas de validación —un desarrollo instrumental es modelo de sus pruebas de validación—.

A ese enfoque eminentemente teorizador añadimos ahora este otro más pragmático de resolver mediante una trayectoria de ida y vuelta, que parte del problema para proponer una solución enunciativa analíticamente, y que desde esa solución analítica alcanza sintéticamente un desarrollo instrumental que está acondicionado para verificar que el resultado es de la familia del problema —figura II.1—.

En ausencia de esa amplitud de miras, puede ser dificultoso para el matemático cerciorarse de la validez de un razonamiento inductivo para resolver problemas a partir de cierto nivel de complicación.

La limitación de potencia operativa puede obligar a ejercicios importantes de creatividad y que tengan estrecha dependencia del problema. Evidentemente, esa situación es difícilmente controlable y por eso menos deseable de cara a la función social que actualmente se reconoce a la ciencia y a la técnica. La plasmación de ese caso se evidencia ante problemas NP-completos, por ejemplo, los meteorológicos, en los enfoques que podrían adoptar, pongamos por caso, la Física y la aeronáutica: seguramente la primera confirmará la imposibilidad de hacer afirmaciones sobre el estado atmosférico del día siguiente mientras que la aeronáutica, a falta del dato concluyente, vendrá obligada a manejarse con la optimización a que alcance la predicción.

Es ilustrativo caer en la cuenta de que el conocimiento, a lo largo de la Historia, se ha venido produciendo según una de dos pautas operativas elementales. Los discípulos de Leonardo, aprendían progresivamente, de manera empírica, empezando por las tareas más sencillas. En las universidades, la concepción aristotélica ha hecho posible el recurso a la clase magistral para propagar nociones y conceptos.

En la actualidad, los sistemas universitarios forman en un elevado nivel de contenidos pero limitadamente en lo metodológico. Es evidente que hace falta equilibrar de nuevo la proporción entre las acciones de resolver y las de desarrollar ya que los problemas de índole aplicada, en general, más que solución, lo que admiten son aproximaciones de compromiso a las que se llega relajando los objetivos para hacerlos compatibles con los procedimientos.

La docencia universitaria está necesitada de evolucionar desde su actual orientación —evaluada de la competencia del alumno— hacia otra encaminada a potenciar la actitud de que la competencia profesional pasa por tomar decisiones resolutorias que, en sí mismas son buenas en la medida que proporcionen solución —asunto distinto es que esas soluciones sean mejorables—.

La realidad es que puede haber condicionantes externos —de tiempo, de medios, de instalaciones, etc.— que dificultan la objetividad. Ante tal situación,

desde el punto de vista ético, claramente corresponde redefinir el problema con objetivo de que la nueva versión admita que los costes de su resolución son asumibles al tiempo que compatibles con la robustez metodológica a que estamos refiriéndonos, la cual no es sino el método universal de creación de conocimiento elaborado partiendo de conocimiento inicial intuitivo.

La terminología también juega su papel en esto de la diferenciación disciplinar, hasta el punto de que las fases del método ingenieril —análogas a las del método científico salvo, quizás, en las particularidades de las acciones—, cambian los nombres para referirse esencialmente a lo mismo que las fases homólogas del método científico.

Así, establecer los requisitos que debe satisfacer un ingenio es la expresión para referirse a enunciar el problema de crear al ingenio; especificar el ingenio es sinónimo de formular; demostrar la solución equivale a diseñar el prototipo; y experimento y realización seguida de validación del prototipo, se refieren a lo mismo.

La justificación utilitaria que puede tener el conocimiento técnico profesional, vista desde el enfoque del falsacionismo popperiano —solo admite la corroboración deductiva y la empírica—, en la medida que el conocimiento creado supere las pruebas para tratar de refutarlo, queda corroborado aunque no verificado. Todo lo que se requiere en ese caso es, pues, que dicho conocimiento sea falsable —pueda ser sometido a pruebas— y que sea sometido exhaustivamente a pruebas de falsación para robustecer la corroboración.

Por ejemplo, la culpabilidad de un acusado es falsable. El juicio es una prueba de falsación que podrá concluir la exoneración por falta de pruebas. La inocencia queda corroborada pero no verificada. La apelación a la instancia judicial superior produce otra prueba de falsación que, o bien refuerza el veredicto de inocencia, o bien produce uno de culpabilidad.

La única posibilidad de cambio de veredicto tiene causa en la ausencia de homologación objetivadora de los preceptos legales —la homologación en este caso es preceptiva y consiste en la publicación de la norma—.

Esa ausencia de objetividad se suple mediante la interpretación de los magistrados, dando lugar a una suerte de falsacionismo generalizado que incluye la convicción como instrumento de falsación.

Ese proceder y sus resultados son acordes con la axiomática formal causal, en el bien entendido de que se subordina el arbitrio a la evidencia formal y a la prueba empírica. De facto, la instrucción de diligencias apunta a la resolución de los subproblemas formal y factual.

Con ojos de falsacionismo general —que admita también la convicción como criterio de confirmación—, incluso el control de acceso a la cueva de Alí Babá —¡ábrete sésamo!— es aceptable —falsable— ya que puede ser creído —corroborado— o despreciado —refutado—.

Capítulo III

El conocimiento factual

Entre el conocimiento analítico, el formal es el único que está homologado intrínsecamente debido al proceso de su creación —deductiva—. Esa homologación se extiende a todos los observadores que suscriben la teoría y para ellos es imposible mayor acreditación. Más aún, cualquier intento de acreditación, —verificación experimental, por ejemplo— sería una prueba de homologación de la teoría que homologa al conocimiento formal.

Al conocimiento factual es al que sí que corresponde homologarlo experimentalmente. El conocimiento de esta clase ha sido motivo de atención intensa para comprender sus claves y los métodos para producirlo y corroborarlo. El proceso de crearlo consiste en acciones que implican decisiones para aportar claridad al enunciado inicial que establece el problema. El componente intelectual de esas decisiones se conforma mediante proposiciones para reducir la incertidumbre del enunciado del problema, es decir, el método de resolución de los problemas consiste en aportar respuestas a los aspectos inciertos o dudosos que contiene.

La causalidad factual requiere que las respuestas sean consecuentes con la fenomenología observable que motiva el enunciado inicial lo cual sumerge a las respuestas y al proceso que las genera dentro del ámbito de la Lógica. De ahí se sigue que el esclarecimiento del enunciado del problema es la actividad de proporcionar respuesta a las preguntas que suscita la incertidumbre del enunciado.

La elaboración del propio enunciado del problema en sí obedece a esta misma lógica causal que argumenta los motivos o la razón de ser de la proposición del problema. El enunciado surge, como hemos dicho en el último apartado del capítulo II, de la pregunta motivadora "por qué plantear ese problema" y consiste en las respuestas a la misma.

La ensalada de las cuestiones

El esclarecimiento del enunciado problema para dotarle de significado suficiente surge de responder a la pregunta genérica implícita en el conocimiento del nivel de "saber hacer": "qué hacer para hacer algo".

Como la respuesta es "despejar toda la incertidumbre que pueda tener cualquier observador", la pregunta del "para hacer" puede descomponerse en todas las

cuestiones adicionales a la motivacional "por qué", ya respondida previamente por el promotor o prescriptor que realiza el encargo de resolución al profesional.

Recibido el encargo, el profesional lo especifica funcional o formalmente, diseña una solución, realiza un prototipo del sistema y verifica que su solución satisface lo prescrito. Para llevar a cabo todo ese proceso, se formulará a sí mismo el símfín de cuestiones sobre la utilidad, la composición y las condiciones de realización del resultado. Son las respuestas a esas cuestiones las que enriquecerán hasta la suficiencia el significado del enunciado. Las respuestas son las decisiones de resolución.

El proceder es igual en todos los ámbitos de actividad y, en general, en todos los ámbitos del saber, tal vez impregnado de la especificidad propia de cada campo. Las particularidades más notorias afectan a la terminología, que cada argot ha ido magnificando progresivamente. Así:

- En las Ciencias Sociales y Humanas partimos de conjeturas, hacemos estudios y obtenemos conclusiones, informes, veredictos, memorias, etc.
- En las Ciencias Factuales partimos de observaciones, elaboramos una explicación y la verificamos inductivamente, siquiera sea parcial esa inducción o, como mínimo, la corroboramos empíricamente.
- En las Ciencias Formales planteamos un problema y lo resolvemos deduciendo el resultado –la verificación acostumbra a ser implícita, ya deductiva, ya inductiva—.
- En investigación formulamos la hipótesis, explicamos su justificación y obtenemos la tesis.
- En Pedagogía definimos competencias formativas u objetivos docentes, diseñamos el plan de estudio y lo implantamos mediante la organización escolar que ha de producir el desarrollo curricular.
- En la industria partimos de un reto, desarrollamos la innovación que lo satisface y la incorporamos a la producción.
- En la cocina concebimos un plato, proponemos su receta y lo elaboramos.

Las especificaciones, conjeturas, observaciones, problemas, enunciados, hipótesis, objetivos, proposiciones, etc.; mediante diseños, estudios, desarrollos, elaboraciones, resolución, justificación, demostración, etc.; devienen en soluciones, tesis, conclusiones, etc.

Las similitudes son tantas que mucha de la especialización terminológica se debe a matices procedimentales o estilísticos o culturales, encaminados habitualmente a aquilatar las particularidades disciplinarias. Procuraremos jugar con ellos sin transgredir el rigor, entendiendo que aunque utilicemos un argot determinado, las conclusiones son válidas en los campos afines.

La respuesta a la cuestión motivadora —por qué— es la única que le viene dada al ingeniero, al filólogo, al abogado y a todo otro profesional. Esa afirmación se extiende a todos los campos del saber, incluyendo el caso peculiar de la actividad investigadora ya que aquí puede ser el científico quien, autónomamente, se cree sus propios problemas. Las demás preguntas habrán de ser respondidas cumplidamente por cada experto para resolver los problemas de su especialidad.

En consideración a la diversidad disciplinar de los lectores a quienes aspira interesar este libro, hemos optado por incorporar como ejemplo de apoyo uno cercano a la trivialidad o, al menos, que tiene solución universalmente conocida por provenir de uno de los más populares y apreciados ámbitos del saber.

Ello, con la intención añadida de poner de relieve que la comprensión de lo que aquí se dice, por mucho que pueda parecer complicado, no solo no está vetado a nadie sino que es asequible a cualquiera con la sola condición de profundizar adecuadamente en ello.

El ejemplo familiar es un conocido aforismo del mundo culinario:

La ensalada, salada, poco vinagre y bien aceitada.

Ese enunciado tan sucinto informa ampliamente sobre la concepción de la ensalada y sobre su elaboración:

- Identifica a la solución del problema "ensalada" describiendo sus ingredientes mediante respuestas a la pregunta "con qué se hace", dando cuenta de que contiene sal, vinagre y aceite y dejando libertad sobre las hortalizas; y asumiendo que es implícita su estructura en dos módulos, el aliño y la base de la ensalada —respuestas a la pregunta "cómo se elabora"—. Si bien, el aforismo ignora la pregunta sobre la naturaleza de la ensalada —qué es esa entidad— y sobre su utilidad —para qué sirve—.
- El método de elaboración expresa la resolución del problema "ensalada" en términos de un proceso de síntesis que propone combinar los ingredientes para obtener finalmente una instancia de ensalada. Establece la secuencia de sazónamiento: salar, poner vinagre y aceitar. Conocer los detalles para la realización sintética —nivel de conocimiento "saber hacer"— requiere

responder a preguntas operacionales: "cuándo se hace", "quién la elabora", "dónde", "cuánto",...

Como ejemplo del campo informático, sirva el siguiente:

Una tableta digital es un sistema informático equipado con módulos específicos para aplicaciones de uso personal.

Esta descripción de la tableta digital:

- Informa sobre su naturaleza de sistema informático —qué es—, sobre su composición con módulos específicos —con qué se hace— y sobre su utilidad —para qué es—. La construcción de la tableta digital requiere responder a la organización de los módulos —cómo se estructuran sus bloques funcionales— y añadir más respuestas a algunas de las preguntas anteriores.
- Responder a todas las demás cuestiones que pueden plantearse es indispensable para poder construir la tableta digital.

Ambos ejemplos encajan en la proposición general siguiente:

Resolver causalmente un problema es esclarecer su enunciado mediante transformaciones lícitas del mismo.

Lo que ahora está destacado es el método de realización, cuya restricción de legitimidad dentro del ámbito causal se concreta en transformaciones empíricas, como ya nos enseñó Galileo.

Tanto para elaborar ensaladas, como para fabricar tabletas digitales, como para resolver problemas, como venimos diciendo, de lo que se trata es de dar respuesta a todas las cuestiones factuales. Nos enfrentamos, pues, a una ensalada de cuestiones. Ver la figura III.1.

Por encima de todas, aún surge una cuestión adicional: ¿habrá algún método para gestionar la ensalada de cuestiones que proporciona las soluciones a los problemas?

Sacar este asunto a colación es, obviamente, para darle respuesta afirmativa. El criterio es bien sencillo: clasificar las decisiones de resolución para descomponer el problema y, seguidamente, ordenar las clases de decisiones para proporcionar método.

Crear conocimiento homologado, o lo que viene a ser lo mismo, resolver problemas, es una actividad tan común como que forma parte del proceder



Figura III.1. Las ensaladas de cuestiones para elaborar pipirrana—izquierda—, para diseñar una tableta digital —centro— y para resolver un problema —derecha—.

cotidiano en cualquiera de las actividades que abordamos: creamos al decidir la combinación de prendas que vamos a vestir ese día, al establecer el recorrido para llegar al lugar de una cita y al intervenir en los lances mismos de la reunión.

Porque es palpable esa cotidianeidad en la actividad de crear, además de existir metodología concienzuda, de esa que garantiza el rigor y todos los demás epítetos de lo relevante, forzosamente cabe esperar una mecánica de operación sistemática, cercana a la trivialidad.

Esa sistemática ha de ser la que nos sirve a cada uno de nosotros para tomar las decisiones de resolución de cada uno de los asuntos que tenemos que estar resolviendo continuamente en el desenvolvimiento cotidiano.

Habrá que convenir que somos concedores de la misma. Hagámosla aflorar.

Venimos diciendo que para resolver un problema, todo lo que se requiere es dar respuesta a las cuestiones implícitas en el objetivo universal de la acción, de saber hacer: "para hacer algo" —léase en la acepción más amplia de entidad o procedimiento o noción—.

Entre esas cuestiones implícitas a la pregunta del "para hacer", están "para qué" queremos el resultado o las cosas, "con qué" queremos hacerlas y "cómo" las vamos a hacer. Además, corresponde contestar a "cuándo" —produce planes de trabajo metodológicos, temporales, etc.—, "quién" lo va a hacer —nos da los

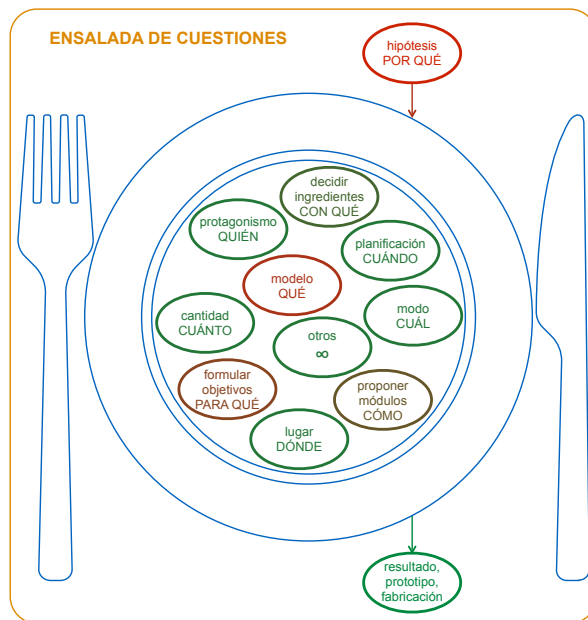


Figura III.2. Contexto de la ensalada de cuestiones homologadoras. Separadamente, la pregunta constructora de conocimiento natural "por qué".

criterios para definir los equipos humanos de trabajo—, "cuánto" —claramente preocupado con los aspectos presupuestarios—, amén de toda otra pregunta distinta de la motivacional "por qué" dado que esta es la que ha generado las respuestas que enuncian el problema. Ver la figura III.2.

La pregunta sobre lo que se necesita o se requiere "para hacer" algo desencadena una colección de respuestas que establecen los elementos constitutivos de ese conocimiento, o condiciones y eventos que hayan de concurrir. Diferentes respuestas producirán soluciones distintas.

El alcance de las decisiones empíricas

Las decisiones sobre el diseño de una pirrana, e igualmente de la tableta digital, obedecen a una casuística de relación entre el contenido y el contenedor que están expresados tanto en la pregunta como en la respuesta.

La respuesta "ensalada" asignada a la pregunta "qué es una pipirrana", tiene la característica de que "incluye al problema" —el contenedor "ensalada" está en la respuesta y el contenido "pipirrana" en la pregunta—.

Tabla III.1. Ejemplificación de la partición de las decisiones factuales para elaborar una pipirrana, para diseñar una tableta digital y para resolver un problema. Las clases son: modelo —color granate—, instrumentación —tono de sepia a caqui— y contexto —color verde—.

pregunta	respuestas			característica	clase
	PIPIRRANA	TABLETA DIGITAL	RESOLVER PROBLEMA		
qué es	alimento, ensalada,...	sistema informático	esclarecer	la respuesta incluye al problema	M
para qué es	sabrosa, saludable, nutritiva,...	uso personal	conocer solución	la solución incluye a la respuesta	I
con qué se hace	tomate, pepino, aceite de oliva,...	microprocesador, pantalla, proxy,...	con transformaciones lícitas		
cómo	un lecho de hortalizas aliñadas	procesador de interfaz, nube app	desarrollando su significado		
cuándo	en el momento de servirla	en nivel TRL8	planificación	la respuesta es externa a la solución	Γ
quién	un chef	ingeniería de Hw y de Sw	un experto		
cuánto	menos de 10 €, tamaño medio,...	menos de 50.000 €, hasta 700 g,...	presupuesto		
dónde, de quién, para quién,...		

En otras palabras, una pipirrana es uno de los objetos que pertenecen al conjunto de las ensaladas —pregunta "qué", en color granate de las figuras III.1 y III.2, y de la tabla III.1—.

Así mismo, "sistema informático" como respuesta a "qué es una tableta digital" también "incluye al problema".

El interés de la pregunta estriba en proporcionar un entorno cercano, en principio suficientemente conocido, para referir la pipirrana, la tableta digital y, en general el problema a resolver. Esto es, decidir un modelo del problema y de un conjunto de otros problemas emparentados con este que nos ocupa. El modelo es una abstracción de la esencia que el problema tiene en común con esos otros que son parecidos.

Por ejemplo, "alimento" es una abstracción idónea de la pipirrana para fines dietéticos porque expresa la esencia nutritiva que comparten la pipirrana, el

gazpacho, la paella, un chuletón, etc. El maestro restaurador será más proclive a modelar la pipirrana como un "entrante frío", y el cocinero preferirá pensar en una "ensalada".

El modelo establece la esencia de la solución en tanto en cuanto abstrae los aspectos de esta que le confieren su identidad o naturaleza de ser miembro de la colectividad o familia de problemas. En el esclarecimiento del problema, responder a la pregunta que llamamos esencial o modelar —qué es— constituye la decisión sobre el modelo. Ver la formalización en el [anexo H](#).

La pregunta modelar —qué es— establece la decisión esencial que proporciona la concepción del problema bajo la cual se obtiene la solución.

Hessen para definir la teoría del conocimiento al inicio de su libro del mismo nombre (Hessen, 1966), dice...

"Para definir su posición en el todo, que es la filosofía, necesitamos partir de una definición esencial de esta."

La decisión modelar es una operación de abstracción del problema en el modelo que servirá de base a la solución. Es decir, la suficiencia del significado de la solución lo será bajo el contenido semántico del modelo.

Las respuestas a las preguntas "para qué", "con qué" y "cómo" se hace la pipirrana —en tonos de sepia a caqui en las figuras III.1 y III.2, y en la tabla III.1—, en cambio, forman parte de la pipirrana: el sabor, el tomate o el aderezo, al tiempo que respuestas a esas preguntas, son propiedades que tiene la pipirrana.

También se cumple esta ley para la tableta digital: ser de uso personal, tener microprocesador o procesador de interfaz son propiedades o elementos que forman parte de las tabletas digitales.

A estas preguntas que dan pie a lo constitutivo de la pipirrana y de la tableta digital, lo mismo que para resolver cualquier problema, las llamamos preguntas instrumentales; y decisiones instrumentales o factores instrumentales a las respuestas que desencadenan.

Las preguntas instrumentales —cómo, con qué y para qué se hace— establecen las decisiones instrumentales que proporcionan la arquitectura de la solución.

Las decisiones instrumentales son operaciones de concreción del modelo en la solución al problema.

Todas las demás cuestiones son contextuales — color verde en las figuras III.1 y III.2, y en la tabla III.1— y provocan respuestas sobre las circunstancias de producción de la pipirrana, de la tableta digital o de la solución al problema.

Son las preguntas contextuales, que promueven las decisiones o factores contextuales bajo los cuales ocurre la realización de la solución: el tamaño de los trozos de pepino, el pinche, la hora, etcétera conforman el contexto de elaboración de la pipirrana, de la misma manera que el presupuesto, el personal de desarrollo y el cronograma forman parte del contexto de prototipado de la tableta digital.

Las preguntas contextuales —cuándo, cuánto, dónde, quién,...— establecen las decisiones contextuales de ocurrencia de la solución.

Las decisiones contextuales son operaciones de programación del proceso de realización de la solución.

De entre todas las decisiones que ha de tomar el ingeniero informático —correspondientemente el chef, el historiador, el abogado, el médico y cualquier profesional—, han surgido tres subconjuntos que son disjuntos entre sí.

Luego, tenemos una partición de las decisiones de resolución. Ello da pie para descomponer la elaboración de la pipirrana y el diseño de la tableta digital en tres etapas o subproblemas diferenciados:

- Modelo abstracto, encaminado a establecer la esencia de la tableta digital o de la pipirrana.
- Concreción instrumental, o particularización del sistema informático en tableta digital mediante el establecimiento de los aspectos que especializan el modelo en el problema: uso personal, tener microprocesador, pantalla, aplicaciones en la nube,...

Que resulte sabrosa, saludable, nutritiva, con tomate, pepino, aceite de oliva, etcétera es la particularización del modelo ensalada en nuestra pipirrana.

- Contexto de realización, esto es, de las circunstancias de producción. Para la tableta digital: prototipo con nivel 8 de madurez tecnológica, ingeniería hardware e ingeniería software, por menos de 50.000 € y hasta 700 gramos, etc. Otro contexto será el de su fabricación en serie.

La clasificación que ha resultado se debe exclusivamente a las preguntas —tabla III.1—, de manera que nada tiene que ver cuáles sean las respuestas que se obtienen ni cuál sea al problema objeto de resolución. Luego, esa clasificación es

universal y, basándonos en el teorema fundamental de las relaciones de equivalencia podemos establecer que:

Existe una sentencia que establece una relación de equivalencia en el conjunto de las preguntas resolutorias factuales —el conjunto de todas las preguntas excepción hecha de "por qué"—.

Para el conjunto de las respuestas que se obtienen al resolver un problema, el caso general corresponde a una taxonomía debido a que puede haber decisiones de resolución que se obtengan como respuesta a preguntas de distinta clase.

Por ejemplo, "tener precio bajo", que habitualmente responde a "cuánto cuesta", puede ser también respuesta a la pregunta "para qué es" si fuera el caso de estar interesados en producir objetos baratos.

La consecuencia metodológica de casos como este es que la restricción del precio repercute en los subproblemas instrumental y contextual los cuales, no solo no estarán diferenciados sino que su interfaz se complicará debido a esa interdependencia del precio.

Todavía cabe forzar postularmente la clasificación disjunta de las respuestas mediante el siguiente criterio:

Si un enunciado es respuesta a más de una pregunta de distinta clase —polivalencia—, se asigna solamente a la clase de una de las preguntas.

A los efectos clasificatorios para descomposición del problema en partes más sencillas, el criterio de selección de la clase beneficiaria de la respuesta es irrelevante. En cambio, esa selección podrá inspirarse en los objetivos de optimización que guíen globalmente a la resolución del problema —relevancia del autor de la respuesta, efecto en la solución, etc.—.

En el ejemplo de abaratar el producto, es intuitivo asignar la respuesta al subproblema instrumental pero, si el bajo coste está prescrito en el encargo, se convierte en uno de los objetivos del resultado —para qué—.

Ahora sí que rige el teorema fundamental de las relaciones de equivalencia para el conjunto de las decisiones resolutorias y establece que, para esa partición, existe una relación de equivalencia que clasifica estrictamente las decisiones de diseño en las tres clases mencionadas: modelo, instrumental y contexto.

La tabla III.2 y la figura III.3 muestran el esquema de formación de las clases respecto de las características del objeto que sirven de base a la clasificación.

El conjunto de las decisiones factuales queda particionado en tres clases de decisiones de resolución: modelares, instrumentales y contextuales.

El problema factual queda descompuesto en tres subproblemas, uno por cada clase de decisiones de resolución: subproblema modelo, subproblema instrumental y subproblema contextual. Ver las figuras III.3 y III.4.

Esa relación de equivalencia es "el alcance que tienen las decisiones de diseño". Para la demostración formal se puede consultar (Fernández, 2011).

Tabla III.2. Clasificación por la relación de inclusión entre la decisión resolutoria y el del objeto. Las clases son: modelar —color granate—, instrumental —caqui— y contextual —verde—.

características		efecto	clase
alcance de decisión resolutoria	suficiencia del conocimiento		
incluye a	solución problema	la respuesta incluye al objeto	modelar
incluida en	solución	la solución incluye al objeto	instrumental
incluida en	problema	la respuesta es externa al objeto	contextual

El alcance de una decisión factual de resolución de un problema empírico es el conjunto de subproblemas de ese problema sobre los que tiene repercusión esa decisión de resolución.

Dos decisiones de resolución sobre el mismo problema que repercutan en subproblemas distintos pero que pertenezcan a las mismas clases de subproblemas causales tienen el mismo alcance, esto es, el alcance está definido sobre las clases de subproblemas causales, que no sobre las instancias de los subproblemas causales.

Las decisiones modelares, además de sobre el modelo, tienen repercusión sobre el subproblema instrumental. Así, la pipirrana como ensalada, seguramente dará lugar a un plato exquisitamente presentado; en cambio, concibiéndola como alimento, puede acabar siendo quinoa con algo.

Ver la tableta digital como un sistema informático hace que su esencia sea la de los computadores personales, los móviles, los ordenadores de sobremesa y los portátiles. Sin embargo, como agenda, se parece a las llamadas "PDA" —siglas en inglés para Asistente Digital Personal— e incluso comparte rasgos con los entrenadores personales, los que se ocupan de la vigilancia del vigor y de las constantes vitales.

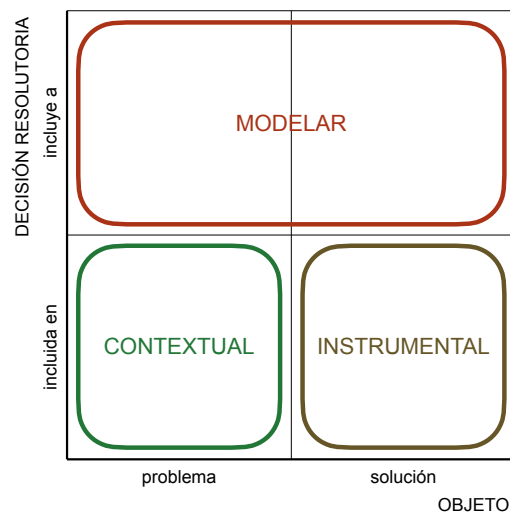


Figura III.3. Clasificación por la relación de inclusión entre la decisión resolutoria y el del objeto.

Las decisiones instrumentales tienen alcance sobre el subproblema instrumental solamente. El tamaño de pantalla de la tableta digital es particular de esa unidad y en nada afecta a las pantallas de los demás sistemas informáticos. Poner huevo hervido a nuestra pipirrana no es óbice para que otros acostumbren a poner bacalao.

Las decisiones contextuales, sobre las circunstancias de realización, repercuten en el subproblema contextual: el precio, el lugar de procedencia o la fecha de fabricación no están contenidos en la tableta digital ni en la pipirrana. De ahí se sigue la pertinencia de descomponer la receta de la pipirrana o el diseño de la tableta digital en las tres etapas mencionadas ya que conlleva descomponer la condición que establece el enunciado inicial en sendas subcondiciones que son independientes entre sí.

En cuanto a la solución, ya se aprecia —figura III.5— que adquiere una estructura de dos niveles:

- El núcleo modelar que resulta de resolver el subproblema modelo mediante un proceso de abstracción de las características que el problema comparte con los demás problemas de su familia. Ese núcleo modelar forma parte tanto de la solución al problema que lo motiva como también de la solución a los demás problemas de la familia. De ello se siguen corolarios como la

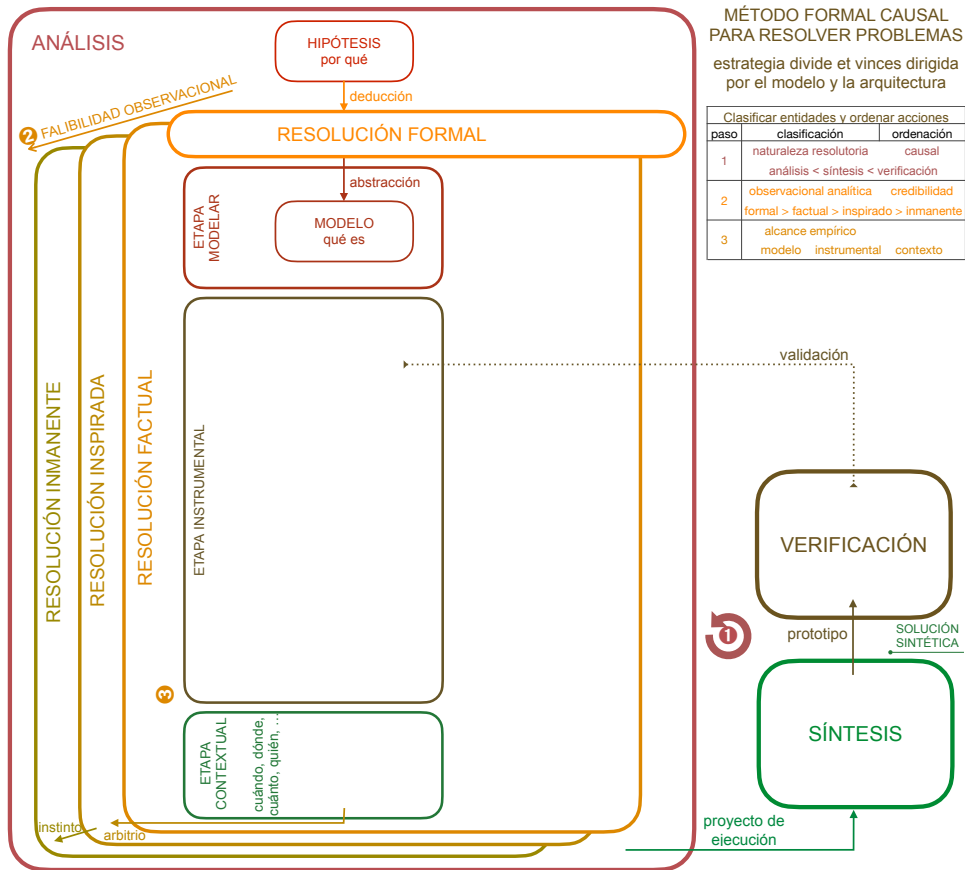


Figura III.4. Esquema de la descomposición analítica empírica divide et vincis orientada a modelo.

reutilización del modelo y la obtención de soluciones fácilmente escalables a otros casos parecidos y a futuras versiones del problema.

- La capa instrumental, a modo de corteza sobre el núcleo, que resulta de resolver el subproblema instrumental tomando como base el núcleo modelar para, mediante un proceso de concreción, especializar el modelo en la solución al problema.

La clasificación que produce el alcance de las decisiones factuales de resolución ha descompuesto la pipirrana en las entidades modelo culinuario —ensalada— y especialidad culinaria instrumental —pipirrana—.

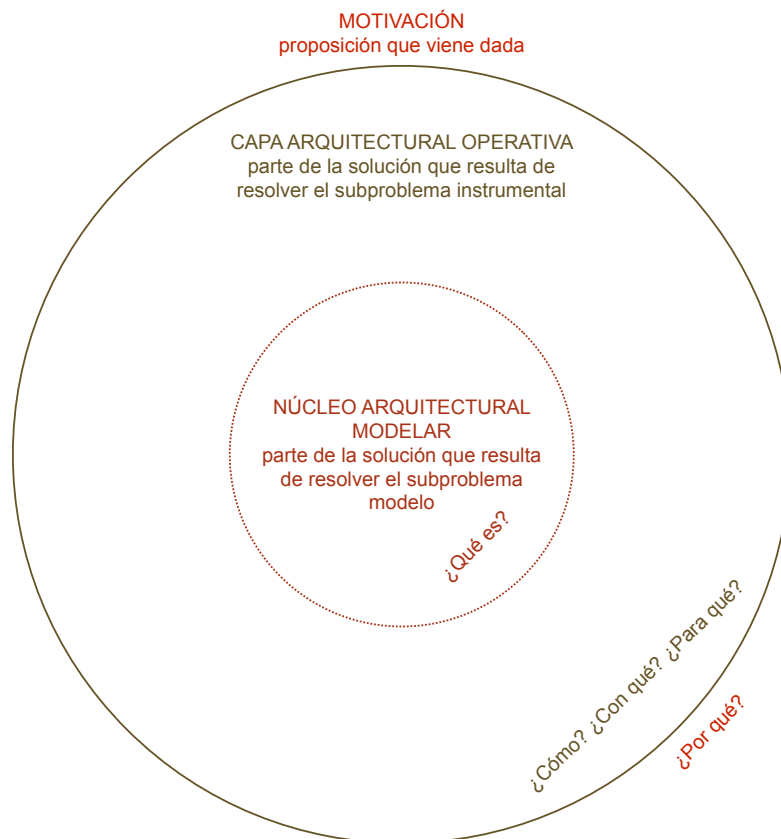


Figura III.5. Estructura básica de los dos niveles que proporciona la resolución causal de los problemas orientada a modelo: núcleo modelar y capa operativa.

La tableta digital también queda descompuesta en el modelo —sistema informático— y la versión específica para uso personal —tableta digital—.

La potencia de las decisiones empíricas

Mientras que el alcance de las decisiones empíricas de resolución se refiere a aspectos de su efectividad en el procedimiento resolutivo de los problemas mediante su descomposición en subproblemas, definimos ahora la potencia de una decisión empírica de resolución como un indicador del efecto de esa decisión sobre la solución.

La potencia de una decisión empírica de resolución de un problema es la cantidad de partes estructurales básicas —núcleo, corteza— sobre las que repercute esa decisión.

La potencia de las decisiones modelares es 2 ya que repercuten tanto en el núcleo como en la capa operativa. Decidir que la pipirrana es un alimento o una ensalada tiene repercusiones en que su naturaleza sea nutritiva o culinaria —repercusión en el núcleo modelar— y en que su composición esté orientada al valor energético o al organoléptico —repercusión en la capa instrumental—.

La potencia de las decisiones para resolver el subproblema instrumental es 1 ya que afectan solamente a la capa instrumental. Que la pipirrana lleve bacalao o no solamente repercute en la capa instrumental.

La potencia de las decisiones contextuales es 0 ya que no repercuten en el resultado sino que establecen las condiciones de realización de la solución.

La potencia de las decisiones empíricas de resolución está definida sobre el conjunto de los divisores enteros de 3 y por lo tanto establece un orden total estricto entre las tres etapas de resolución. Para la demostración formal se puede consultar (García, 2015), (Nieto, 2017) —ver la formalización en el [anexo I](#)—. Casos de uso se encuentran en (Méndez, 2015), (Nieto, 2015).

En consecuencia, la resolución del subproblema contextual tiene menos potencia que la resolución del subproblema instrumental, y la de este tiene menos que la del subproblema modelar.

El método de resolución de problemas empíricos orientado a modelo consistente en tomar las decisiones ordenadamente empezando por las abstractas y terminando por las contextuales constituye un método con coherencia formal causal que optimiza la potencia de resolución. Es decir, tiene eficacia óptima. Ver la figura III.6.

Los efectos prácticos son varios:

- La sucesión de etapas de resolución de cada subproblema, establece hitos para verificación parcial del proceso de resolución del problema.
- Debido a que la formalización prescinde de las particularidades de cada entidad o problema, la genericidad del método es implícita.
- Cabe la resolución recursiva para cada una de las etapas dado que cada una de ellas es, a su vez, un problema.

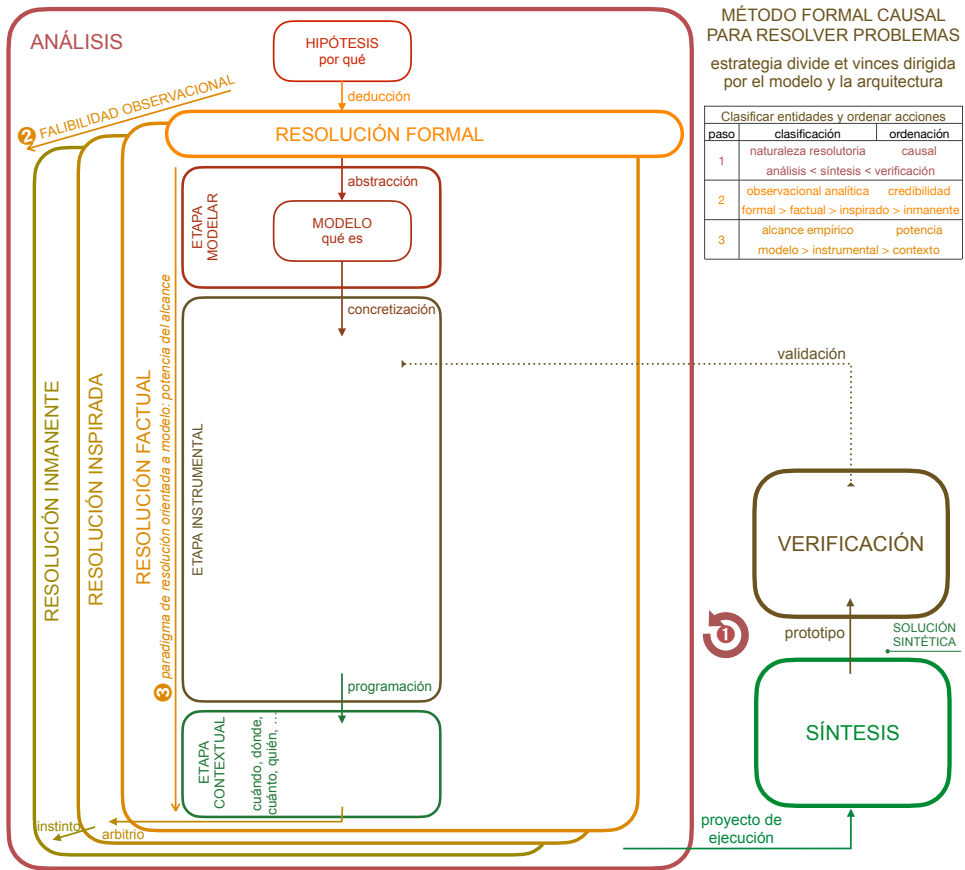


Figura III.6. Esquema del método analítico empírico divide et vincas orientado a modelo, que optimiza la potencia de las decisiones de diseño.

- La algoritmia resultante proporciona los fundamentos para el desarrollo de entornos digitales de diseño sistemático que sirvan de apoyo a la resolución formal de los problemas.
- La realización o desarrollo coherente de la solución consiste en sintetizar el resultado a partir de la solución obtenida mediante la resolución analítica.

Contexto → Instrumental → Modelo

Resolución orientada a modelo

Podemos concebir numerosos modelos para resolver un problema, tantos como familias del problema consideremos para enmarcar la solución. Unos modelos serán más extensos que otros, en el sentido de abarcar familias con mayor cantidad de problemas. Habrá familias que, a su vez, sean parte de familias más amplias y, por lo tanto, podrá haber modelos que sean problema o submodelo de otro modelo. Sin embargo, en el caso general, los modelos de un problema no serán comparables debido a la falta de relación entre ellos.

El principal beneficio de la resolución orientada a modelo es que la parte de la solución concerniente al subproblema modelo forma parte de la solución de cada uno de los problemas de la familia modelada. Es decir, tiene naturaleza arquitectural dada su capacidad para contribuir a la funcionalidad de numerosas soluciones. Ello explica la reutilizabilidad del conocimiento modelar, tanto en su enfoque extensional para todos los problemas emparentados, como intensionalmente en cuanto a las sucesivas generaciones —versiones— que un problema pueda presentar a lo largo del tiempo.

El llamado parecido de parentesco entre las personas de una misma familia ejemplifica muy bien que hermanos y primos compartan determinado modelo fisonómico, y que una de esas personas conserve inmutablemente algunos de sus rasgos aunque otros rasgos propios experimenten cambios con la edad.

Precusores de la resolución orientada a modelo los tenemos en la imprenta y en la cadena de fabricación. La imprenta estampa iterativamente los clones de una edición, o permite editar tiradas de distintos libros, o nuevas ediciones ampliadas o ediciones con distintas calidades. La cadena de fabricación produce tiradas en serie, o versiones personalizadas, o mejoradas, etc. Ambos casos son emblemáticos por la contundente repercusión que la resolución orientada a modelo ha tenido para el progreso de la humanidad.

El criterio de resolución orientada a modelo expresa el método habitual de la ciencia —una solución es un nuevo teorema, una fórmula que representa a la colección de instancias de problema que comparten el comportamiento y los factores—.

La consciencia de lo decisivo que es el criterio de abordar la resolución de los problemas con planteamiento modelar en el ámbito de la técnica, sin embargo, es reciente en su expresión generalizada. De hecho, viene a ponerse de manifiesto de forma explícita y con carácter general en el dominio de las TICC, inicialmente con la finalidad de reutilización de la tecnología software (Arcaini, 2011), (Raibulet, 2017), (Ruscio, 2017).

Lo verdaderamente novedoso de la utilización del criterio de resolución orientado a modelo en la ingeniería es la generalización de su uso.

La esencia metodológica de la imprenta estriba en haber concebido el libro como un elemento del modelo tangible que consiste en una encuadernación de páginas escritas y, complementando al modelo, la parte específica del texto de cada libro.

Al dividir el problema en esos dos subproblemas, es posible resolver por un lado la redacción y por otro la impresión y la encuadernación, que corresponde al modelo en este caso —otra posibilidad sobre el mismo modelo es recurrir a varios redactores o amanuenses que operen paralelamente para producir revistas o periódicos—.

La oración gramatical es un modelo para la comunicación oral y escrita. Cualquier cambio de predicado produce un enunciado —problema— de la familia que representa ese modelo de comunicación humana.

Los enunciados implícitos "pipirrana" y "tableta digital" identifican a sendas entidades como inmersas en la infinitud de enunciados habidos y por haber. La receta para elaborar la pipirrana y el proyecto de desarrollo de la tableta digital caracterizan a una y a otra en su especificidad frente a cualquier otro problema.

Entre el nivel de tener conciencia sobre las cosas —conocer— y el grado de conocimiento sobre su intimidad que se requiere para poder crearlas —saber hacer—, el proceso de contestar a las cuestiones resolutorias que media puede ser un problema de cualquier talla. El tránsito entre "conocer" y "saber hacer" puede plantearse haciendo escala en "saber" —conocer cómo—.

Así, la parte operacional de elaborar la pipirrana se aborda separadamente de lo relativo a su naturaleza y composición. En su caso, realizar el prototipo de la tableta digital —actividad operacional sintética— puede encargarse a ingenieros distintos de los que se ocupan del diseño —actividad proposicional analítica—. Esa estrategia intuitiva puede completarse con el conocido criterio de diseño orientado a modelo, separando lo esencial de lo instrumental.

El concepto que subyace es replantear el enunciado problema con auxilio de la referencia intermedia que constituye una familia de enunciados que son parecidos al problema: la ensalada o el alimento en el caso de la pipirrana y, respectivamente, el sistema informático o el asistente personal como potenciales referencias para la tableta digital.

Abstracción modelar

El criterio para decidir el modelo de referencia para la solución de un problema corresponderá que tenga en cuenta los motivos que justifican la resolución del problema.

El caso inmediato de decisión del modelo corresponde a la proposición ad hoc de un modelo ya establecido que satisfaga los motivos del problema.

Así, si el proponente de la pipirrana es el chef, previsiblemente optará por el paradigma culinario "ensalada" dado que su reto es elaborar la solución: mezcla de hortalizas troceadas y aderezadas al tiempo de servir.

El dietista, debido a que está comprometido con la salubridad, propondrá el siguiente modelo para la pipirrana: alimento hipocalórico rico en fibra vegetal.

Por su parte, siendo el maestro restaurador quien decide el modelo de la pipirrana, tal vez enunciará: plato frío sabroso, saludable, aromático, fresco y de bajo coste.

Los tres modelos propuestos existen con anterioridad a la proposición de nuestro problema sobre la ensalada. Tanto el lecho de hortalizas como el alimento hipocalórico como el plato frío han sido resueltos, digamos, por enunciación explícita de los rasgos familiares que comparten los individuos que componen la familia.

Esto no es sino que los modelos son abstracciones de los conjuntos de problemas que representan y que decidir cuál sea esa abstracción que produce al modelo proporciona el control sobre la familia. De ahí la opción de proponer modelo propio, lo cual es especialmente fructífero, por ejemplo, para que una empresa garantice la autonomía de su línea de producto.

La figura I.3 contiene una representación gráfica de numerosos problemas y de un modelo de algunos de esos problemas mediante la propuesta intuitiva de representar en el plano —papel, pantalla— a cada problema como una elipse que encierra al descriptor del problema. Dicho esquema conlleva que las elipses disminuirán progresivamente su tamaño hasta convertirse en puntos a medida que sean más numerosas las familias que representamos; que en la hoja de papel o en la pantalla podemos representar todos los problemas, incluso los no enunciados todavía; y que el largo y el ancho de la hoja simbolizan las propiedades que hacen a cada problema distinto de los demás —por eso, cada problema tiene su posición en la hoja—.

A partir de ahí, la relación entre un problema y sus modelos o, viceversa, de un modelo con sus problemas, es un asunto topológico que admitirá ser tratado bajo ese potente enfoque.

El problema de la demarcación de la ciencia, por extensión de las teorías y, en general modelar, se percibe topológicamente como de determinación de la frontera de la bola topológica que representa al modelo, la teoría o la ciencia en el espacio de representación del modelo —o de la teoría, o de la ciencia—. Alternativamente a la carga inductivista, verificacionista o falsacionista de la prueba de pertenencia al modelo de la nueva instancia de conocimiento, se abre la posibilidad de hacer recaer en la definición del modelo que su significado sea suficiente.

Mientras que el inductivismo o el falsacionismo avanzan en la demarcación por la vía de asumir de partida que la definición del modelo ignora determinar la frontera de este —teoría o ciencia— y que dicha frontera va siendo delimitada progresivamente mediante pruebas de inclusión de cada sentencia o instancia de problema, esta concepción topológica prescribe la opción de exigir al modelo que esté suficientemente definido.

En otras palabras, el problema de la demarcación es consecuencia de admitir significado insuficiente a los modelos, las teorías o las ciencias.

Cuando el paradigma gnoseológico es expansivo, es decir, va de menos a más, incorporando más conocimiento dentro de un modelo establecido para un conjunto dado de problemas, es cuando puede surgir el problema de la demarcación. Si el enfoque gnoseológico es compresivo, es decir, parte del conjunto completo de todos los problemas que abarca un modelo y se ocupa de explicar cada uno de esos problemas, no ha lugar tal problema de demarcación.

Independientemente del interés práctico del discurrir que han tenido los sistemas de conocimiento —esencialmente consistente en describir una ciencia por enumeración de las instancias de conocimiento que contiene—, hay motivos conceptuales para tratar de caracterizarlas abstractamente en términos de los dominios de existencia de sus características: cuanto más abstracto sea un modelo —mayor regularidad de su bola topológica—, más sencillo podrá ser verificar la pertenencia de un nuevo problema a la familia de problemas que el modelo representa.

Viceversa, el progreso kuhniano admite la interpretación de expansión de la bola topológica que representa a la vieja teoría para obtener la bola topológica de la nueva teoría mediante inclusión de las anomalías halladas a la teoría antigua.

Que un problema forme parte o no de cierta ciencia y pueda explicarse o no mediante determinada teoría, a todas luces, son hechos inherentes a ese

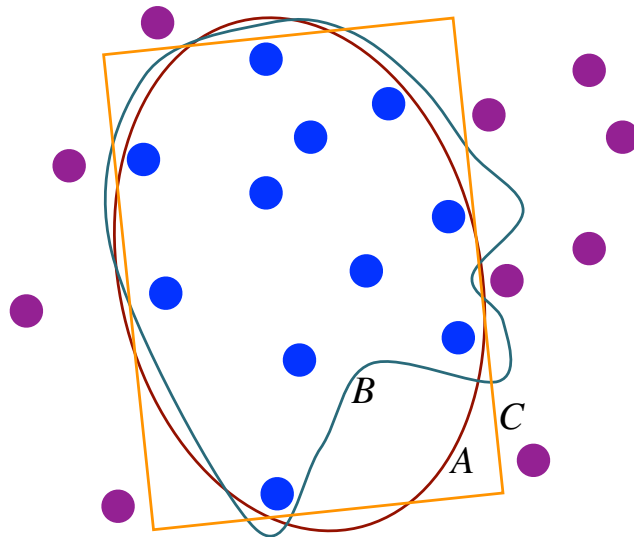


Figura III.7. Obtención de modelos para una familia de problemas —color azul— mediante separación topológica de los problemas externos al modelo —color violeta—.

problema, esa ciencia y esa teoría. En otras palabras, un problema de una ciencia no puede no ser de esa ciencia y la teoría que lo explicara no podría no explicarlo.

Así las cosas, la única posibilidad para los fallos de corroboración popperianos y para las anomalías kuhnianas es que sean falaces —asunción arbitraria preestablecida de que el problema en cuestión sí que es de esa ciencia o sí que lo explicaría esa teoría—.

Será, pues, que ni el fallo de corroboración ni la anomalía desacreditan a la ciencia o la teoría sino que determinan que el problema es externo a la ciencia o la teoría y evidencian la existencia de preconceptos erróneos.

Es así como el consabido "solo sé que no sé nada" socrático acrecienta su trascendencia gnoseológica y el proceso irónico reafirma su relevancia epistemológica.

El reto de concebir el modelo ensalada para la pipirrana, el jefe de cocina podrá acometerlo abarcando cualquier familia de platos que incluyan al mencionado. Como ese criterio puede desembocar en que consten como ensaladas platos

que, genuinamente, no queremos que sean considerados como tales —léase un cocido o un entrecot—, cabe la opción de etiquetar como pertenecientes al modelo ensalada a los miembros de la familia de la pipirrana y como externos a los problemas que no lo son del modelo. La figura III.7 representa esa situación y ejemplifica tres posibles modelos:

- La regularidad geométrica del modelo A, por admitir representación formal, es de especial interés para la resolución sistemática e incluso para automatizar algunas actividades.
- La frontera irregular del modelo B da cuenta de peculiaridades culinarias —tal vez por las especias o por el modo de elaboración e incluso de su presentación— que establecen matices sutiles entre platos que son ensalada y otros que no admitimos como tales —ensalada templada de pollo con hortalizas frente a salteado de pollo con verduras, por ejemplo—.
- El modelo C representa una decisión intermedia entre los otros dos.

El método general para crear un modelo requiere delimitar topológicamente a su familia de problemas, esto es, establecer una frontera. El proceder aplicado consiste en considerar a un conjunto de miembros de la familia que sea suficientemente representativo para identificar los rasgos familiares mediante un enunciado que será el del modelo:

- Proponer una colección de problemas ejemplo que pertenezcan al modelo. Diversificar los campos disciplinares de procedencia de los problemas favorece que el modelo resulte libre de sesgos subfamiliares —se trata de prevenir la confusión entre las características que sean de una disciplina y los rasgos comunes de los problemas ejemplo—.
- Complementariamente, cabe proponer otros problemas que sean externos al modelo con la finalidad de que sirvan como contraejemplos. Que los problemas tipo se ubiquen topológicamente en las inmediaciones de la frontera del modelo o que exista una franja de maniobra para la definición de la misma repercute notablemente en la sencillez con que pueda definirse el modelo.
- El modelo se obtiene mediante abstracción de los rasgos que comparten los ejemplos pertenecientes al mismo —ocasionalmente, que no comparten los contraejemplos—. Es decir, el modelo consiste en una sentencia que incluye a todos los ejemplos y excluye a los contraejemplos.

En términos más rigurosos, será un modelo de cada ejemplo y no lo será de ningún contraejemplo, cualquier enunciado que cumpla:

- Ser su conjunto de características todas o parte de las características que comparten los representantes de la familia de ejemplos.
- Estar su enunciado contenido en el enunciado de cada representante de la familia.

El modelo ensalada

Asumamos que los siguientes platos son representantes genuinos de lo que entendemos por ensalada:

- Pipirrana. Es una mezcla de trozos de tomate, cebolla, pimiento verde, pepino, ajo, comino, pan, aceite crudo de oliva y sal, sin añadir agua, que se sirve fría.
- Ensalada murciana. Es una mezcla de trozos de tomate, cebolla, conserva de atún, aceitunas, huevo hervido, aceite crudo de oliva, sal y vinagre, sin añadir agua, que se sirve fría.
- Ensalada César. Es una mezcla de trozos de lechuga, pan tostado, queso parmesano y salsa césar, sin añadir agua, que se sirve fría.
- Ensalada Waldorf. Es una mezcla de trozos de lechuga, apio, manzana, almendras, pasas y mayonesa, sin añadir agua, que se sirve fría.
- Tabulé. Es una mezcla de trozos de sémola, tomate, cebolla, aceitunas, perejil, menta, zumo de limón, aceite crudo de oliva y sal, sin añadir agua, que se sirve fría.
- Ensaladilla rusa. Es una mezcla de trozos de patata hervida, zanahoria hervida, conserva de atún, huevo hervido, aceitunas, pimiento morrón, mayonesa, sal y vinagre, sin añadir agua, que se sirve fría.
- Escalivada. Es una mezcla de trozos de berenjena, tomate, cebolla, ajo, pimiento verde, aceite crudo de oliva y sal, sin añadir agua, que se sirve fría.

Asumamos que no queremos considerar como ensalada a ninguno de los siguientes platos:

- Gazpacho. Es una mezcla triturada de tomate, pepino, pimiento, pan, ajo, aceite crudo de oliva, sal, vinagre y agua, que se sirve frío.
- Vichyssoise. Es una mezcla triturada de puerro, patata, cebolla, mantequilla, nata, aceite crudo de oliva, sal y agua, que se sirve fría.

- Cocido. Es un plato cocinado, mezcla de garbanzos, trozos de gallina, morcilla, zanahoria, tocino, repollo, ajo, patata, agua y sal, que se sirve caliente.
- Paella. Es un plato cocinado, mezcla de trozos de pollo, conejo, arroz, ajo, tomate frito, pimienta, aceite de oliva frito, azafrán, agua y sal, que se sirve caliente.
- Hervido de hortalizas. Es una mezcla de trozos de patata, judías verdes, zanahoria, cebolla, aceite de oliva y sal, sin añadir agua.
- Parrillada de hortalizas. Es una mezcla, que se sirve caliente, de trozos de calabacín, berenjena, pimienta, espárrago, cebolla, zanahoria, setas, aceite de oliva y sal, sin añadir agua.

El conjunto de las características, lo que hemos denominado dominio, que constan en el compendio de los problemas propuestos es el siguiente:

$$\delta = \{ \text{hortaliza, aceite, sal, agua, otros ingredientes, especias, temperatura} \}$$

El abanico de categorías o valores que puede tener cada característica es:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{hortaliza} = \{ \text{trozo, triturado} \} \\ \text{aceite} = \{ \text{crudo, frito, salsa, no} \} \\ \text{sal} = \{ \text{sí, no} \} \\ \text{agua} = \{ \text{sí, no} \} \\ \text{otros ingredientes} = \{ \text{sí, no} \} \\ \text{hortaliza} = \{ \text{sí, no} \} \\ \text{temperatura} = \{ \text{frío, caliente} \} \end{array} \right.$$

El modelo ensalada queda definido mediante el siguiente enunciado:

Ensalada es un plato frío compuesto por una mezcla de hortalizas troceadas y tal vez otros ingredientes, sazonado con aceite, sal y quizá otras especias, y sin agua.

Hemos asignado al descriptor ensalada —nombre implícito del modelo— el significado explícito siguiente:

El modelo ensalada es hortalizas de tamaño trozo y aceite crudo o salsa y sal y no agua y sí o no otros ingredientes y sí o no especias y temperatura fría.

La naturaleza de las hortalizas es una variable que no forma parte del modelo ensalada sino que serán las decisiones del problema instrumental las que esclarezcan este extremo.

Deliberadamente, la elaboración previa de las hortalizas tampoco forma parte de nuestro modelo de ensalada.

Tabla III.3. Definición del modelo ensalada mediante abstracción de las propiedades comunes a los ejemplos y exclusión de los contraejemplos.

propiedades	hortaliza	aceite	sal	agua	otros ingredientes	especias	temperatura
EJEMPLOS							
Pipirrana	trozo	crudo	sí	no	sí	sí	frío
Ensalada murciana	trozo	crudo	sí	no	sí	sí	frío
Ensalada César	trozo	salsa	sí	no	sí	sí	frío
Ensalada Waldorf	trozo	salsa	sí	no	sí	sí	frío
Tabulé	trozo	crudo	sí	no	sí	sí	frío
Ensaladilla rusa	trozo	salsa	sí	no	sí	sí	frío
Escalivada	trozo	crudo	sí	no	no	no	frío
ENSALADA	trozo	crudo / salsa	sí	no	sí / no	sí / no	frío
CONTRAEJEMPLOS							
Gazpacho	triturado	crudo	sí	sí	sí	sí	frío
Vichyssoise	triturado	frito	sí	sí	sí	sí	frío
Estofado	trozo	no	sí	sí	sí	sí	caliente
Paella	trozo	frito	sí	no	sí	sí	caliente
Hervido de hortalizas	trozo	crudo	sí	no	no	no	frío
Parrillada de hortalizas	trozo	crudo	sí	no	no	no	caliente

La tabla III.3 muestra la obtención del modelo ensalada mediante abstracción de las características que comparten todos los representantes de la familia, al tiempo que los contraejemplos quedan excluidos de la abstracción porque contravienen alguna de las propiedades del modelo.

En términos de la Lógica la definición toma la siguiente forma:

Ensalada es hortaliza a trozos y aceite crudo o salsa y sal y no agua e indiferente otros ingredientes o especias y temperatura fría.

Siendo el enunciado una expresión lógica de predicados de primer orden, admite una expresión aritmético-lógica equivalente. Por lo tanto, hemos encontrado un método para expresar el enunciado formalmente, esto es, una especificación funcional del modelo.

Otro modelo distinto a este pero muy parecido resultaría de ignorar el contenido de sal. Abarca a la misma familia de ensaladas y sería la opción para hipertensos o para quienes prefieren salar a su gusto —el contenido de sal no formaría parte del subproblema modelo sino del subproblema instrumental —ver la formalización en el [anexo J](#)—.

Modelo para el control de esclusas

Para establecer un modelo del control de los sistemas de esclusas, proponemos una colección de problemas, algunos de los cuales aparentan mucho parecido con el de las esclusas —transbordador, puente levadizo, etc.—, otros problemas que dudosamente podemos querer que sean del modelo —estrechamiento de vía, muelle de carga y descarga, etc.—, y otros que rotundamente consideraremos contraejemplos — atención por turno, puerta doble aislante, etc.

La dispersión de las disciplinas a las que pertenecen los problemas varía desde la técnica, propia de los sistemas de esclusas, hasta la biología, y desde el transporte hasta los utensilios tradicionales. Sea la siguiente colección de enunciados:

- Esclusas de compensación de diferencias de nivel de navegación: la compuerta del lado de nivel alto puede abrirse estando la esclusa llena y la compuerta del lado de nivel bajo puede abrirse estando la esclusa vacía.
- Puerta doble con cámara intermedia para acceso a recintos protegidos: la puerta exterior, respectivamente interior, puede abrirse estando cerrada la puerta de interior, respectivamente exterior, y la cámara con gente saliendo, respectivamente entrando, o vacía.
- Muelle de trasiego de ganado: la compuerta del muelle, respectivamente del vehículo, puede abrirse estando cerrada la compuerta del vehículo, respectivamente del muelle, y la cámara con ganado para descargar, respectivamente cargar, o vacía.
- Canal de conexión punto a punto: tal vez entre un computador personal y un servidor, cada uno con buffer único de entrada y salida, de manera que el puerto del computador personal, respectivamente del servidor, puede abrirse estando cerrado el puerto del servidor, respectivamente del computador personal.

- Estrechamiento de vía de dos sentidos: solamente pueden atravesar el estrechamiento en cada momento los vehículos que circulan en un mismo sentido.
- Cruce múltiple de vías: solamente pueden atravesar el cruce en cada momento los vehículos de una misma vía.
- Puente Bizkaia: el acceso a la barquilla transbordadora solo puede habilitarse para la ladera que tenga la plataforma anclada.
- Doble puerta para control climático de edificios: la apertura y el cierre de las puertas es totalmente asíncrono.
- Circulación por tramo de vía bidireccional: circulación independiente por cada vía.
- Atención por turno: el turno es establecido por el expendedor.
- Un botijo: se puede beber mientras el botijo contiene agua y se puede rellenar habiendo espacio pero no se puede rellenar y beber simultáneamente.
- El corazón de los mamíferos: la sangre entra al corazón o fluye del mismo alternadamente.
- Transbordador: la plataforma transbordadora va y viene de una orilla a la otra.
- Puente levadizo: habilita el transporte fluvial o el terrestre pero no ambos a la vez.

La tabla III.4 describe los problemas en términos de sus características y la figura III.8 realza cualitativamente el parecido entre problemas.

La selección que hagamos de los problemas que forman parte de la familia del problema del control de esclusas define el modelo para su resolución.

El conjunto de las características que vamos a tener en cuenta en el compendio de los problemas propuestos para obtener el modelo es el siguiente:

$$\delta = \{\text{modo A, modo B, capacidad, explotación, sentido, secuencia}\}$$

El abanico de categorías que puede tener cada característica es:

$$\left\{ \begin{array}{l} \{\text{modo A} = \{\text{llenado, entrada, carga, emisión, ida, abierto,} \\ \text{entrada y salida, ida y vuelta, expedición}\} \\ \{\text{modo B} = \{\text{vaciado, salida, descarga, recepción, vuelta,} \\ \text{cerrado, entrada y salida, ida y vuelta, nada}\} \\ \{\text{capacidad}\} = \{\text{múltiple, simple}\} \\ \{\text{explotación}\} = \{\text{excluyente, paralela}\} \\ \{\text{sentido}\} = \{\text{bidireccional, multidireccional, unidireccional}\} \\ \{\text{secuencia}\} = \{\text{alterna, aleatoria, simultánea, serie}\} \end{array} \right.$$

Tabla III.4. Descripción de los problemas mediante sus características.

propiedades	modo A	modo B	capacidad	explotación	sentido	secuencia
Esclusa	llenado	vaciado	múltiple	excluyente	bidireccional	alterna
Puerta doble seguridad	entrada	salida	múltiple	excluyente	bidireccional	aleatoria
Muelle	carga	descarga	múltiple	excluyente	bidireccional	aleatoria
Conexión punto a punto	emisión	recepción	múltiple	excluyente	bidireccional	aleatoria
Estrechamiento de vía	ida	vuelta	múltiple	excluyente	bidireccional	aleatoria
Cruce múltiple	ida	vuelta	múltiple	excluyente	multidireccional	aleatoria
Puente Bizkaia	ida	vuelta	múltiple	excluyente	bidireccional	alterna
Puerta doble aislante	entrada y salida	entrada y salida	múltiple	paralela	bidireccional	simultánea
Circulación bidireccional	ida y vuelta	ida y vuelta	múltiple	paralela	bidireccional	simultánea
Turno	expedición	nada	simple	excluyente	unidireccional	serie
Botijo	llenado	vaciado	múltiple	excluyente	unidireccional	aleatoria
Corazón	llenado	vaciado	simple	excluyente	unidireccional	serie
Transbordador	ida	vuelta	múltiple	excluyente	bidireccional	alterna
Puente levadizo	abierto	cerrado	múltiple	excluyente	bidireccional	alterna

Las tablas III.5, III.6 y III.7 muestran, respectivamente, selecciones de familias que dan lugar a sendos modelos.

Las figuras III.9, III.10 y III.11 recrean las correspondientes figuraciones cualitativas de la topología relativa que representa a cada uno de los tres modelos.

La tabla III.5 y la figura III.9 abarcan a un número considerable de representantes familiares, algunos de ellos notoriamente alejados del control de las esclusas, por antonomasia el corazón o el botijo.

Los modelos que resultan son los de gestión de la sección crítica de procesos, familia de problemas tan bien conocido por los ingenieros de control y por los informáticos.

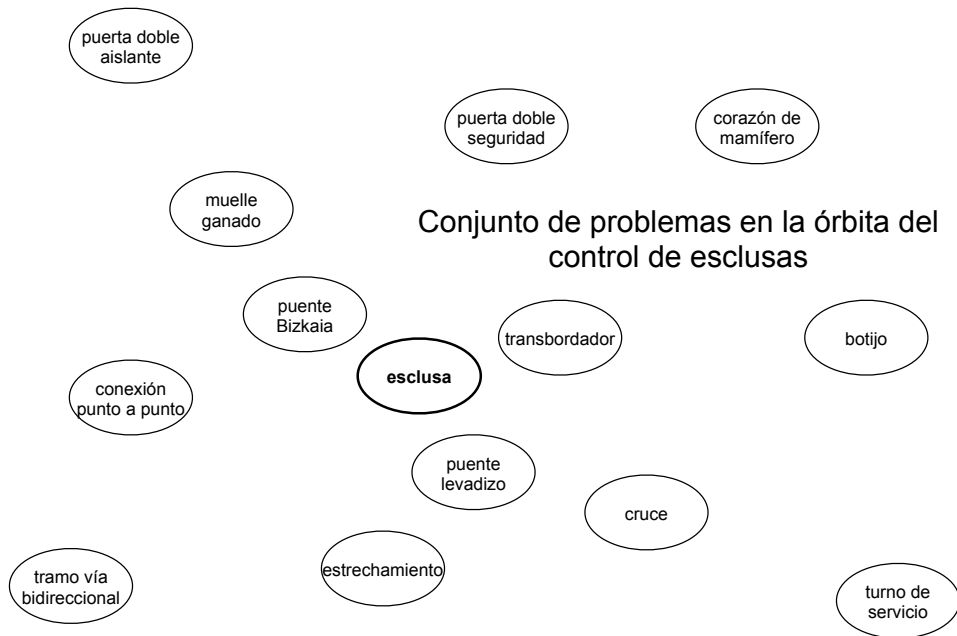


Figura III.8. *Recreación topológica ficticia del parentesco de los problemas.*

La particularidad en este caso es que el recurso crítico que, debido a su comportamiento, puede ser utilizado solo de manera mutuamente excluyente, tiene dos modos de funcionamiento —llenado y vaciado de la esclusa, del botijo o del corazón, así como la ida y vuelta por las vías de circulación, etc.—.

El motivo de que hayamos considerado los casos corazón y botijo del mismo modelo que el control de las esclusas es llamar la atención sobre la enorme flexibilidad que proporciona la resolución orientada a modelo.

Sin embargo, forzar la coexistencia bajo el mismo modelo de la alternancia entre el llenado y el vaciado de la esclusa, con la aleatoriedad de beber o llenar el botijo y con el rigor secuencial de la unidireccionalidad del flujo sanguíneo, constituye una abstracción de intensidad elevada y, en consecuencia, los rasgos del control de las esclusas serán poco reconocibles en la fisonomía familiar de la exclusión mutua serie de recursos bimodales.

Como caso general, el modelo es "el problema de la exclusión mutua", es decir, los protocolos de solicitud y liberación que ejecutan los procesos para utilizar los recursos que son críticos —de los que solamente existe una instancia—.

A modo de consideración general, para describir en lenguaje natural o formalmente un modelo que englobe a los ejemplos y excluya a los contraejemplos, es relevante evitar recurrir a las características estructurales —cómo— y prescindir de los ingredientes —con qué— porque implícitamente conllevan propuestas concretizadoras de la solución, lo cual es claramente inconveniente.

La especificación "recinto de dos puertas accionadas por pulsadores de manera

Tabla III.5. Ejemplos y contraejemplos para definir el modelo de explotación en exclusión mutua serie de un recurso bimodal.

propiedades	modo A	modo B	capacidad	explotación	sentido	secuencia
EJEMPLOS						
Esclusa	llenado	vaciado	múltiple	excluyente	bidireccional	alterna
Puerta doble seguridad	entrada	salida	múltiple	excluyente	bidireccional	aleatoria
Muelle	carga	descarga	múltiple	excluyente	bidireccional	aleatoria
Conexión punto a punto	emisión	recepción	múltiple	excluyente	bidireccional	aleatoria
Estrechamiento de vía	ida	vuelta	múltiple	excluyente	bidireccional	aleatoria
Cruce múltiple	ida	vuelta	múltiple	excluyente	multidireccional	aleatoria
Puente Bizkaia	ida	vuelta	múltiple	excluyente	bidireccional	alterna
Botijo	llenado	vaciado	múltiple	excluyente	unidireccional	aleatoria
Corazón	llenado	vaciado	simple	excluyente	unidireccional	serie
Transbordador	ida	vuelta	múltiple	excluyente	bidireccional	alterna
Puente levadizo	abierto	cerrado	múltiple	excluyente	bidireccional	alterna
SERIE	sencillo	sencillo	indistinta	excluyente	indistinto	serie
CONTRAEJEMPLOS						
Puerta doble aislante	entrada y salida	entrada y salida	múltiple	paralela	bidireccional	simultánea
Circulación bidireccional	ida y vuelta	ida y vuelta	múltiple	paralela	bidireccional	simultánea
Turno	expedición	nada	simple	excluyente	unidireccional	serie

que puede estar abierta una puerta o la otra pero no ambas simultáneamente" restringe el abanico de soluciones a las que consisten en puertas —excluye soluciones basadas en paneles informativos, en indicadores o en personal realizando funciones de portería—, con accionamiento mediante pulsadores —excluye, así mismo, la posibilidad de gobernar el funcionamiento mediante detección automática de presencia, etc.—.

Lo adecuado para definir el modelo es describirlo en términos de la funcionalidad que se persigue, de la capacidad operativa que ha de proporcionar —para qué—: "control de acceso concurrente en uno de dos modos de operación —entrar y salir— y mutuamente excluyente entre ambos modos.

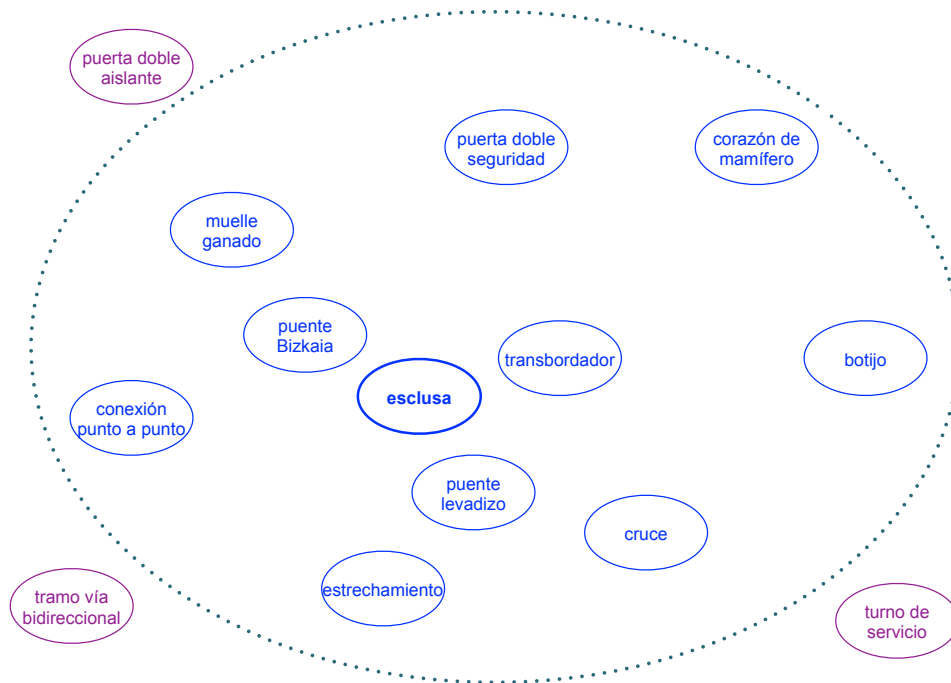


Figura III.9. *Recreación topológica ficticia del modelo de explotación en exclusión mutua serie de un recurso bimodal.*

Hecha esa recomendación, lo contrario puede ser igualmente pertinente para fines constructivistas. Así, un modelo para las oraciones gramaticales en lengua española podría consistir en su estructura y organización. Lo mismo puede decirse sobre la modelización de la gama de objetos de una firma comercial.

Las tablas III.5, III.6 y III.7 proporcionan sendas representaciones explícitas de los modelos que hemos definido para el problema del control de esclusas. Debido a la técnica constructiva que hemos seguido para dichas definiciones, es inmediato expresar implícitamente, con formato de una ecuación, esas mismas definiciones —ver la formalización en el [anexo K](#)—.

El modelo de la tabla III.5, de explotación en exclusión mutua serie de un recurso bimodal —EMS— o simplemente, explotación en exclusión mutua, queda definido mediante la siguiente expresión lógica:

El modelo de explotación en exclusión mutua serie de un recurso bimodal tiene dos modos de operación sencillos y explotación excluyente entre los modos y secuencia serie, aleatoria o alterna entre ambos modos.

El modelo de la tabla III.6, de explotación en exclusión mutua aleatoria o estocástica de un recurso bimodal —EME— queda definido mediante la siguiente expresión lógica:

El modelo de explotación en exclusión mutua aleatoria de un recurso bimodal tiene dos modos de operación sencillos y capacidad múltiple en cada modo y explotación excluyente entre los modos y sentido multidireccional y secuencia alterna o aleatoria entre ambos modos.

Tabla III.6. Ejemplos y contraejemplos para definir el modelo de explotación en exclusión mutua aleatoria de un recurso bimodal.

propiedades	modo A	modo B	capacidad	explotación	sentido	secuencia
EJEMPLOS						
Esclusa	llenado	vaciado	múltiple	excluyente	bidireccional	alterna
Puerta doble seguridad	entrada	salida	múltiple	excluyente	bidireccional	aleatoria
Muelle	carga	descarga	múltiple	excluyente	bidireccional	aleatoria
Conexión punto a punto	emisión	recepción	múltiple	excluyente	bidireccional	aleatoria
Estrechamiento de vía	ida	vuelta	múltiple	excluyente	bidireccional	aleatoria
Cruce múltiple	ida	vuelta	múltiple	excluyente	multidireccional	aleatoria
Puente Bizkaia	ida	vuelta	múltiple	excluyente	bidireccional	alterna
Transbordador	ida	vuelta	múltiple	excluyente	bidireccional	alterna
Puente levadizo	abierto	cerrado	múltiple	excluyente	bidireccional	alterna
ALEATORIA	sencillo	sencillo	múltiple	excluyente	multidirecc.	alterna o aleatoria
CONTRAEJEMPLOS						
Puerta doble aislante	entrada y salida	entrada y salida	múltiple	paralela	bidireccional	simultánea
Circulación bidireccional	ida y vuelta	ida y vuelta	múltiple	paralela	bidireccional	simultánea
Turno	expedición	nada	simple	excluyente	unidireccional	serie
Botijo	llenado	vaciado	múltiple	excluyente	unidireccional	aleatoria
Corazón	llenado	vaciado	simple	excluyente	unidireccional	serie

Este modelo proporciona un buen marco para proteger a los hermanos Babá de los ladrones mientras permanecen en el interior de la cueva. Se trata de asimilar la cueva del tesoro a la sección crítica y de utilizar los controles mágicos —ábrete sésamo y ciérrate sésamo— para entrar y salir de la cueva —para elaborar los protocolos de acceso y de abandono de la sección crítica—.

El modelo de la tabla III.7, de explotación en exclusión mutua alternada de un recurso bimodal —EMA— queda definido mediante la siguiente expresión lógica:

El modelo de explotación en exclusión mutua alternada de un recurso bimodal tiene dos modos de operación sencillos y capacidad múltiple en cada modo y explotación excluyente entre los modos y sentido bidireccional y secuencia alterna entre ambos modos.

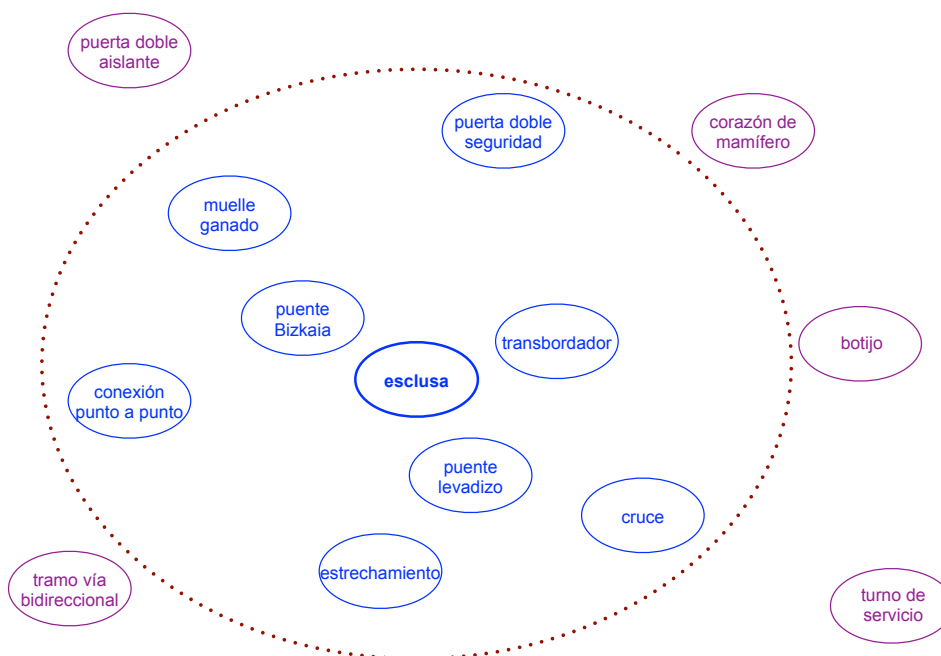


Figura III.10. *Recreación topológica ficticia del modelo de explotación en exclusión mutua aleatoria de un recurso bimodal.*

Relación modelos - problemas - soluciones

Entre las conclusiones que podemos extraer del ejemplo de obtención de modelos para el problema del control de esclusas, centramos ahora la atención en las relaciones entre los modelos y sus problemas.

El modelo EMS de explotación en exclusión mutua serie de un recurso bimodal, representado en la figura III.9, admite las siguientes interpretaciones:

- EMS es una abstracción del problema del control de esclusas y de cada problema del conjunto que constituye la familia cuyos miembros describe la tabla III.5.
- EMS es un problema que cumple la condición de ser un subproblema del problema del control de esclusas —el significado del enunciado de EMS es más abstracto que el significado del enunciado del control de esclusas y, por lo tanto, el significado de EMS es parte del significado del control de esclusas —justamente la parte de significado que comparte con los demás problemas de la misma familia.

- EMS forma parte del conjunto de abstracciones —modelos— del problema del control de esclusas.

Lo mismo para el modelo EME de explotación en exclusión mutua aleatoria de un recurso bimodal, representado en la figura III.10 y para el modelo EMA de explotación en exclusión mutua alternada, representado en la figura III.11.

A su vez, entre los tres modelos existe una relación de inclusión porque así lo

Tabla III.7. Ejemplos y contraejemplos para definir el modelo de explotación en exclusión mutua alternada de un recurso bimodal.

propiedades	modo A	modo B	capacidad	explotación	sentido	secuencia
EJEMPLOS						
Esclusa	llenado	vaciado	múltiple	excluyente	bidireccional	alterna
Puente Bizkaia	ida	vuelta	múltiple	excluyente	bidireccional	alterna
Transbordador	ida	vuelta	múltiple	excluyente	bidireccional	alterna
Puente levadizo	abierto	cerrado	múltiple	excluyente	bidireccional	alterna
ALTERNANCIA	sencillo	sencillo	múltiple	excluyente	bidireccional	alterna
CONTRAEJEMPLOS						
Puerta doble seguridad	entrada	salida	múltiple	excluyente	bidireccional	aleatoria
Muelle	carga	descarga	múltiple	excluyente	bidireccional	aleatoria
Conexión punto a punto	emisión	recepción	múltiple	excluyente	bidireccional	aleatoria
Estrechamiento de vía	ida	vuelta	múltiple	excluyente	bidireccional	aleatoria
Cruce múltiple	ida	vuelta	múltiple	excluyente	multidireccional	aleatoria
Puerta doble aislante	entrada y salida	entrada y salida	múltiple	paralela	bidireccional	simultánea
Circulación bidireccional	ida y vuelta	ida y vuelta	múltiple	paralela	bidireccional	simultánea
Turno	expedición	nada	simple	excluyente	unidireccional	serie
Botijo	llenado	vaciado	múltiple	excluyente	unidireccional	aleatoria
Corazón	llenado	vaciado	simple	excluyente	unidireccional	serie

hemos decidido al definirlos: el modelo EMS —figura III.9— abstrae al modelo EME —figura III.10—, y este al modelo EMA —figura III.11—. Ver figura III.12.

$$\text{EMA} \subseteq \text{EME} \subseteq \text{EMS}$$

Vistos como problemas, la exclusión mutua alternada es un subproblema del problema de la exclusión mutua estocástica, esta lo es de la exclusión mutua serie, la cual es un subproblema del control de esclusas. La relación, ahora es de pertenencia:

$$\text{EMA} \in \text{EME} \in \text{EMS} \in \text{esclusas}$$

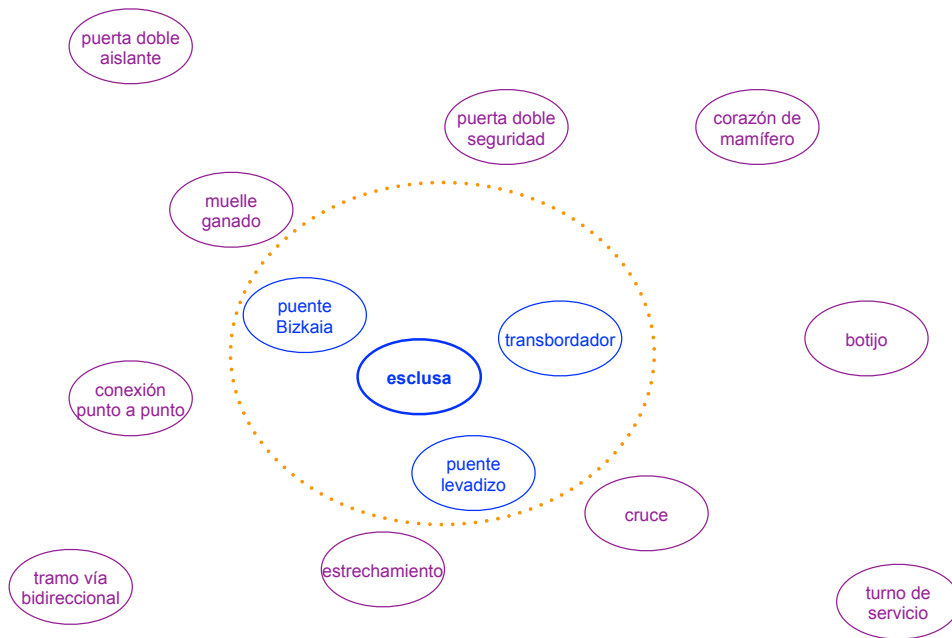


Figura III.11. *Recreación topológica ficticia del modelo de explotación en exclusión mutua alternada de un recurso bimodal.*

Otros modelos del mismo problema podrán entre ellos estar no relacionados inclusivamente, como muestra la figura III.7 si consideramos los problemas no representados explícitamente por los puntos que median entre la regiones modelares.

Intensificando la abstracción del significado de los enunciados, podemos concebir para un problema, modelos sucesivamente más generales —que abstraigan a familias cada vez más numerosas de problemas—. En el límite, todos los problemas del Universo podrán contener en su significado a un modelo común que será, por tanto, el modelo universal. Ver [anexo A](#).

La relajación práctica del concepto de universalidad concretándola en conjuntos extensos de problemas, probablemente con parentesco disciplinar, deviene en abstracciones modelares sobre las cuales cabe concretar el significado de los problemas que abarcan y, por ende, formar parte de la solución de los mismos e incluso constituirse en punto de partida de las resoluciones (Morin, 2003).

Una teoría es un modelo de una familia extensa de problemas.

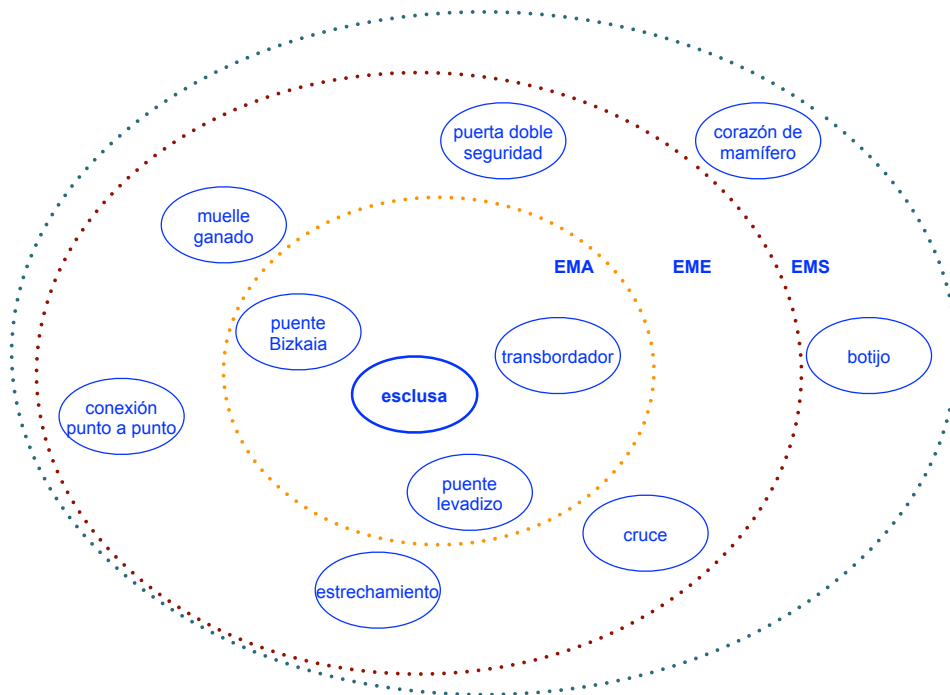


Figura III.12. Recreación topológica de las relaciones entre los tres modelos de exclusión mutua: la exclusión mutua alternada es un problema de la familia de la exclusión mutua estocástica y esta lo es de la exclusión mutua serie o general.

El cuerpo de una teoría es la familia de problemas que puede contribuir a resolver o explicar. La mecánica newtoniana, la gramática de la lengua española y el derecho romano son teorías de familias muy extensas de problemas —cuerpos de conocimiento— que no están emparentadas entre sí. La legislación sobre la gestión de los recursos hídricos de un territorio es una teoría de parte de la gravitación y de parte del derecho. El genitivo es un modelo que no forma parte de la gramática española. La mecánica de Lorentz incluye a la de Newton.

Aunque la relación entre un modelo y los problemas de la familia que abstrae, como venimos remarcando, es de ser el modelo subproblema, quizá debido a la representación gráfica de las recreaciones topológicas de dicha relación, está extendida la concepción extensiva de que el modelo resuelve a todos los problemas de la familia, en clara confusión con que la solución del modelo es parte de la solución de cada problema de la familia.

Mucho del progreso del conocimiento consiste en la reducción de la familia de problemas de un modelo —cuerpo de una teoría— como subfamilia o parte de la

familia de problemas de otro modelo más abstracto que el anterior —respectivamente, como parte del cuerpo de conocimiento de otra teoría más abstracta que la primera. Ahora bien, esto puede ocurrir de forma espontánea, abstrayendo el nuevo modelo más general a partir de modelos preexistentes y de problemas externos a estos —anomalías de los modelos anteriores— o controladamente, dando lugar a estrategias de generalización de modelos —nuevas teorías con cuerpo de conocimiento compuesto por mayor cantidad de problemas.

Capítulo IV

Instrumentación

El modelo que define la esencia de la solución constituye una expresión abstracta de dicha solución que da cuenta de la parte de los aspectos concernientes a la naturaleza de esta. Sobre la naturaleza que establece el modelo surge la utilidad que tiene la solución y su composición —conocimiento del nivel de conocer cómo o saber— y, así mismo, los aspectos contextuales del nivel de saber hacer.

La concreción de la solución a partir de su modelo abstracto requiere desentrañar tanto su composición como las características mediante las cuales se expresa en los fenómenos que hacen posible su observabilidad. Es lo que hemos llamado subproblema instrumental del subproblema factual del subproblema analítico del problema.

Las decisiones instrumentales

Las decisiones instrumentales son las que se encuentran respondiendo a las preguntas instrumentales de la tabla IV.1, esto es: "para qué hacer", "con qué hacer" y "cómo hacer".

Esas respuestas dan cuenta de cuáles son los elementos constituyentes de la solución, así como de los componentes que la conforman y de la capacidad que dicha solución tiene para intervenir en fenómenos interaccionando con otras entidades. Son los aspectos de "tecnología", "organización estructural" y "funcionalidad potencial" que se reconocen en los ingenios.

Las respuestas a "con qué" crear el conocimiento son las que establecen la constitución y, por tanto, proporcionan las decisiones para resolver la parte del problema que atañe al nivel de los elementos nominales —ingredientes— de la solución.

Las respuestas a "cómo" crear el conocimiento abarca los aspectos de estructura, lo que viene a corresponder a las decisiones sobre la composición de la solución a partir de los elementos nominales: definición de los módulos, relación entre las partes, etc.

Responder a "para qué" sirve la solución establece los aspectos funcionales, los de las prestaciones u operatividad fenomenológica. Obviamente, este último es el nivel más global de las decisiones de resolución y, como tal, corresponde

esencialmente al cumplimiento de los requisitos que ha de satisfacer la solución para ser concordante con el enunciado del problema.

Los componentes, las partes y la utilidad aparecen, pues, como clasificación intuitiva de los factores esenciales que intervienen en la creación de

Tabla IV.1. Ejemplos —elaborar una pipirrana, diseñar una tableta digital y resolver un problema— de la partición de las decisiones instrumentales. Las clases son: arquitectura, tecnología y estructura.

Cuestión	Respuestas			Característica	Clase
	PIPIRRANA	TABLETA DIGITAL	RESOLVER PROBLEMA		
para qué es	sabrosa, saludable, nutritiva,...	uso personal	conocer solución	capacidad funcional	A
con qué se hace	tomate, pepino, aceite de oliva,...	microprocesador, pantalla, proxy,...	con elementos nominales	ingredientes	T
cómo	un lecho de hortalizas aliñadas	procesador de interfaz, nube app	componiendo su significado	módulos	E

conocimiento.

La capacidad expresiva de la clasificación facilita, a su vez, la caracterización de la naturaleza de las magnitudes arquitecturales como: tecnológicas, estructurales y operacionales. Así, exactitud, fidelidad, precisión, efectividad, eficacia, eficiencia, productividad, calidad de servicio, rendimiento, coste, rentabilidad, etcétera, al ser medidas del ámbito del "para qué", en efecto, son los parámetros de valoración de las prestaciones de las soluciones, de su capacidad funcional, esto es, de la arquitectura de la solución.

Por su lado, portabilidad, escalabilidad, modularidad, configurabilidad, reutilizabilidad, etcétera, son medidas que corresponden al dominio del "cómo" y se clasifican entre las magnitudes de la estructura de las soluciones.

Finalmente, las características de los constituyentes, fonemas, sintagmas, circuitos, programas informáticos, sistemas, etcétera, son medidas del mundo de las sustancias o la tecnología de los objetos o, lo que es lo mismo, del "con qué".

Naturaleza de las decisiones instrumentales

En la identificación de criterios para utilizar iterativamente la técnica "divide et vinces" hasta transformar el problema de partida en una colección de subproblemas suficientemente sencillos, las decisiones instrumentales, como hemos apuntado, admiten su clasificación en términos de las características que adquiere la solución debido a esa decisión instrumental.

Las características relacionadas con la tecnología, habitualmente, no sólo no se perciben como característica de la solución sino que, son ocultadas por la utilidad de la misma y los efectos de los ingredientes se manifiestan a través de esa utilidad.

Son los componentes identificables como conocimiento con valor de saber, las características que, en los fenómenos externos, interaccionan de manera interpuesta mediante su participación con otros elementos en la composición de las partes que integran la solución. Los átomos de carbono distribuidos tetraédricamente se exhiben diamantinos, mientras que en su organización hexagonal son grafito o grafeno.

La red atómica constituye la estructura que, en las interacciones fenomenológicas externas, exhibe el comportamiento de la solución. El comportamiento físico —mecánico, óptico, térmico, etc.— de la red carbónica tetraédrica es notoriamente distinto del que exhibe la red hexagonal ante las mismas excitaciones.

Unos objetos de carbono pueden interaccionar como diamantes y otros como grafito mostrando prestaciones en cada fenómeno que forman parte de la capacidad que los objetos tienen por razón de la organización estructural de sus componentes.

Lo anterior, corresponde al criterio sintético de concebir la arquitectura a partir de los componentes mediante las partes estructurales.

Bajo el enfoque analítico de caja negra, la idea es que los requisitos o el comportamiento fenomenológico constituyen la finalidad de la solución y que la decisión sobre los ingredientes queda subordinada a los primeros; como es el caso de la similitud entre el comportamiento óptico del carbono organizado tetraédricamente y los cristales de óxido de circonio.

La funcionalidad de la solución a un problema es el comportamiento de la misma en sus interacciones externas con otras entidades, esto es, bajo el enfoque de caja negra.

Desde el punto de vista interno de la solución, las interacciones entre los constituyentes dentro de los componentes estructurales, proporciona la capacidad de la solución para interactuar con otras entidades, es decir, para causar la funcionalidad.

Arquitectura de una solución es la capacidad que esta tiene para interactuar en fenómenos externos —con otras entidades— debido a los fenómenos internos de su estructura —interacciones entre las partes que componen la solución—.

La sentencia "naturaleza instrumental" de una decisión de resolución define la

Tabla IV.2. Clasificación por la complejidad fenomenológica de las decisiones resolutorias. Las clases son: arquitectura, tecnología y estructura.

características		efecto	clase
fenomenología	complejidad		
externa	simple compuesto	interacción externa	arquitectura
interna	simple	interacción interna	tecnología
interna	compuesto	interacción interna y externa	estructura

referida relación de equivalencia entre las decisiones instrumentales de resolución de los problemas. Ver las tablas IV.1 y IV.2.

La naturaleza de una decisión instrumental de resolución de un problema es la calidad de la solución que emana de esa decisión.

Análogamente a lo expresado para el caso de las decisiones factuales en general, si una decisión instrumental admite ser considerada indistintamente como perteneciente a más de una clase, habrá de tomarse la decisión por definición de asignarlo a una de ellas.

Por ejemplo, una decisión genuinamente intrínseca, como el tipo de tecnología electrónica integrada que deba constituir determinado dispositivo, puede convenir definirla como decisión arquitectural si la tecnología soporte es una del diseño que estaba establecida de antemano.

La funda de un objeto de mano es un factor típicamente perteneciente al dominio de la estructura de ese objeto pero procede considerarlo como un factor de la funcionalidad si lo que se quiere diseñar es la "iPad Smart Cover".

El teorema fundamental de las relaciones de equivalencia para el conjunto de las decisiones instrumentales establece que, para esa partición, existe una relación

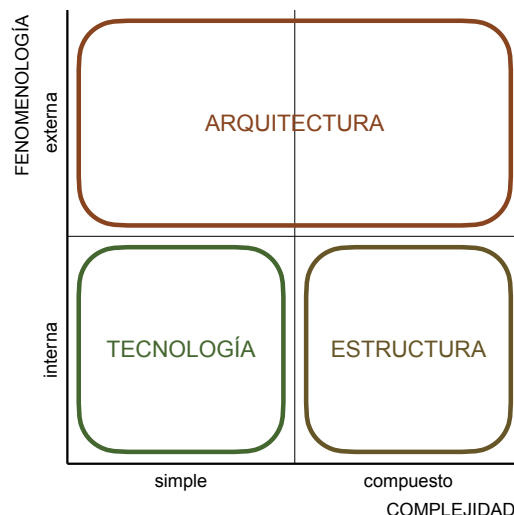


Figura IV.1. Clasificación por la complejidad fenomenológica de las decisiones resolutorias.

de equivalencia que clasifica estrictamente las decisiones instrumentales en las tres clases mencionadas: arquitectura, tecnología y estructura.

El conjunto de las decisiones instrumentales queda particionado en tres clases de decisiones de resolución: arquitecturales, tecnológicas y estructurales.

El problema instrumental queda descompuesto en tres subproblemas, uno por cada clase de decisiones instrumentales, como muestran las figuras IV.1 y IV.2 —ver la formalización en el [anexo L](#)—.

La clasificación que produce la naturaleza de las decisiones instrumentales de resolución ha descompuesto la pipirrana en tres partes: los ingredientes —tomate, pepino, aceite, etc.—, la estructura —lecho de hortalizas, aliño, etc.— y la arquitectura —sabrosa, etc.—.

La tableta digital también queda descompuesta en la tecnología —electrónica digital y software—, la estructura tipo pizarra táctil y la arquitectura de uso personal.

La consecuencia es que el conjunto de las decisiones instrumentales admite ser particionado con criterios de la naturaleza que tenga cada decisión.

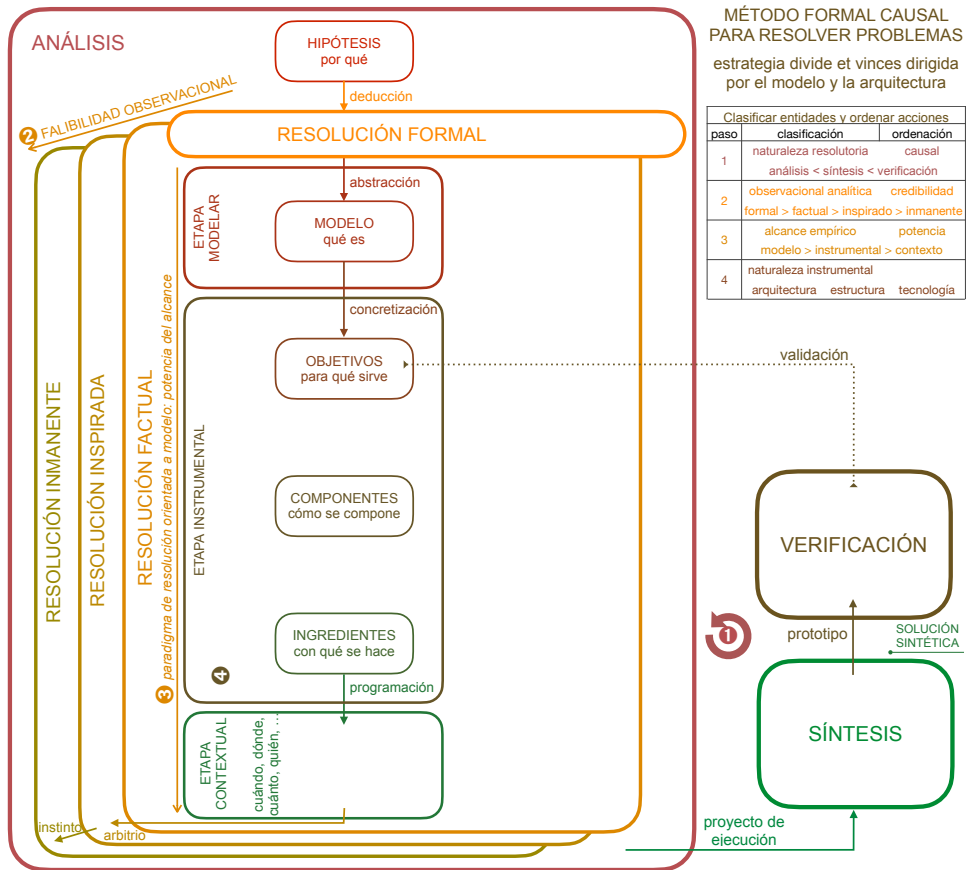


Figura IV.2. Esquema de la descomposición divide et vincas analítica empírica instrumental subproblemas cada vez de menor talla.

Los criterios definitorios de la naturaleza de las decisiones instrumentales proporcionan una estrategia sistemática de clasificación de las decisiones y, por lo tanto, de descomposición del problema instrumental.

La descomposición mediante sucesivas clasificaciones anidadas proporciona un método recursivo de resolución de los problemas. Cada criterio clasificatorio es local a cada subproblema, pudiendo dos subproblemas del mismo nivel descomponerse mediante criterios clasificatorios distintos.

Identificar diversos criterios clasificatorios de las decisiones para resolver un problema dado permite encontrar varias soluciones, lo que da pie para simulaciones con fines de optimización.

La particularidad de la naturaleza de las decisiones instrumentales que hemos establecido en los párrafos precedentes estriba en que corresponden a la capacidad funcional, el funcionamiento estructural y a la constitución de la solución.

Dicha clasificación de las decisiones instrumentales diferencia a las decisiones sobre la arquitectura de las de la estructura y a ambas de las de la tecnología.

Las decisiones arquitecturales pueden identificarse mediante la pregunta "para qué" queremos la solución, el objeto o el conocimiento.

$$A = \{ \text{eficiencia, estilo lingüístico, relevancia jurídica, ...} \}$$

Las decisiones estructurales se obtienen mediante la pregunta "cómo" queremos hacer la solución.

$$E = \{ \text{organización escolar, modularidad, gramaticalidad, ...} \}$$

Las decisiones tecnológicas responden a la pregunta "con qué" queremos hacer la solución.

$$T = \{ \text{constituyentes, elementos nominales, ...} \}$$

Las decisiones instrumentales pueden obtenerse como respuestas a la tripleta de cuestiones que bien podríamos llamar instrumental o arquitectural:

$$\langle \text{para qué, con qué, cómo} \rangle$$

El subproblema instrumental admite, pues, ser descompuesto en tres subproblemas, cada uno de ellos especializado en los aspectos de la arquitectura, de la tecnología y de la estructura.

Ordenación de las decisiones instrumentales

Definimos ahora la inclusión de una decisión instrumental en otra:

Una decisión instrumental es componente de otra si la solución que proporciona la primera forma parte de la solución que proporciona la segunda.

Así, las decisiones tecnológicas están incluidas en las estructurales y estas, a su vez, en las arquitecturales —ver la formalización en el [anexo M](#)—.

En consecuencia, la resolución del subproblema tecnológico está incluido en el subproblema estructural, que está incluido en el subproblema arquitectural:

Tecnología < Estructura < Arquitectura

El método de resolución del problema instrumental orientado a la arquitectura consistente en tomar las decisiones ordenadamente empezando por las arquitecturales y terminando por las tecnológicas constituye un método con coherencia formal instrumental que optimiza la dependencia y, por lo tanto, tiene causalidad óptima. Ver figura IV.3.

Los efectos prácticos son varios:

- La sucesión de etapas de resolución de cada subproblema establece hitos para verificación modular del proceso de resolución del problema.
- Debido a que la formalización prescinde de las particularidades de cada entidad o problema, la genericidad del método es implícita.
- Cabe la resolución recursiva para cada una de las etapas dado que cada una de ellas es, a su vez, un problema.
- La algoritmia resultante proporciona los fundamentos para el desarrollo de plataformas digitales de diseño sistemático que sirvan de apoyo a la resolución de problemas.
- La resolución coherente consiste en sintetizar el resultado a partir de los resultados obtenidos mediante la resolución analítica.

La secuencia metodológica causal obtenida analíticamente justifica formalmente la progresividad del conocimiento sobre una entidad que lleva consigo la resolución de problemas. Ver la figura IV.4.

El primer nivel es el significado declarativo que proporciona conciencia de la existencia de esa entidad vista como caja negra que interacciona con el resto del Universo. Es el ámbito declarativo del conocimiento. Su significado da cuenta de la naturaleza de la entidad y del comportamiento que tiene en las interacciones con otros objetos.

El segundo nivel es el del significado instrumental o arquitectural, esto es, la descripción de la entidad en términos de sus componentes y de las interacciones entre los mismos, vista desde dentro. Su significado informa de la composición del objeto.

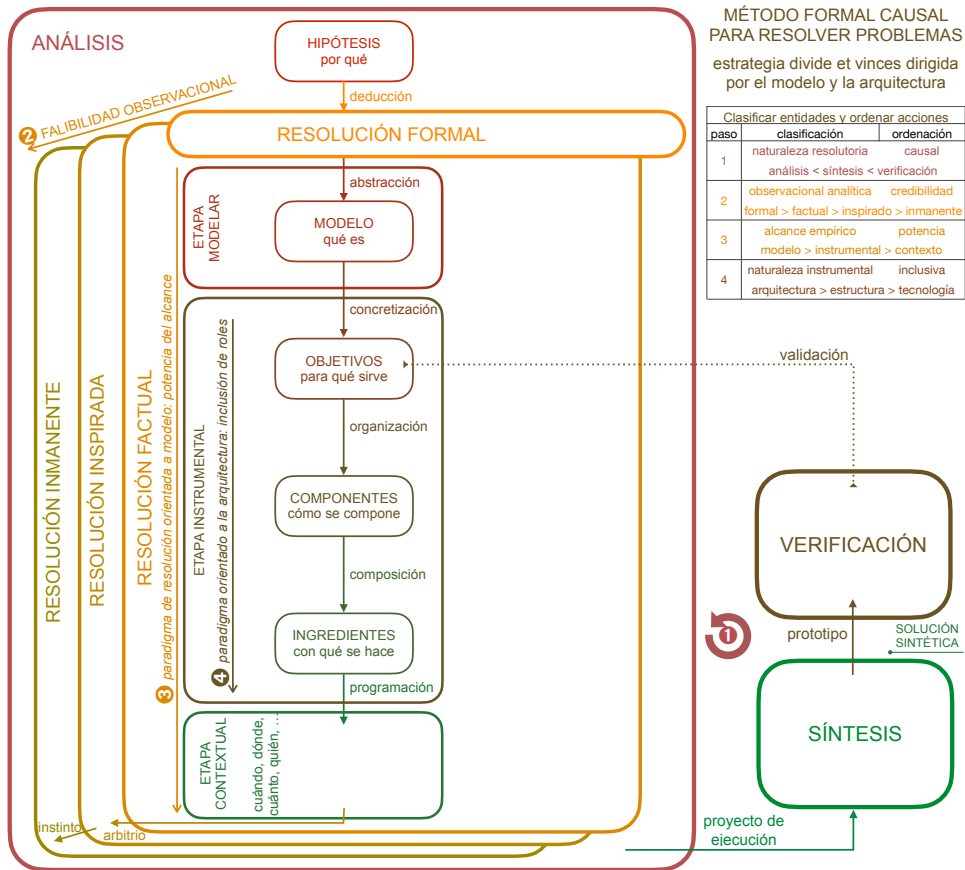


Figura IV.3. Esquema del método analítico divide et vincas orientado a modelo y arquitectura.

Finalmente, el tercer nivel es el del ámbito operacional para hacer el objeto.

La tabla IV.3 ejemplifica la creación factual del famoso sintagma que hace cuatro siglos surgió inspiradamente de la pluma cervantina.

Los tres subproblemas del problema gramatical que denominamos semántico, sintáctico y léxico se corresponden, respectivamente, con los que genéricamente denominamos arquitectural, estructural y tecnológico.

Proceder de abajo hacia arriba, eligiendo primero las palabras y componiendo con ellas el sintagma, proporciona un resultado cuya calidad está amparada en el prestigio del autor.

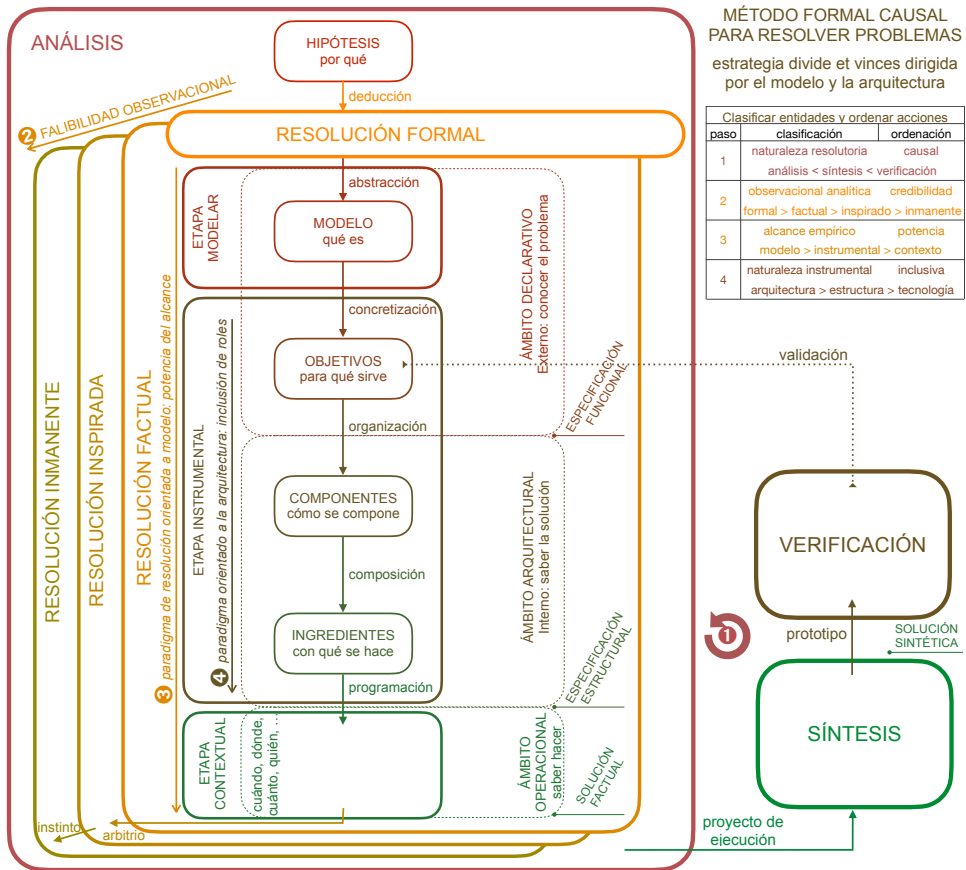


Figura IV.4. Congruencia entre la secuencia metodológica causal y la progresividad del significado del conocimiento: declarativo, arquitectural y operacional.

El procedimiento de arriba hacia abajo, estableciendo en primer lugar el significado, después la sintaxis y, seguidamente, decidir los términos, aporta coherencia causal fundamentada formalmente. Así, la sintaxis podrá ser la más adecuada para realzar el significado y los términos, los que mejor convengan a esa semántica y a ese estilo.

El lugar de la Mancha quijotesco tiene el enorme valor artístico que todos le reconocemos por convicción. El valor que proporciona la formalidad es la garantía de corrección.

Método instrumental orientado a la arquitectura

La estructura básica de la solución que muestra la figura III.5 se enriquece ahora —figura IV.5— hasta quedar organizada en tres niveles: el ya establecido núcleo modelar, la capa tecnológica y la capa modular, resultantes estas dos últimas de la descomposición de la capa instrumental:

Tabla IV.3. Obtención homologada de un sintagma.

clase	cuestión	respuestas	ejemplo	característica	gramática
arquitectura	para qué es	para contestar a "dónde"	en	significado (capacidad funcional)	semántica
		para establecer la posición	la Mancha		
		para impedir el detalle	un lugar		
estructura	cómo se hace	a dos niveles	sintagma	módulos	sintaxis
		geográficamente	predicado nominal		
		de lo particular a lo general	preposición		
tecnología	con qué se hace	con toponímicos	Mancha, lugar	ingredientes	léxico
		con determinantes	un, la		
		con preposiciones	en, de		
En un lugar de la Mancha...					

- La capa tecnológica corresponde a la solución del subproblema tecnológico y consiste en los resultados de las decisiones tecnológicas.
- La capa modular consiste en los módulos estructurales y proporciona la capacidad arquitectural de la solución.

La arquitectura corresponde a la interfaz externa del objeto.

Partiendo del enunciado de un problema con formato de conjetura obtenida mediante las respuestas que el prescriptor proporciona a la pregunta motivadora —por qué—, hemos propuesto un método formal para resolver el problema mediante la técnica divide et vincas de descomponerlo en partes más sencillas. El método es óptimo en objetividad, credibilidad, potencia y coherencia.

Las sucesivas divisiones del problema en subproblemas y de estos en otros subproblemas admiten anidamiento y recurrencia, como aparece esquematizado en la figura IV.6.

Dado que la estructura que hemos obtenido es estrictamente un árbol, no hay solape entre los subproblemas. Por ello, es posible yuxtaponer las secuencias metodológicas obtenidas mediante los diferentes criterios —causalidad, credibilidad, potencia y pertenencia— para obtener una sola secuencia. Todo lo

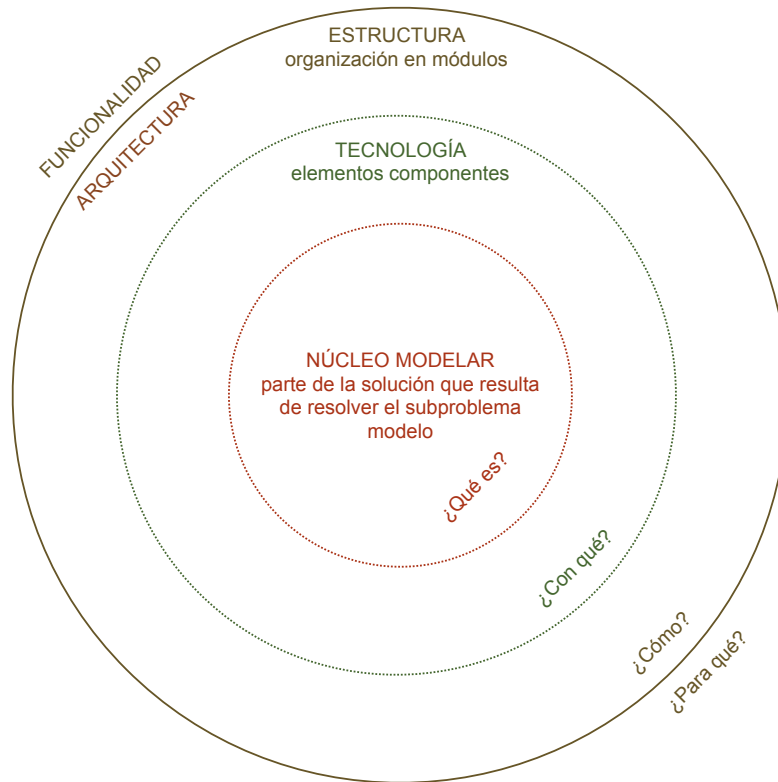


Figura IV.5. Organización en tres niveles que proporciona la resolución causal de los problemas orientada a modelo y a la arquitectura: núcleo modelar, capa tecnológica y capa modular.

que hay que hacer es recorrer ordenadamente las hojas del árbol para obtener la secuencia procedural.

El árbol metodológico de descomposición en subproblemas y la secuencia procedural se muestran en la figura IV.7, tanto en términos de los nombres de los subproblemas que dan lugar a sus respectivas etapas, como en términos de las preguntas que proporcionan las decisiones de resolución.

La secuencia interna arquitectura, estructura y tecnología —para qué, cómo y con qué— consiste en establecer las prestaciones que tiene que satisfacer el conocimiento para, con el cometido de lograr esa funcionalidad, decidir cuál es la organización que corresponde emplear y, finalmente, sabido para qué se quiere el conocimiento y cómo elaborarlo, decidir cuáles son los ingredientes adecuados para obtenerlo.

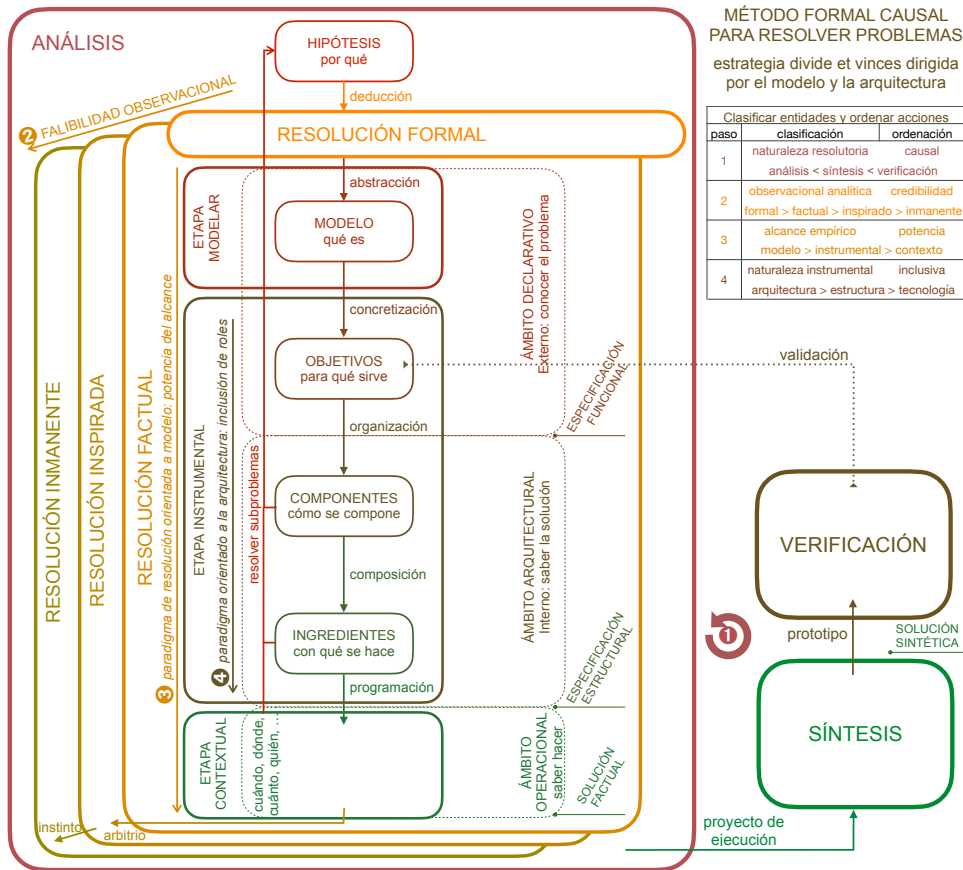
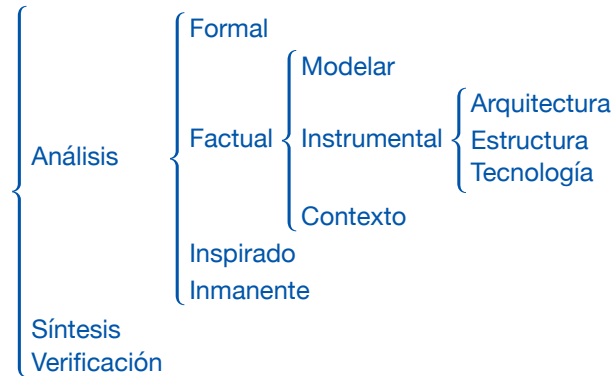


Figura IV.6. El bucle de recurrencia generaliza el método causal.

Es decir, especificado lo que se quiere, decidir sobre la organización estructural de la solución vista esta desde dentro de sí misma para, finalmente, determinar los componentes. Es la secuencia de acción que corresponde a la metodología analítica, que procede "de arriba hacia abajo", esto es, de lo más general, que es el enunciado del problema en términos de sus objetivos, a lo más concreto, que es la composición íntima de su solución. En consecuencia, el método analítico es causalmente coherente.

Sirva de ejemplo que para diseñar el sistema operativo de un computador, lo primero que se hace es determinar la interfaz que el operativo va a proporcionar a las aplicaciones de usuario. Es la interfaz constituida por las "llamadas al sistema", que consiste en una librería de funciones orientadas a que las aplicaciones informáticas exploten los recursos del computador.



Formal → Modelar → Arquitectura → Estructura → Tecnología →
 → Contexto → Inspirado → Inmanente → Síntesis → Verificación

Qué → Para qué → Cómo → Con qué → Programa → Arquitectura → Para qué

Figura IV.7. Árbol de descomposición causal en subproblemas y secuencia procedural para su resolución.

Las características de velocidad, gestión de tiempos y recursos, productividad, etcétera que deba satisfacer el sistema operativo estarán inmersas —contenidas implícitamente— en las llamadas al sistema y por eso la descripción de las mismas proporciona una excelente especificación de las prestaciones del operativo.

El siguiente paso es establecer los aspectos relativos a la estructura del sistema. Es cuando hay que decidir sobre si la organización será jerarquizada en niveles que faciliten la monitorización de cara a la robustez o si ha de prevalecer la eficiencia y entonces convendrá organizar de forma monolítica. También hay que determinar las estrategias de gestión de los recursos y la resolución de conflictos; tanto lo concerniente a los dispositivos periféricos como al procesador, la memoria y los recursos lógicos.

Una vez establecido si habrá gestión virtual de la memoria, la flexibilidad del sistema de ficheros, la planificación del procesador y todos los demás aspectos de la estructura, es cuando se puede determinar adecuadamente cuáles serán

los componentes necesarios y las características que corresponde que tengan, es decir, los aspectos tecnológicos de la solución.

La utilización de la misma secuencia "para qué", "cómo" y "con qué" aplicada al diseño de la instalación eléctrica de una factoría, provocará que el ingeniero industrial elabore un proyecto empezando por la memoria de necesidades para especificar las prestaciones de potencia eléctrica, distribución temporal de la carga, características de los puntos de servicio, protecciones, etc.

Seguidamente, estará en condiciones de concretar la estructura de la red, cantidad de líneas, redundancias, distribución de tendidos y demás aspectos de la organización y la estructura.

Finalmente, lo tecnológico de diámetro de cable, características de los aislamientos, tipos de interruptores, etcétera, vendrá subordinado a lo decidido en las fases anteriores de elaboración del proyecto.

La especificación estructural "sistema de sustentación en el aire, sistema de impulsión en el aire y mecanismo de apoyo en el suelo" puede formar parte de la definición de un avión, un helicóptero y de cualquier ingenio capaz de volar si las subsiguientes decisiones sobre sus ingredientes se decantan por la mecánica.

De ser esas decisiones de índole biológica, los ingenios devendrían en aves, insectos voladores o murciélagos. Para construir un submarino habría que mantener la tecnología mecánica y cambiar el aire por agua. El mismo caso para un barco.

Si los utensilios fueran escobas, capas o alfombras, pilotadas respectivamente por brujas, superhombres y visires, las soluciones serían, sencillamente, fantásticas.

El árbol estructural

El método de resolución de un problema que proponemos, como cualquier otra propuesta de resolución consiste en establecer un camino desde la raíz hasta una de las hojas en el árbol de decisión.

La operativa de nuestro método causal, por razón de su formalidad, consiste en establecer podas sucesivas en el árbol de decisión hasta obtener ese camino resolutorio.

En consonancia con la analogía agronómica, podemos interpretar la primera poda del árbol de decisión como una poda de formación. Esta consiste en

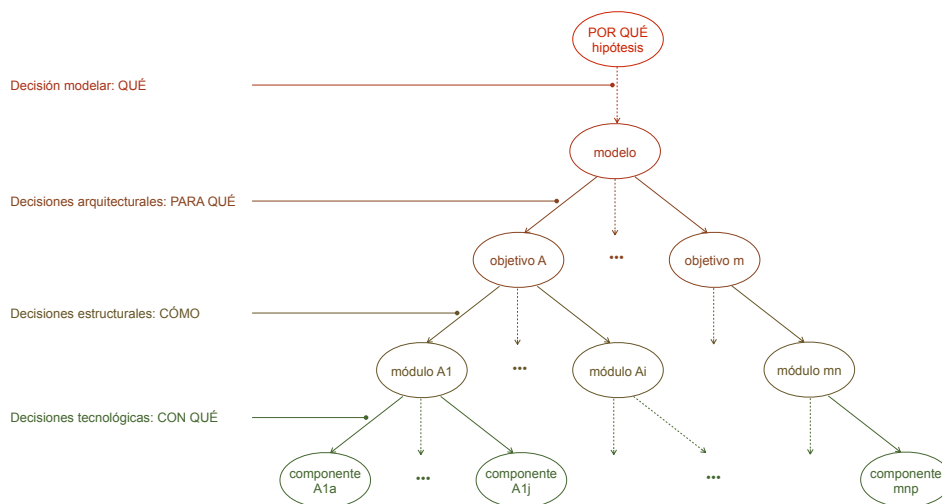


Figura IV.8. *Árbol estructural canónico que produce el método formal causal. Como puede haber nodos que sean idénticos, la simplificación del árbol evoluciona a un grafo con apariencia arborescente: el ficus estructural.*

restringir el árbol de decisión a la organización formal que hemos obtenido y desechar toda otra vía de resolución.

Las demás podas son el resultado de responder ordenadamente a las preguntas resolutorias hasta obtener un camino en el árbol de decisión.

El procedimiento de poda establecido produce, a su vez, un árbol estructural canónico de descripción de la solución cuyos nodos representan a los subproblemas y las aristas a las respuestas que obtienen las preguntas resolutorias. Ver la figura IV.8.

El árbol estructural representa los siguientes niveles de decisión:

- Nivel 0. Contiene el nodo raíz del árbol, que representa al enunciado motivado del problema —un enunciado con formato de conjunción de las respuestas a la pregunta "por qué el problema".
- Nivel 1. Tiene un solo nodo, que está conectado con el raíz y representa al enunciado modelar del problema —un enunciado con significado de la naturaleza de la solución, con formato de una respuesta o composición de respuestas a la pregunta "qué es la solución". La arista dirigida que une a los nodos de ambos niveles representa a la decisión de resolución modelar.

- Nivel 2. Cada nodo representa a un objetivo funcional del problema expresado bajo el enfoque del modelo establecido en el nivel de decisión precedente —cada respuesta a la pregunta arquitectural "para qué es la solución"—. Las aristas dirigidas que, procedentes del nodo del nivel 1, terminan en cada nodo del nivel 2 representan a las decisiones de resolución funcional. Los niveles 1 y 2 proporcionan la especificación funcional del problema. A su vez, la especificación funcional es la solución con significado declarativo suficiente sobre las interacciones con el resto del Universo.
- Nivel 3. Son los nodos que expresan los módulos estructurales de la solución —las respuestas a la pregunta estructural "cómo es la solución"—. Las aristas que conectan a los nodos de este nivel con nodos del nivel precedente representan a las decisiones sobre la estructura de la solución.
- Nivel 4. Son las hojas del árbol y corresponden a los elementos nominales, componentes o ingredientes —la respuesta a la pregunta tecnológica "con qué hacer la solución"—. Las aristas que terminan en este nivel representan a las decisiones tecnológicas. Los niveles 3 y 4 proporcionan la especificación estructural de la solución, esto es, tiene significado arquitectural suficiente sobre las interacciones internas que proporcionan la capacidad de interactuar externamente.

Porque el árbol estructural describe las relaciones entre los subproblemas, cada uno de sus nodos representa un estado de la resolución y, con ello, un avance en la suficiencia del significado que obtenemos tras cada transformación del enunciado.

El árbol estructural representa el proceso de resolución del problema, siendo los nodos estados de la resolución y las aristas dirigidas las transiciones que aumentan el significado mediante las respuestas a las preguntas modelar e instrumentales —cada nodo es un subproblema y cada arista que parte de un nodo dado es parte de la solución del subproblema de ese nodo.

Hemos mencionado como canónico al árbol estructural bajo la asunción de que, constructivamente, cada respuesta a una pregunta genera un nuevo nodo.

Puede ocurrir, sobre todo en los niveles más profundos, que distintas preguntas obtengan la misma respuesta. Al eliminar la redundancia de nodos, el árbol se torna en un grafo.

Ahora bien, por construcción, el grafo estructural tendrá apariencia cercana a un árbol al que hubieran surgido algunas aristas adicionales. Ello, unido la direccionalidad de las aristas, le confiere la fisonomía de un árbol con raíces aéreas, como ocurre al género vegetal ficus. De ahí la siguiente definición:

El ficus estructural es un grafo dirigido obtenido por supresión de las redundancias del árbol estructural canónico.

El hecho de que las hojas del árbol estructural canónico sean sumideros en el ficus estructural —seguiremos llamando hojas a estos sumideros— tiene consecuencias de primer orden:

- Su análisis proporciona criterios de validación automática basada en la búsqueda de ciclos y demás singularidades.
- La cantidad de caminos hacia cada sumidero es un indicador de la relevancia que tiene cada sumidero en la funcionalidad de la solución —identifica los recursos que son primordiales— lo cual tiene efectos prácticos para el refinamiento de la solución de cara a optimizar sus magnitudes arquitecturales.

Resolución recurrente

Los ingredientes de la solución que representan las hojas del ficus estructural tienen la consideración de elementos atómicos.

Los venimos llamando elementos nominales, componentes o ingredientes, y constituyen el vocabulario o la tecnología de la solución. Sus enunciados tienen significado suficiente, esto es, son entidades conocidas —el tomate o el aceite de oliva virgen en el caso de la pipirrana—.

Consideremos dos casos de la familia de la ensalada:

- El cocinero elabora científicamente una pipirrana utilizando los tomates y las cebollas que tiene en la nevera. Las hojas del ficus son los tomates y las cebollas de la nevera que utiliza para elaborar la pipirrana.
- El cocinero elabora científicamente una pipirrana con los tomates y las cebollas que él mismo cultiva. Las hojas del ficus son los componentes del huerto: semillas, abonos, etc. El tomate y la cebolla son ahora sendos nodos estructurales.

La solución al primer caso es la que hemos descrito en apartados precedentes: las hortalizas son conocimiento existente que el cocinero tiene disponible en su cocina.

El segundo caso incluirá el cultivo de las hortalizas entre las respuestas a las preguntas instrumentales. El rol de hoja del ficus se ha transmutado de tomate a

ser semilla de tomatera, abono y demás; o de ser aceite a ser olivo, almazara y otros.

Es decir, el tomate, ahora, no será conocimiento existente para el cocinero sino que tendrá que crearlo mediante el conocimiento de que ya dispone: semillas, riego, abonado, etc.

Tenemos dos opciones para resolver el caso del restaurante con huerto propio:

- En términos conceptuales de nuestra propuesta metodológica, corresponderá que el ficus estructural mantenga la profundidad constante de cuatro capas de aristas —qué, para qué, cómo y con qué— a costa de aumentar la cantidad de nodos de cada nivel para considerar que "tomate" es una respuesta a "cómo" y los ingredientes agronómicos son respuesta a "con qué".
- Alternativamente, el cocinero podría utilizar la solución que ya tenía de concluir que la pipirrana contiene tomate y aceite y, seguidamente, iterar la secuencia metodológica para cultivar el tomate en su huerto y extraer el aceite en su almazara. Y así, sucesivamente, si el interés está en la selección de la semilla, el control de la maduración, etc.

Resolver en una sola secuencia o iterar recurrentemente tiene el efecto de afrontar la resolución completa del problema o la posibilidad de resolverlo por partes anidadas, estableciendo interfaces nítidas entre las partes.

La condición de terminación de la iteración es encontrar elementos nominales o, alternativamente, establecerlos como tales por definición.

Más aún, decidir la profundidad de iteración proporciona estrategias para establecer el grado de indeterminismo o, lo que es lo mismo, el de abstracción con que se acomete la resolución de un problema con fines divide et vinces.

Aprovisionarse de la pipirrana en la tienda de comida para llevar es una solución cuyo grado de abstracción corresponde a la especificación funcional; conseguir la receta para elaborar pipirrana conlleva abstracción al nivel de la especificación estructural y; finalmente, el nivel gourmet de elaborarla utilizando tomate de Mutxamel, deja poco margen para la improvisación, esto es, mínima abstracción.

La estrategia recurrente establece formalmente que todos los bucles de iteración producen divisiones disjuntas del problema. Como tal, el método es adecuado para resolución orientada al soporte computacional, así como a los niveles más altos de resolución de problemas de gran envergadura.

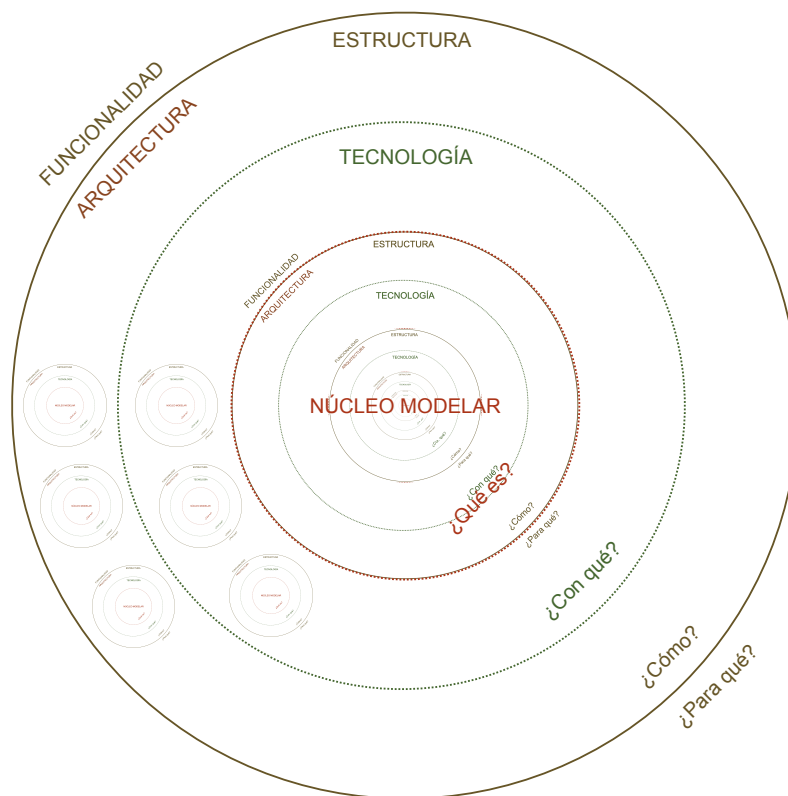


Figura IV.9. Esquema de la estructura recurrente de capas de módulos.

La concepción unificadora inspirada en el empirismo de la Física conlleva que la Matemática proporciona la base abstracta formal que sustenta los métodos que explican las observaciones de los fenómenos de la Física, en una suerte de concepción que admite una estructura estratificada: los postulados, convertidos en el origen del modelo, admiten operaciones primitivas que dan lugar a teoremas sobre los que pueden realizarse operaciones derivadas en una sucesión expansiva de niveles asentados cada uno sobre el precedente.

La figura IV.9 ejemplifica el caso general de resolución recurrente de los subproblemas modelar, estructural y tecnológico mediante el método formal causal: los subproblemas de un problema proporcionan módulos que, al ser resueltos causalmente, adquieren estructura anidada de capas de módulos yuxtapuestos.

Como una cebolla, que alrededor de la yema tiene una sucesión de capas, apoyada cada una en la interior y soporte, a su vez, de la siguiente; cada capa compuesta por células, filamentos, cutículas, etc.

La asunción de que las construcciones de cada capa pueden realizarse a partir de los enunciados de la capa precedente aplicando las fórmulas de la teoría, sin necesitar recurrir a enunciados de niveles posteriores proporciona un poderoso instrumento de abstracción que consiste en que cada enunciado admite ser expresado con diferentes grados de detalle; desde el más explícito, en función de los enunciados de la capa inicial, al estilo de los planteamientos de Turing (Cooper, 2013), (Turing, 1948), hasta el detalle mínimo a partir de los enunciados de la capa inmediatamente anterior, en una suerte de descripción basada en la estructura.

Cualquier otro grado de finura es posible sin más que reconsiderar que el nivel de referencia a partir del cual se formulan los enunciados y los teoremas es alguno de los niveles intermedios. Esta visión es coherente con el árbol de especificación estructural en el cual, las hojas corresponden al nivel más bajo y el problema está enunciado al último nivel, el nodo raíz.

El modelo de capas concebido empíricamente a partir de las bases teóricas de construcción de los teoremas y de los enunciados, precisamente por eso, proporciona una explicación arquitectural: la capacidad de proporcionar utilidad que tienen las soluciones, que son las aclaraciones al "para qué", se encuentran caracterizadas en el nivel más elevado; los aspectos del "cómo", que son los de la estructura, vienen explicados en la edificación de los sucesivos niveles, correspondiendo los aspectos estructurales más globales a los niveles más elevados; finalmente, el nivel más bajo que se contemple, es el que contiene los elementos nominales o instrumentos de partida, esto es, la tecnología que responde al "con qué".

La realidad del grado de desarrollo de la Matemática es el que establece el límite al número de niveles de derivación y por esa razón, no alcanzamos a formular enunciados que corresponderían a niveles muy superiores del modelo de capas; porque desconocemos las fórmulas para producirlos a partir de niveles suficientemente bajos o porque las formulaciones alcanzan una complejidad prohibitiva.

Sin embargo, tenemos evidencias estructurales de que esa organización existe y que puede lograrse al menos de una manera, que es la forma constructiva de las soluciones a los problemas.

Por ejemplo, la respuesta del elemento del sistema nervioso biológico, la neurona, ha sido abundantemente registrada en el laboratorio y se conoce su respuesta característica de espigas electromagnéticas de alta frecuencia cuando

se estimula con un pulso eléctrico. El conocimiento de la actividad química y eléctrica que tiene lugar en la membrana celular, entre el citoplasma y el medio exterior, ha permitido simular el comportamiento neuronal que se ha identificado que opera en la neurona y en su relación con el medio, a partir de componentes y circuitos electrónicos.

Esas descripciones son complicadas y desaniman grandemente para tratar de emular, a partir de dicha concepción electrónica de las neuronas, las relaciones entre muchas de ellas para dar lugar al tejido nervioso. Después vendrían los órganos, los organismos, las sociedades, etc.

Tortuoso, vaya, pretender describir el estado anímico del perezoso —el que trepa por la selva amazónica—, en términos de su genoma y del hábitat donde se desenvuelve; de la misma manera que es impensable escribir la fórmula de la bilirrubina como una función directa de interacciones entre protones y electrones.

En cambio, se prefiere la concepción de tejido que proporciona la biología a partir de las células admitidas como elementos mínimos, esto es, establecidas como postulados y las reglas de relación, de mayor o menor grado de formalidad matemática, para construir la disciplina de los seres vivos.

Lo que pasa es que esa forma de hacer abstracción que utilizan la Física y la Química que sustenta a la vida para quedarse con los elementos de la Biología —célula, gen, proteína, virus, etc.—, fruto del empirismo, omite la herencia formal que explica matemáticamente, por medio de la Física y de la Química, la condición de objetos derivados —teoremas de la Física y de la Química— que tienen los símbolos del vocabulario que postula la Biología.

Esa abstracción forzada por la complejidad que adquiere la formulación —un cromosoma ya es un poco lioso y, no digamos la funcionalidad de una neurona— disimula la uniformidad existente entre las ciencias de la vida y las ciencias de lo inerte: admiten ser vistas como la misma cosa interpretada con el enfoque que mejor se adecuaba a cada nivel.

En términos del modelo de capas lo que hace la concepción actual de la Biología es declarar que su primer nivel es el constituido por los objetos elementales de la materia viva.

Utiliza la Matemática, la Física y la Química para establecer las reglas de derivación de sus teoremas y, ocasionalmente, cuando aborda los aspectos íntimos de los elementos nominales de su propio vocabulario —este podría ser el ámbito de la Ingeniería Genética—, es cuando reconsidera a la Biología en un nivel intermedio del modelo de capas, debajo del cual está la Química Orgánica, entre otras disciplinas.

Las limitaciones las impone la potencia formal y operativa que se requiere para describir todos los fenómenos. En el fondo, nos estamos enfrentando a las restricciones de la computabilidad por mor de la complejidad de las soluciones a los problemas.

Esto último está conectado directamente con las teorías en el sentido de su dependencia de la base postular, de la Matemática que proporciona las reglas y, como consecuencia, de la profundidad de niveles de derivación.

La generación de conocimiento es un proceso que tiene el efecto de expandir la cebolla que es el modelo de capas, ya sea añadiendo nuevas capas externas de conocimiento novedoso basado en el preexistente, ya sea engrosando capas mediante el desarrollo de nuevos módulos que pertenezcan a subcapas internas. Idealmente, teoremas obtenidos a partir de otros teoremas, con profundidad de derivación la que sea.

El modelo recurrente de capas estructuradas en módulos proporciona, pues, una concepción de considerable expresividad gráfica.

La concepción de la Informática con el enfoque del modelo de capas tiene consecuencias paradigmáticas diversas. La que aquí queremos hacer notar es que las utilidades soportadas por programas informáticos de que se sirva otra disciplina pueden ser entendidas como ingenios que forman parte de niveles situados por encima de la Informática; siempre desde el punto de vista del modelo de capas.

De ahí resultan dos conclusiones de gran relevancia ontológica:

- La Informática adquiere la condición de una disciplina sobre la que se soportan otras, análogamente a la relación que hay entre la Matemática y la Física o la Química.
- La Informática forma parte de la base estructural, más o menos abstracta, de la parte computacional de la otra disciplina.

Las consecuencias sobre la instrucción profesional y cuál es la base formal y la computacional que conviene incorporar es un debate de primer orden que apunta a permanecer abierto por un tiempo.

Los criterios que se adoptan para la creación de conocimiento, sobre todo si este es de naturaleza tecnológica, casi siempre son de estilo economicista; del tipo de "hacer lo más que se pueda con lo menos posible".

Esa es la esencia de la ingeniería y de la productividad y, por eso, hemos de encontrar apropiado que rendimiento, eficiencia, rigor, etcétera presidan el quehacer de crear conocimiento.

Sin embargo, ese contexto de magnitudes del "para qué" es habitualmente contradictorio: la efectividad rivaliza con la genericidad; la complejidad, con la velocidad; la versatilidad, con la especificidad, etc.

Parece que todas las "idades" tienen conflictos por pares, de manera que lo que conviene a los intereses de una va en perjuicio de otra.

En efecto, las cosas ocurren de esa forma y por eso la actividad de crear conocimiento dista de ser trivial ya que consiste justamente en calificar las "idades" del "para qué" y tratar de contentar preferentemente a las que hayan resultado favorecidas con las calificaciones más altas.

Cuanto más ambiciosos o más exigentes sean los objetivos, más difícil será encontrar soluciones que satisfagan suficientemente a las "idades" involucradas.

Visto bajo el enfoque del modelo de capas, la situación se concreta en dotar de significado a muchos enunciados pertenecientes a una capa superior a partir de muy pocos enunciados de la capa precedente.

Los enunciados de la capa baja pueden carecer de la potencia expresiva necesaria para atender la demanda de la capa superior. Ese panorama da idea de la importancia que tiene disponer de repertorios amplios de enunciados para elegir los "cómo" y los "con qué" a fin de poder atender mejor a más "para qué".

La multiplicidad de enunciados pertenecientes a una capa que puedan proporcionar la misma utilidad enriquece las posibilidades de la creación: surgen entornos para crear que soportan múltiples proporciones de combinación de los ingredientes, es decir, podemos tener muchos "cómo" integrando diferentes "con qué".

La biología es pródiga en ejemplos de utilización de la redundancia para garantizar la consecución de los objetivos. Un caso muy notable lo tenemos en los sistemas reproductores de las plantas, que dan flores y más flores y generan polen en ingentes cantidades, tanto que difícilmente el cataclismo más descomunal es capaz de acabar con las especies.

Si la reproducción vegetal utiliza la redundancia de los enunciados del "con qué" —ingredientes polen y flor—, el caracol ejemplifica una suerte de diversificación estructural, de los enunciados del "cómo", que proporciona flexibilidad mediante la adecuación de la condición sexual de cada individuo en orden a favorecer la posibilidad de cruzamiento.

Complementariamente al método formal causal, la estrategia divide et vincas mediante clasificación de las características de las entidades y ordenación de las clases de características plantea dos situaciones generales:

- Definición de criterios clasificatorios particulares para el problema y establecimiento de precedencia entre los mismos, lo cual surtirá el consiguiente efecto en el ficus estructural de la solución.
- Ausencia de clasificaciones estrictas que garanticen la independencia entre los subproblemas del mismo nivel. Aun así, cabe resolver mediante descomposición taxonómica que tienda a minimizar las dependencias entre los subproblemas. Esta opción aleja al ficus estructural de su apariencia arbórea y, por lo tanto, complica la solución.

Estas circunstancias constituyen argumentos para automatizar la optimización de las propuestas de solución. Su esencia consiste en evaluar las características de los diversos subárboles estructurales de resolución que resultan de ensayar la aplicación de los diferentes criterios en liza.

Especificación estructural sintética

Centrando la atención en el subproblema analítico, el que se ocupa de la toma de las decisiones resolutorias de los problemas, y dentro del subproblema analítico, el subproblema instrumental, la secuencia formalmente correcta que va de la arquitectura a la tecnología pasando por la estructura es la que comúnmente denominamos estrategia de resolución "de arriba hacia abajo".

En cambio, es muy popular la toma de decisiones para resolver los problemas mediante la estrategia denominada "de abajo hacia arriba". Consiste en resolver el subproblema instrumental mediante la secuencia que procede tomando las decisiones sobre la arquitectura, seguidas de las decisiones sobre la tecnología y, finalmente, sobre la estructura que proporciona la arquitectura con esa tecnología.

Por lo tanto, la resolución de abajo hacia arriba contraviene el orden que establece la coherencia causal.

Referido al caso de diseñar el sistema operativo de un computador, el método de abajo hacia arriba consiste en definir las prestaciones mediante la especificación de las llamadas al sistema y a continuación especificar la interfaz inferior, es decir, lo relativo al hardware y a su manejo.

Finalmente, la estructura se diseña para alcanzar las prestaciones de las llamadas al sistema utilizando el hardware que ya estaba definido con

anterioridad. Podría ocurrir que proporcionar algunos servicios llegara a ser extremadamente complejo e incluso prohibitivo debido a la inadecuación entre la tecnología que sirve de soporte y las prestaciones a satisfacer —sería el caso de tratar de proporcionar multiprocesamiento sobre hardware que no soporte interrupciones, por ejemplo—.

Para la instalación eléctrica de la factoría, el método de síntesis pasaría de las prestaciones a la determinación de los componentes —interruptores, características de los conductores, etc.—, posiblemente para ceñirse a las características normalizadas o a las disponibilidades del mercado —lo cual justifica que se utilice el método sintético— y, seguidamente, tomar las decisiones sobre la estructura de la instalación. La complejidad modesta del ingenio permite augurar —gracias a la pericia del diseñador— que la solución basada en ese método sea exitosa.

Bajo la axiomática que hemos propuesto, la interpretación que corresponde a "ajustarse a unas normas" es que dichas normas constituyen causa que forma parte de la motivación preceptiva. De ahí se sigue que las decisiones de resolución del problema que las involucran pueden ser tanto respuestas modelares como respuestas tecnológicas. Ello confiere a las decisiones sobre lo que está normalizado o sobre la disponibilidad del mercado la naturaleza de ser modelo de la solución.

Dado el arraigo que tiene su consideración como tecnología el interruptor eléctrico que adquirimos en la ferretería, puede ser dificultoso entender que su condición para resolver el problema de la instalación eléctrica de la factoría es la de modelo establecido con anterioridad —al decidir utilizar componentes comerciales— a la resolución de la parte tecnológica del problema instrumental y que, realmente, no ha lugar la pregunta "con qué interruptor eléctrico equipar la instalación de la factoría". Por lo tanto, conceptualmente, no hay posibilidad de tomar esa decisión como tecnológica una vez que ya ha sido tomada como modelar.

También cabe interpretar que la normalización y la oferta del mercado son procesos previos —tal vez analíticos— de toma de decisiones de resolución, condensados en las propias normas.

Con qué vacuna protegerse una persona contra la COVID'19 no puede proporcionar respuestas decisorias debido al establecimiento de pautas de vacunación a colectivos —modelos— que incluyen el tipo de vacuna. Una persona dada recibirá la vacuna que haya sido asignada a su colectivo.

El constreñimiento de alcanzar ciertos objetivos con medios inadecuados puede desembocar incluso en la inviabilidad de la solución —tal vez querer implementar

funcionalidad de supercomputación utilizando procesadores de prestaciones muy modestas—.

Bajo nuestra axiomática, esa inviabilidad es la solución en sí misma, con independencia de que sea o no satisfactoria: el método que proponemos se erige en la demostración de la inviabilidad de la solución.

La metodología analítica es esencialmente abstracta hasta el punto de que requiere haber concebido de antemano el conocimiento como una conjetura antes que ninguna otra consideración sobre el mismo. El conocimiento surge, pues, libre de todo condicionamiento que pudiera limitarlo y por esa razón de carecer de restricciones es por lo que el método analítico es universal en el sentido de que lo mismo sirve para diseñar un botijo que para desentrañar el funcionamiento detallado del cerebro humano, o para dirimir un asunto judicial.

La instrumentación sintética es eficaz para la creación de conocimiento sencillo, aquel que pueda estar inscrito en la capacidad intelectual humana de establecer la solución analítica por adelantado de manera implícita —secuencia arquitectura, estructura, tecnología—. Eso hace que su falta de coherencia causal sea solo aparente. Es como si estuviera precedido de un proceso analítico de resolución instrumental que podríamos denominar tácito o informal.

Esto es, a partir de los requisitos del problema, procedimientos arbitrarios basados en la experiencia, otros preconceptos, la intuición o cualquier otra estrategia indeterminista, deciden una propuesta de solución mediante un procedimiento implícito de naturaleza analítica. Ese acto, tal vez inconsciente, permite encontrar o decidir cuál es la tecnología y, a partir de ese punto, el proceso continúa de manera explícita, consciente, metódica, rigurosa. Globalmente, el prólogo arbitrario pasa desapercibido y el proceso aparenta consistir sólo en la parte rigurosa, que sí que es sintética.

Podemos, pues, explicar la resolución instrumental sintética como consistente en: un preproceso analítico arbitrario de propuesta de solución, seguido de un proceso riguroso de realización sintética validadora.

Visto así, se comprende fácilmente que la sencillez que se le reconoce al método sintético estriba en que el preproceso arbitrario incorpora una poda temprana del árbol de decisión y, consecuentemente, todo lo que sigue queda notablemente facilitado al restringirlo al ya más pequeño subárbol restante.

La solución a un problema que obtengamos, como en este caso, mediante una poda del árbol de decisión basada en el empleo de heurísticas ajenas a criterios de calidad, será una solución de cuyo grado de bondad no podremos afirmar que sea óptimo.

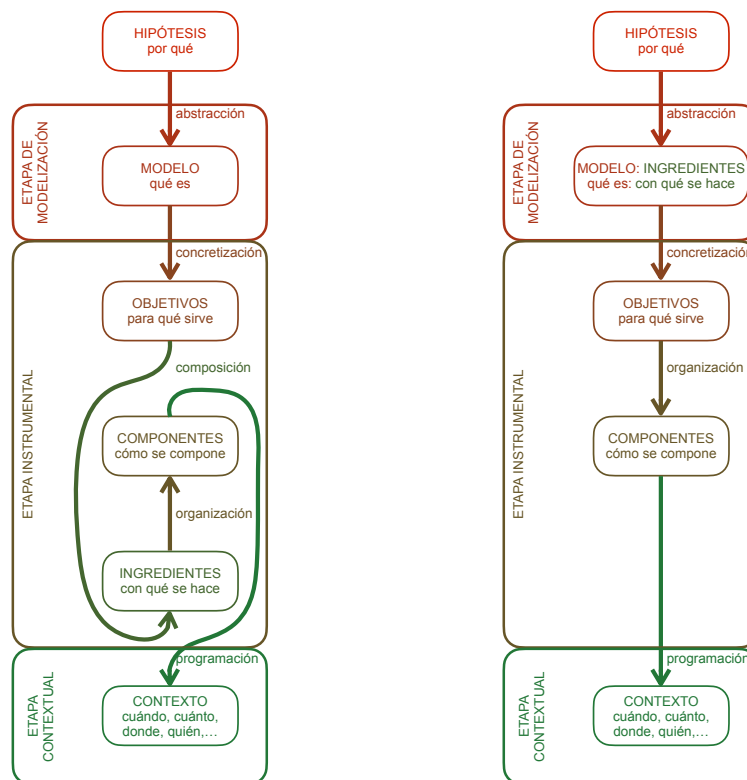


Figura IV.10. Interpretaciones de la estrategia de abajo hacia arriba de resolución del subproblema instrumental bajo la axiomática gnoseológica. Falta de coherencia inclusiva de las decisiones resolutorias —izquierda— y resolución orientada a modelo tecnológico —derecha—.

De ahí, que la resolución instrumental sintética tenga limitada su utilidad a casos sencillos —la experiencia puede ser un poderoso instrumento de optimización—.

Conceptualmente, dentro del marco que estamos desarrollando, valga decir que la resolución instrumental sintética puede estar justificada en el subproblema instrumental debido a que la pobreza de la solución que pueda comportar va a estar relativizada por la esencia prototípica de este subproblema.

Tanto si la propuesta de resolución del problema instrumental es analítica como en el proceder sintético, al anteponer la caracterización arquitectural y ser éste el subproblema que condiciona toda la toma de decisiones, queda preservada la expectativa de que el objetivo acabe por ser satisfecho.

Bajo el enfoque de la axiomática gnoseológica que proponemos, la estrategia de abajo hacia arriba admite interpretaciones inmediatas, como las de la figura IV.10.

Como estrategia para resolver el subproblema instrumental, invierte el orden de decisión y, en consecuencia, contraviene la coherencia de la inclusión. De ahí que nada más proceda decir con carácter general para valorarla.

Como estrategia orientada a modelo, restringe a este a una determinada tecnología. La consecuencia sobre la solución es la de inscribirla en el ámbito de la resolución causal de problemas orientada a la tecnología.

El aforismo: "empezar la casa por el tejado", hace referencia a crear conocimiento recorriendo la secuencia causal a la inversa: anteponer contra natura las decisiones sobre los consecuentes a las decisiones sobre los antecedentes.

"De aquellos polvos, estos lodos", viene a expresar que anteponer las decisiones sobre los componentes restringe cuáles son las soluciones posibles.

Suficiencia del significado

La metodología causal proporciona una secuencia de decisiones para resolver los problemas cuyo efecto es ir completado progresivamente el significado del enunciado hasta que sea suficiente —figura IV.4—.

El interés que tiene el enfoque del valor utilitario del conocimiento que hemos planteado en el capítulo I —conocer, conocer cómo y conocer cómo hacer— reside en que clasifica —no abordamos esa clasificación en este libro— las decisiones de resolución en los valores tautológicos que venimos asumiendo de obtener la solución —declarativo, arquitectural y constructivo—.

Proporciona valor o significado a las sucesivas soluciones provisionales del problema que van obteniéndose en el proceso de resolución. Ese significado es explícito, concerniente al interés utilitario que tiene y debido precisamente a la enorme influencia de la utilidad en el devenir del progreso, se entiende que la clasificación utilitaria haya dirigido el desarrollo del método empírico al consonancia con el soporte formal causal.

Para el empirismo utilitario tienen el mismo nivel de categorización los tres hitos relevantes o soluciones provisionales toda vez que son las tres clases que produce el categorizador "utilidad", esto es, conocimiento declarativo, arquitectural y constructivo son las soluciones provisionales que identificamos sucesivamente en el proceso empírico utilitario de resolución.

En cambio, el enfoque causal pone al descubierto que esas soluciones provisionales pueden entenderse como correspondientes a categorizaciones diversas —lo cual es una explicación de la dificultad habida en avanzar en la formalización de la metodología de creación del conocimiento—. Así:

- El conocimiento declarativo sobre una entidad, que corresponde a la visión externa de la entidad, se identifica con el hito "especificación funcional". El proceso que lo produce es la secuencia de resolver el subproblema modelar que surge de la etapa de resolución factual, seguido de la resolución del subproblema funcional que surge de la etapa de resolución instrumental.
- El conocimiento arquitectural, que corresponde a la visión íntima de la entidad, se identifica con la resolución del subproblema instrumental, es decir, bajo el categorizador del "alcance empírico". Es la especificación estructural.
- El conocimiento constructivo, que corresponde al plan para producir la entidad, se identifica con la resolución del subproblema contextual, esto es, bajo el mismo categorizador que el conocimiento arquitectural. Es la solución factual o empírica.
- El proyecto de ejecución, que corresponde a la receta para sintetizar la entidad, añade a la solución factual la parte de resolución inspirada y la de resolución inmanente y, por lo tanto, surge del categorizador observacional.

Especificación funcional del problema

Los condicionantes de rigor, especialmente los relacionados con la precisión y la exactitud imponen que el enunciado del problema se ajuste a cánones que garanticen la completitud de su significado concreto, esto es, ausencia de ambigüedad. Esta propiedad no puede exigirse en general a la conjetura inicial por la sencilla razón de que su vehículo de soporte es intrínsecamente ambiguo —lenguaje hablado o escrito, habitualmente—.

Lenguas como la castellana, que tienen una riqueza estilística enorme, son especialmente proclives a contener ambigüedad en los enunciados.

La distintas disciplinas han desarrollado técnicas propias que con mayor o menor intensidad y acierto propenden a inscribir los enunciados en subconjuntos lingüísticos del ámbito de la Lógica y de la Matemática.

La diversidad de sublenguajes de especificación también es alta y su ambigüedad latente, difícilmente superable. Aunque a veces se recurre incluso a la ejemplificación para enunciar la conjetura, de hecho, solamente los lenguajes

formales —lenguajes de especificación formal— pueden garantizar la precisión. La modesta capacidad expresiva que les caracteriza, tanto más reducida cuanto más rigurosos son, limita su utilidad a los enunciados moderadamente sencillos. Sin embargo, existen asistentes de digitales para especificación sistemática (Deeptimahanti, 2009).

La primera parte del método causal gnoseológico se ocupa de aumentar el significado proponiendo el enunciado en el ámbito declarativo, bajo el enfoque de estar el problema inmerso en el medio fenomenológico de su interacción con las demás causas que le son externas —concepción como caja negra—, haciendo abstracción de la arquitectura —operativa interna causante de la capacidad interactiva hacia el exterior—.

La figura IV.4 muestra que el nivel declarativo corresponde a los subproblemas modelo y prestaciones —el nivel conocer se alcanza mediante las respuestas a las preguntas "qué es el problema" y "para qué sirve"—.

Nuestra proposición de resolución orientada a modelo fuerza que la poda que provocan en el árbol de soluciones las decisiones sobre el modelo y sobre las prestaciones surge, respectivamente, de la identificación de la naturaleza o esencia definitoria del problema y de establecer su comportamiento en las interacciones fenomenológicas externas.

El proceso es la secuencia abstracción modelar - concretización operacional:

- La abstracción modelar establece el entorno topológico del problema incluyéndolo en una familia portadora de la esencia que caracteriza al comportamiento fenomenológico. Así, una manzana será una fruta para los intereses sobre la reproducción vegetal que tiene el botánico, un alimento saludable para el dietista, un producto de temporada para el comerciante, un grave para Newton, etcétera. Que el modelo sea fruta, alimento, mercancía o masa establece, como decimos, el marco de los rasgos que admitiremos a la fenomenología interactiva del problema.
- La concretización operacional completa los rasgos de la fenomenología interactiva externa del problema, diferenciando a este de los demás miembros de la familiar modelar. Como fruta, la manzana madurará y contribuirá a la perpetuación de la especie; como alimento, tendrá propiedades organolépticas y es rica en fibra, vitaminas, etc.; como mercancía, es perecedera y frágil; y como cuerpo, es un esferoide de unos centímetros de diámetro que pesa alrededor de un par de hectogramos.

El enunciado con valor declarativo del problema que obtenemos mediante nuestro método, por mor del proceso de su obtención, tiene la estructura sintáctica de una conjunción.

Un enunciado para la pipirrana sobre el modelo de ensalada que interesa al chef —figura III.1 y tabla III.1— es el siguiente:

Pipirrana es ensalada y sabrosa y saludable y nutritiva.

El método causal permite obtener el enunciado del problema con formato de especificación funcional.

En el caso de que las características del dominio sean magnitudes, la expresión formal aritmético-lógica se convierte en una ecuación que representa al problema como una función matemática.

La relevancia aplicada que tiene especificar funcionalmente los problemas es que, obtenida la ecuación que los representa, pueden proponerse algoritmos que los resuelvan, esto es, los problemas especificados funcionalmente pueden resolverse automáticamente mediante programas informáticos.

La dificultad queda restringida a las propiedades operacionales de las características que establecemos mediante el dominio de los problemas: para hablar estrictamente de especificación funcional de un problema es indispensable que pueda ser relacionado —admitir comparaciones, medidas—.

En ausencia de las condiciones de funcionalidad propiamente dicha, podemos proponer aproximaciones cuasi funcionales mediante sistemas de representación como los que inspira la lógica difusa, por ejemplo.

Especificación estructural de las soluciones

A partir del significado de la especificación funcional, cualquier solución del problema consiste en conocer la composición del objeto que produce ese comportamiento.

Entramos, pues, en el ámbito arquitectural, el de la capacidad generadora de comportamiento que reside en la composición de la solución, como muestra gráficamente la figura IV.5.

Este nivel de conocimiento operacional corresponde a los subproblemas estructural y tecnológico, que respectivamente hemos representado en la figura IV.6 como el subproblema de los componentes y el de los ingredientes —el nivel saber se alcanza mediante las respuestas a las preguntas "cómo" es la solución y "con qué" se hace—.

Nuestra proposición de resolución orientada a la arquitectura de la solución fuerza que la poda que provocan en el árbol de soluciones las decisiones sobre

la estructura y sobre la tecnología surge, respectivamente, de la identificación de los módulos funcionales que generan el comportamiento de la solución en las interacciones fenomenológicas externas y de los elementos o ingredientes constitutivos de los módulos estructurales.

El proceso es la secuencia organización estructural - composición:

- La organización estructural establece las relaciones entre los módulos de la estructura que son las que implementan el comportamiento —semántica—. Así, una manzana, bajo el modelo fruta, está compuesta por un endocarpio que aloja las semillas, un mesocarpio carnoso y un pericarpio tegumentoso. La estructura de la solución consiste en tres módulos organizados como un anidamiento.
- Cada módulo consta de elementos nominales o componentes tecnológicos, el vocabulario o los constituyentes léxicos. La composición de cada una de las partes de la manzana consiste en los tejidos alveolares que alojan las semillas, la pulpa carnosa y el tegumento liso protector, respectivamente, para el módulo endocarpial, el módulo mesocarpiano y el módulo epicarpial.

La descripción de la solución que obtenemos, al igual que la especificación funcional del problema, también tiene la forma sintáctica de una conjunción.

La estructura de la pipirrana podría ser —figuras III.1 y III.3—:

Pipirrana es lecho de hortalizas y aliño.

Al nivel tecnológico, del léxico o vocabulario, podemos obtener la composición explícita de la pipirrana desarrollando el modelo ensalada:

Pipirrana es ensalada y tomate crudo y pepino crudo y cebolla cruda y huevo hervido.

Pipirrana es {hortalizas de tamaño trozo y aceite crudo y sal y no agua y sí o no otros ingredientes y sí o no especias y temperatura frío} y tomate crudo y pepino crudo y cebolla cruda y huevo hervido.

Pipirrana es trozos crudos de tomate, de pepino, de cebolla y de huevo hervido, y aceite crudo y sal y sin agua y sí o no especias y temperatura frío.

Por lo tanto:

La especificación estructural de la solución es un enunciado con significado arquitecturalmente suficiente.

Algunos ejemplos

Definición causal

Definir un concepto es diferenciarlo de los demás. La definición de "definición" (Lengua, 2001) es la siguiente:

Una definición es una proposición que expone con claridad y exactitud los caracteres genéricos y diferenciales de algo material o inmaterial.

Esto es, la definición de un concepto es una descripción clara y exacta que tiene la finalidad de dar a conocer todas las características del concepto, tanto las que le confieren su esencia —modelo— como las que determinan su singularidad entre todos los conceptos —capa arquitectural—.

La institución académica que tiene la competencia de establecer el significado de los términos de la lengua española, al establecer que una definición es una proposición —enunciado—, la encuadra en nuestra definición de problema; y al concretar que dé cuenta de las características comunes a otros conceptos, está imponiendo que la definición tiene que consistir en referir al concepto entre sus afines y distinguirlo de ellos.

La concordancia con el método causal que proponemos para resolver los problemas —identificar abstrayendo a modelo de la familia seguido de concretar para diferenciar de los demás familiares— sugiere la idoneidad de nuestro método para elaborar definiciones.

Como decimos, la propia Academia ha elaborado la definición del término "definición" en concordancia con el método formal causal, proporcionando las siguientes respuestas a la secuencia causal de cuestiones:

- * Pregunta modelar: ¿qué es una definición?
– Respuesta: una proposición.
- * Pregunta funcional: ¿para qué es la definición?
– Respuesta: para exponer los caracteres genéricos y diferenciales de algo.
- * Pregunta estructural: ¿cómo se hace la definición?
– Respuesta: clara y exactamente.

En línea con los planteamientos de resolución recurrente, a los términos "claridad" y "exactitud", o ya les conocemos significado suficiente o habremos, a su vez, de someterlos a definición.

- Definición DRAE de "claridad" —acepción 1—: cualidad de claro.

De entre lo poco fácil y seguro que es indagar en la treintena larga de acepciones que la Academia asigna al término "claro", las octava —inteligible, fácil de comprender— y novena —evidente, que no deja lugar a duda o incertidumbre— completarían la iteración.

- Definición DRAE de "exactitud" —acepción única—: cualidad de exacto.

Nuevamente, de entre la poca exactitud que sugiere la existencia de más de una decena de acepciones para el término "exacto", la primera de ellas —igual o que se asemeja en un grado muy alto a algo o alguien que es tomado como modelo— vuelve sobre la necesidad de tener una referencia cercana sobre el concepto que es objeto de definición.

La definición de "definición" que proporciona la institución académica es una especificación estructural que resuelve el problema de elaborar definiciones y, como tal, la definición de un concepto elaborada preceptivamente proporcionará conocimiento sobre el concepto con valor arquitectural, que informa de las interioridades del concepto.

Sin perjuicio de otros formatos que puedan adoptar las definiciones, nuestra propuesta metodológica constituye una estrategia para abundar controladamente en el valor del conocimiento sobre el concepto que contiene su definición sin más que responder a más y más de las cuestiones del "para hacer".

Veamos la mecánica para definir un concepto utilizando como ejemplo el término "enseñar", del ámbito de la pedagogía.

La definición del concepto "enseñar" con el valor declarativo de proporcionar conciencia sobre la existencia y la naturaleza de enseñar —conocer—, es decir, con enfoque de "caja negra" es la que se obtiene identificando un modelo para el concepto y la utilidad del concepto —especificación funcional—, mediante las respuestas a las preguntas "qué es" y "para qué sirve enseñar".

- Problema: enseñar.
- * Pregunta modelar: ¿qué es enseñar?
 - Respuesta: comunicar.
- * Pregunta funcional: ¿para qué es enseñar?
 - Respuesta: para instruir.

Enseñar es comunicar para instruir.

La definición con valor instrumental —conocer cómo o saber— que contiene conocimiento sobre la composición del concepto enseñar visto internamente es la que se obtiene incorporando su estructura y su tecnología —especificación estructural— mediante las respuestas a las preguntas "cómo" y "con qué se hace".

- Problema: enseñar.
- * Pregunta modelar: ¿qué es enseñar?
 - Respuesta: comunicar.
- * Pregunta funcional: ¿para qué es enseñar?
 - Respuesta: para instruir.
- * Pregunta estructural: ¿cómo se hace enseñar?
 - Respuesta: desarrollando un plan docente.
- * Pregunta tecnológica: ¿cómo se hace enseñar?
 - Respuesta: con medios digitales y otros.

Enseñar es comunicar para instruir desarrollando el plan docente con sistemas digitales y otros.

Efectivamente, la definición de "enseñar" es ahora una proposición que expone los caracteres genéricos comunicativos que tiene "enseñar" y los diferenciales que consisten en instruir, clarificando precisamente que es mediante plan docente con sistemas digitales y otros.

Todavía podemos ampliar la definición para que adquiera valor funcional —conocer cómo hacer o saber hacer— que incluye conocimiento para poder realizar el concepto en cuestión, en este caso la actividad de enseñar. Las preguntas a responder son todas las demás.

- Problema: enseñar.
- * Pregunta modelar: ¿qué es enseñar?
 - Respuesta: comunicar.
 - * Pregunta funcional: ¿para qué es enseñar?
 - Respuesta: para instruir.
 - * Pregunta estructural: ¿cómo se hace enseñar?
 - Respuesta: desarrollando un plan docente.
 - * Pregunta tecnológica: ¿cómo se hace enseñar?
 - Respuesta: con medios digitales y otros.
 - * Pregunta contextual autoría: ¿quién hace enseñar?
 - Respuesta: la señora Rita.
 - * Pregunta contextual lugar: ¿dónde se hace enseñar?
 - Respuesta: en el aula digital.
 - * Pregunta contextual tiempo: ¿cuándo se hace enseñar?
 - Respuesta: según el calendario escolar.

Enseñar es comunicar para instruir desarrollando el plan docente con sistemas digitales y otros la señora Rita en el aula digital según el calendario escolar.

Esta última proposición sobredifine claramente el concepto "enseñar" toda vez que refina, focaliza o concreta el significado de "enseñar" al caso particular de ser Rita la maestra y demás consideraciones.

Parecería que lo que hiciera otra maestra no es enseñanza. La explicación radica en que la resolución del subproblema contextual aporta significado sobre la actividad de sintetizar de la solución, pero no aporta significado a la solución: como "enseñar" es una acción, su síntesis se discierne difícilmente de su concepto.

La definición de una entidad evidencia que el subproblema contextual es ajeno a la suficiencia del significado y corresponde a la creación de la entidad.

- Problema: lapicero.
- * Pregunta modelar: ¿qué es lapicero?
– Respuesta: utensilio.
 - * Pregunta funcional: ¿para qué es lapicero?
– Respuesta: para escribir o dibujar.
 - * Pregunta estructural: ¿cómo es lapicero?
– Respuesta: material lápiz y su soporte.
 - * Pregunta tecnológica: ¿con qué se hace lapicero?
– Respuesta: con grafito y cilindro de madera.
 - * Pregunta contextual autoría: ¿quién hace lapicero?
– Respuesta: -.
 - * Pregunta contextual lugar: ¿dónde se hace lapicero?
– Respuesta: -.
 - * Pregunta contextual tiempo: ¿cuándo se hace lapicero?
– Respuesta: -.

Lapicero es utensilio para escribir o dibujar de material lápiz grafito y soporte cilíndrico de madera.

El método causal concreta el problema en solamente una de las muchas posibles soluciones, con un grado de determinismo que es decidible.

Por otro lado, se hace patente la doble condición conceptual de ser "enseñar", además de un problema, también un modelo y que la clase de la señora Rita sea una de las que componen la familia enseñar. Retorciendo recurrentemente la dualidad problema - modelo, todavía podemos encontrar en la clase de la señora Rita al modelo pedagógico que esta maestra sigue día a día en el desarrollo curricular de la enseñanza.

Surge, como complemento del concepto de enseñar, un paradigma procedural de "aprender" como uno de los problemas de la familia de la investigación.

Investigar es la secuencia:

- *Crear conocimiento subjetivo mediante la investigación científica, el diseño tecnológico, la inspiración artística —plástica, fabulación,...— y la revelación contrastada e incluso la inmanencia, seguida de*
- *Comunicar el conocimiento creado mediante la publicación científica y técnica para hacerlo trascendente —objetivo—.*

Aprender es la secuencia:

- *Adquirir el discente conocimiento mediante su observación y el estudio personal —subjektivación provisional del conocimiento—, seguido de*
- *Objetivar el conocimiento aprendido mediante la evaluación —homologación objetivadora de lo aprendido—.*

He ahí la función trascendente de la evaluación docente: garantizar al aprendiz la calidad de lo aprendido.

El corolario paradigmático es el siguiente:

Aprender es investigar lo que otros ya saben.

El estudiante de un concepto, mediante el aprendizaje del mismo, se incorpora al club de observadores que lo objetivan.

Luego, los métodos de la investigación son adecuados para inspirar métodos de aprendizaje, como bien sabemos desde hace casi dos milenios y medio gracias al legado irónico-mayéutico nacido de la inspiración socrática.

Cuanto más abstractos son los conceptos, las dificultades para elaborar su definición pueden acentuarse, y viceversa.

Análogamente a como ocurre para definir el término enseñar, proponer a los estudiantes de Telecomunicación que definan su especialidad es un ejercicio que suele requerir esfuerzos de refinamiento hasta que suscriben enunciados como el siguiente:

Telecomunicación es la transmisión inmaterial de información mediante instrumentos artificiales.

La definición responde a las preguntas:

- Problema: telecomunicación.
- * Pregunta modelar: ¿qué es telecomunicación?
 - Respuesta: transmisión.
- * Pregunta funcional: ¿para qué es telecomunicación?
 - Respuesta: para propagar información.
- * Pregunta estructural: ¿cómo se hace telecomunicación?
 - Respuesta: sin transporte de materia.
- * Pregunta tecnológica: ¿con qué se hace telecomunicación?
 - Respuesta: con instrumentos artificiales de transmisión.

El ejercicio en el aula sirve para ejemplificar la técnica de obtener el concepto de telecomunicación como un modelo abstraído a partir de una familia de problemas de telecomunicación, como muestra la tabla IV.4. En otras palabras, hacemos uso de la dualidad problema - modelo.

Los estudiantes constatan lo dificultoso de definir su propia disciplina. El motivo de esa dificultad está en diferenciar al elevado número de problemas que pertenecen a la disciplina del resto de problemas del Universo, lo cual conlleva un ejercicio intenso de abstracción.

Las dificultades que encuentran los estudiantes de Informática para definir a esta tienen calado similar.

Informática es la disciplina de la automatización del tratamiento de la información con objetivos de eficiencia utilizando tecnología de computación.

Los estudiantes de Química suelen encontrar sencillo definir el hidrógeno.

Hidrógeno es el elemento químico que tiene un solo protón.

Parece claro que el hidrógeno es un problema de talla pequeña. Aun así, es solo cuestión de determinismo encontrarle su vis de modelo de la familia: protio, deuterio y tritio.

Documentación científica y técnica

La documentación científica y técnica —libro, artículo, memoria, etc.—, como vehículo de referencia para la comunicación de los resultados de la investigación con fines de su homologación objetivadora, precisamente para mejor cumplir su

cometido, ha de propiciar que el destinatario adquiera el conocimiento que el autor pretende transmitirle.

La relevante contribución que la coherencia causal aporta a la finalidad comunicadora de la documentación es una razón poderosa para proponer cómo

Tabla IV.4. Definición de telecomunicación como modelo de la familia de problemas que abarca.

propiedades	inmaterial	instrumento transmisor
EJEMPLOS		
Telégrafo	si	sí
Videoconsola	si	sí
Ratón de ordenador	si	sí
Juguete teledirigido	si	sí
Antena parabólica	si	sí
Radiocomunicación	si	sí
Radioastronomía	si	sí
TELECOMUNICACIÓN	sí	sí
CONTRAEJEMPLOS		
Ferrocarril	no	sí
Autopista	no	sí
Correo	no	sí
Botijo	no	sí
Silbo gomero	sí	no
Paloma mensajera	no	sí
Comunicación entre delfines, ballenas	sí	no
Radiación cósmica, rayo, arco iris	sí	no

organizar los contenidos documentales.

Entre los criterios que emanan del método causal, destacamos que la secuencia expositiva puede hacerse coincidir con la secuencia metodológica de la creación del conocimiento y el documento adquiere esa misma coherencia argumental, lo cual favorece su comprensión.

La elaboración de la documentación simultáneamente con las acciones que la motivan, como parte de la actividad de creación del conocimiento para favorecer la concordancia del contenido documental con el asunto que trata produce en el

autor el nivel elevado de comprensión —sobre los contenidos del problema— que conlleva el esfuerzo de redacción y, con ello, al tiempo que se propicia el refinamiento de la solución, se favorece la oportunidad de incorporar al contenido documental los aspectos metodológicos.

La conocida máxima para protegerse de la procrastinación, adaptada a la elaboración de documentación científica y técnica, vendría a establecer:

No dejar para mañana la redacción del progreso de hoy.

Se produce una realimentación cruzada entre la actividad de resolución del problema y la elaboración de la documentación debido a que la redacción fuerza una reflexión sobre el proceso de resolución y, a su vez, esa reflexión contribuye a la inteligibilidad del texto debido a que consiste en pasar del nivel de comprensión necesario para entenderse uno mismo, al nivel de comprensión necesario para poder transmitir con efectividad; el cual es considerablemente superior.

Otras opciones, como redactar la documentación a posteriori, una vez que ha terminado el trabajo creativo, bajo el argumento de que hasta entonces no puede garantizarse que sea suficiente el significado, adolecen de inconvenientes relevantes. Entre ellos, que la redacción adquiere connotaciones de complementariedad muy secundaria al trabajo relevante de crear, y que la redacción se convierte en una repetición mínimamente creativa de la resolución. Ese proceder resta creatividad, a su vez.

El libro compendia los preceptos arquitecturales del método causal hasta el punto de que su frontispicio, el título, es una definición resultante de contestar al "para qué". La estructura está plasmada en las páginas preliminares según establece el "cómo", antes de acceder al texto en sí, expresión y producto del "con qué".

En efecto, la respuesta al "cómo" es la que se materializa en el índice. La concordancia con el método causal justifica, también, que la ordenación sea título, índice y cuerpo del libro.

En cuanto al estilo de redacción, es buena estrategia considerar que la documentación es el instrumento de comunicación entre quien se ocupa de resolver el subproblema analítico y quien resuelve el subproblema sintético.

Al analista le corresponde redactar con actitud de facilitar la actividad de la realización y por ello, procurar la concreción y tratar de evitar la ambigüedad. Un instrumento poderoso para que el texto sea efectivo, además de la propia semántica directa de la redacción, es el empleo de recursos subliminales, como tratar de influir en la actitud del lector mediante el empleo de estructuras

argumentales positivas y constructivas si lo que se quiere es provocar empatía. Evidentemente, el rigor científico ha de propagarse e impregnar también la vertiente filológica cuando se trata de redactar documentación científica.

Al receptor le corresponde leer con actitud de poder sintetizar lo analizado.

Si el criterio de redacción es que prevalezca el rigor por encima de todo, incluso por encima de la efectividad de la comunicación, la redacción tiende a formalidad de la gramática proposicional, propia de la Lógica —Sea la variable x , sea el dominio D ,... si se verifica..., entonces...—.

Eso, probablemente sea una recopilación de la formalidad científica pero puede adolecer de efectividad comunicativa y, en consecuencia, poner en juego la atención y la interpretación que haga el lector para completar los pasajes que no sean suficientemente explícitos o donde la expresividad formal tenga poca potencia.

En el otro extremo, cabe echar mano de recursos complementarios, ejemplos y anécdotas que ayuden a concitar el interés del lector y favorezcan la expresividad de la redacción.

Es buena estrategia introducir los conceptos progresivamente, utilizando sucesivos formatos de expresión, inicialmente procurando la transmisión de las ideas incluso con sacrificio del rigor y, seguidamente, puntualizando, corrigiendo o concretando aspectos.

Por ejemplo, para poner el título, no nos duelan prendas en relajar el rigor; seamos muy comunicativos, de manera que podamos albergar la expectativa de que el título interese universalmente.

Como quien se aventura a leer el índice ya demuestra un grado de interés, seamos comunicativos pero que no falte el rigor. De hecho, al estructurar, introducimos más significado. Digamos que en el índice, es menos indispensable ser sumamente efectivos en la comunicación.

En cuanto al empleo de ejemplos, aunque la casuística es muy diversa, como reglas generales, si es posible, que sean de otro dominio, mejor cuanto más universal, que eso ayudará al lector a abstraer esencia.

Los ejemplos podrán ser paradigmáticos, es decir, representantes típicos del concepto en cuestión; abstractos, para incidir en la esencia, e incluso contrarios —contraejemplos—, para poner de relieve lo que no es procedente. La tabla IV.5 muestra el esquema de organización causal de los documentos científicos y técnicos.

Tabla IV.5. Organización causal de los documentos científicos y técnicos.

Nivel	Sección	Capítulo	Apartado	Preguntas	Método	Aclaraciones
	Título			qué, para qué		Especificación funcional, nivel declarativo
	Índice					Árbol estructural, nivel arquitectural
	Cuerpo					Resultado, nivel operacional
	Preliminar					Información contextual
			Autoría	quién hace		Nombre, apellidos y filiación
			Datos bibliográficos	cuándo, dónde,...		ISBN, ISSN, datos editoriales...
			Dedicatoria / agradecim	para quién		Menciones especiales
			Prólogo o resumen	para qué, cómo, con qué		Explicación del contenido
			Palabras clave	qué		Descriptor para indexación
	Contenido					Solución, nivel operacional
			Introducción			Formulación motivada de la propuesta
			Motivación e hipótesis	por qué	Enunciación	Origen de la conjetura inicial
			Formulación			Definición modelar rigurosa del problema
			Modelado	qué	Abstracción analítica	☞ Marco abstracto de tratamiento del asunto
			Objetivos	para qué	Concreción analítica	☞ Enunciación de objetivos
			Resolución			Resolver el asunto
			Estructuración	cómo	Organización analítica	☞ Proponer los módulos
			Composición	con qué	Composición analítica	☞ Proponer los componentes
			Programación	las demás	Programación analítica	☞ Establecer el contexto de síntesis y verificación
			Resultado			Elaborar el asunto
			Recopilación	con qué	Recopilación sintética	○ Recopilar los componentes
			Integración	cómo	Integración sintética	○ Construir los módulos y ensamblarlos
			Verificación	para qué	Comparación	Valorar el resultado
			Discusión / Conclusión	qué, por qué	Aceptación	Argumentar la concordancia motivacional
	Clausura					Complementos del contenido
			Reconocimientos			Colaboradores, revisores,...
			Anexos			Suplementos, detalles, glosarios, aclaraciones...
			Epílogo			Corolario ulterior
			Referencias			Otras fuentes

Capítulo V

El contexto de realización

El hecho de que la solución arquitectural es independiente de las decisiones contextuales se hace más patente cuando el resultado es tangible. Lugar, precio, fecha, autoría, etcétera, claramente, no forman parte del lapicero; sin embargo, no se percibe con tanta claridad que la señora Rita interviene en el proceso de enseñar solo circunstancialmente. Ver la sección Definición causal, del capítulo IV.

Cuando la solución es del ámbito de lo intangible, la propia inmaterialidad de los componentes y los módulos de la solución puede disimular la distinción entre la arquitectura de la solución y las circunstancias en que obtenemos esa solución.

Por ejemplo, aprender Gramática se hace con recursos docentes, inmatrimales algunos de ellos, como la lección magistral y la actitud del discente pero que forman parte de la solución arquitectural, como evidencia el hecho de que distintas lecciones o distintas actitudes producen distinto aprendizaje.

Ni la pipirrana ni el aprendizaje, respectivamente, van a ser distintos por tener un precio u otro, pongamos por caso para ilustrar la independencia del contexto que tiene la solución arquitectural.

El grado operacional de conocimiento necesario para saber hacer la síntesis del resultado se obtiene completando el que proporciona la etapa instrumental con las decisiones de resolución que proporcionan las respuestas a las preguntas que todavía están pendientes.

No obstante, a diferencia de las decisiones instrumentales, es fácil entender la ausencia de un criterio general clasificatorio de las decisiones contextuales relacionada con la índole de las decisiones —temporal, económica, personalidad, localización, etc.— sino que, como se desprende de la experiencia, las circunstancias o intereses involucrados en la etapa de síntesis condicionan las decisiones que corresponde tomar sobre el contexto de realización en cada caso.

Por ejemplo, la creación de conocimiento motivada por interés personal, probablemente, concederá una importancia muy subordinada o incluso nula a las decisiones temporales y a las de los costes frente a las decisiones sobre la autoría.

Si se trata de un encargo, es previsible que las decisiones sobre los precios y el tiempo figuren entre las más relevantes.

Habrán decisiones que sean irrelevantes y por lo tanto, será innecesario formular las preguntas que las producen. Es el caso del color de las pilas de un juguete eléctrico o el medio de transporte que utiliza la señora Rita.

Esa ausencia de posibilidad clasificatoria universal para tomar las decisiones contextuales con independencia del problema a que se refieren, encontramos dos opciones:

- Acometer el subproblema contextual como un nuevo problema para resolverlo mediante la metodología formal causal: las decisiones contextuales del problema inicial que ahora motivemos como más relevantes adquirirán categoría de objetivo funcional y las demás se subordinarán a rango estructural y tecnológico. Este es el enfoque que se deriva de considerar al subproblema contextual bajo su naturaleza de problema.
- Profundizar en los fundamentos del proceso de síntesis con la finalidad de encontrar criterios que proporcionen metodología de resolución general. Este es el enfoque que se deriva de considerar al subproblema contextual bajo su naturaleza de modelo.

Estando ya comprendida la primera opción dentro de lo tratado en los capítulos precedentes, los siguientes apartados desarrollan un método específico para resolver el problema contextual que está basado en la genericidad que tiene la síntesis como proceso de producción de objetos.

Hemos de tener presente que la condición modelar de la síntesis está alineada con la finitud de la cantidad de decisiones contextuales pero que la naturaleza de esas decisiones o las preguntas contextuales que intervienen son diferentes de uno a otro caso.

Clasificación de las decisiones contextuales

Las preguntas que hemos abordado hasta ahora son: "por qué", para motivar el problema; "qué", para modelarlo; "para qué", para formularlo; "cómo", para estructurar su solución; y "con qué", para componerla.

Cualquier otra pregunta distinta de las de ese quinteto tiene la característica de que proporciona decisiones que, siendo parte de la actividad de resolver, no forman parte del objeto resultante.

De hecho, conforman las circunstancias en que ocurre la síntesis de esa solución y por ello modelan a esta última: contextualización de la síntesis.

Empíricamente, apreciamos que la síntesis ocurre en torno a un conjunto finito de las decisiones contextuales y que las infinitas decisiones restantes, simplemente, son ignoradas. Necesariamente ha de ser así en la práctica dado que la alternativa dejaría inacabada la síntesis por cuestión de infinitud.

La interpretación que proponemos a tal efecto es que, para la síntesis del resultado, son irrelevantes infinitud de las decisiones contextuales y, por lo tanto, es adecuado hacer abstracción de ellas mediante un ejercicio consciente de indeterminismo. El tratamiento conceptual es, pues, ignorarlas mediante abstracción.

Por ejemplo, siendo la pipirrana para consumo instantáneo —pocas horas— y dado que la merma espontánea de sus propiedades está cifrada en decenas de horas, acostumbramos a no hacer consideraciones sobre su fecha de caducidad: o se consume en el momento o se convierte en desperdicio.

Dentro del conjunto finito de decisiones contextuales que determinan efectivamente la síntesis, las hay que dependen directamente de la especificación estructural que ya hemos obtenido. Ejemplos de estas son: "dónde hacer la actividad productiva", "quién la realiza", "cuándo realizarla", "cuánto cuesta".

Ello da lugar a que las actividades de síntesis que se derivan de dichas decisiones puedan programarse con antelación a la propia síntesis o, lo que es lo mismo, que esta parte de la síntesis sea programable para realizarla repetitivamente en la síntesis de cada instancia de esa especificación estructural. El ejemplo emblemático de la familia de estas decisiones contextuales para sintetizar automóviles lo encontramos en la cadena de fabricación que propuso Henry Ford (Batchelor, 1994), (Curcio, 2013).

Las demás decisiones contextuales que intervienen en la síntesis, en cambio, tienen dependencia del indeterminismo que provocan las infinitas preguntas contextuales que han sido ignoradas. Ello da lugar a que sean dependientes de la propia actividad de síntesis y, por lo tanto, hay que tomarlas reactivamente, durante la ejecución de cada instancia de la solución. Ejemplos de estas es: cuándo aplicar determinado protocolo de excepcionalidad, por parte de quién, etc.

Hemos encontrado empíricamente que hay tres clases de decisiones contextuales para obtener una solución sintética a partir de una especificación estructural dada:

- Irrelevantes. Son las decisiones contextuales que no surten efecto en la síntesis de una especificación estructural dada y, por lo tanto, corresponden a las infinitas preguntas que se desechan.

Su tratamiento genera, pues, un subproblema contextual complementario, que consiste en seleccionar las decisiones de la síntesis.

- Preventivas. Son el conjunto finito de decisiones contextuales que tienen en común todas las soluciones sintéticas que pueden obtenerse a partir de cierta especificación estructural —acopio de componentes, integración de módulos, etc.—.

Repercuten en la etapa de síntesis mediante la infraestructura de realización ya que, debido a que se repiten para todas las instancias, pueden

Tabla V.1. Clasificación de las decisiones contextuales según el efecto que producen en la etapa de síntesis.

características		efecto sintetizador	clase de decisión	ejemplo
alcance	causalidad			
relevante	causal	infraestructura	preventiva	fijar el módulo motriz al chasis
relevante	casual	ocasional	reactiva	rechazar un motor defectuoso
irrelevante	causal casual	ninguno	irrelevante	color de la batería de alimentación

programarse. La cadena de fabricación en serie o el autómatas que gobiernan la mayoría de los pequeños electrodomésticos —cafetera, lavadora, etc.— son los ejemplos paradigmáticos de la síntesis vinculada al contexto preventivo.

Su tratamiento genera el subproblema contextual de planificación de la síntesis.

- Reactivas. Son el conjunto finito de decisiones contextuales específicas de cada instanciación o solución sintética —ensamblaje defectuoso, singularidades medioambientales de humedad, temperatura, etc.—.

Repercuten en la etapa de síntesis mediante acciones singulares que han de tomarse en tiempo de ejecución —a medida de cada instancia sintética—.

Su tratamiento genera el subproblema de contingencias contextuales de la síntesis.

Por construcción, hemos obtenido una partición del conjunto de las decisiones contextuales en esas tres clases, las cuales son disjuntas entre sí. La tabla V.1 y la figura V.1 muestran la clasificación.

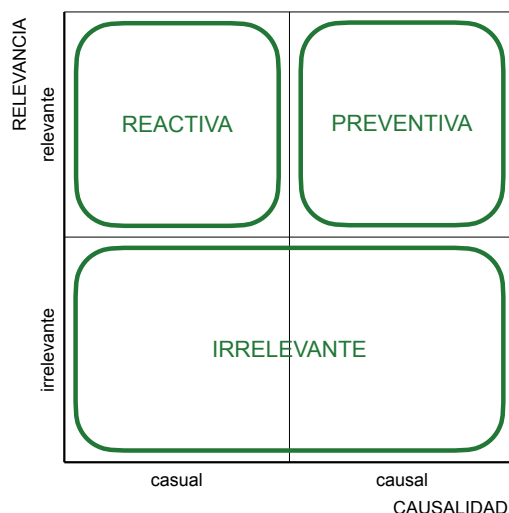


Figura V.1. Clasificación de las decisiones contextuales por su programabilidad.

Aprovechamos esta sección para presentar la estrategia sistemática que venimos utilizando a lo largo de todo el libro para establecer una clasificación entre las características de un problema con fines de descomponerlo en subproblemas de menor talla.

Siendo tres las clases de decisión contextual que queremos establecer, la estrategia consiste en determinar un conjunto de características relacionadas con el criterio clasificatorio de manera que las combinaciones de valores de esas características sean tres o más.

Como nos interesa diferenciar las decisiones contextuales por sus consecuencias en la síntesis y porque tengan causa en la resolución estructural o sean casuales de cada caso de síntesis, las características que tomamos en consideración son:

- Alcance de la decisión contextual. El concepto es análogo al de la definición alcance establecida en el capítulo III.

El alcance de una decisión contextual es su repercusión en la síntesis.

El dominio del alcance contextual es binario: {relevante, irrelevante}.

- Causalidad de la decisión contextual. Admite dos opciones, o hay causa y en ese caso esta radica en el subproblema analítico o, caso de no haberla, la

decisión contextual emana de una circunstancia casual correspondiente al subproblema de síntesis.

El dominio de la causalidad contextual es binario: {causal, casual}.

Una decisión contextual puede proporcionar infraestructura de síntesis o producir efecto fortuitamente en algunos casos de síntesis o no producir efecto alguno.

Cada decisión contextual corresponde a uno de esos tres casos y no puede pertenecer más que a uno de ellos. El teorema de fundamental de las relaciones de equivalencia entre los elementos de un conjunto establece, por lo tanto, que existe una relación de equivalencia entre las decisiones contextuales que produce las tres clases: preventiva, reactiva e irrelevante.

Esta clasificación justifica descomponer el problema contextual en tres subproblemas independientes entre sí, cada uno de ellos referido a las características de cada clase de equivalencia.

Los subproblemas son los siguientes:

- **Selección.** Es el subproblema contextual correspondiente a las decisiones irrelevantes. Dado que son las decisiones a desechar, su enunciado es una expresión vacía ya que el significado que tiene es nulo. Su utilidad práctica consiste en identificar, complementariamente, al conjunto finito de las decisiones contextuales que forman parte de las otras dos clases, esto es, enumerar las decisiones preventivas y las reactivas.
- **Planificación.** Es el subproblema de las decisiones preventivas. Consiste en dotar de significado suficiente al programa de las acciones que resuelven el subproblema de síntesis, esto es, establecer los valores de las características implicadas en las decisiones preventivas.

En el caso de que la síntesis consista en producir masivamente instancias, la solución al subproblema de planificación es la especificación de la cadena de fabricación en serie.

- **Contingencias.** Es el subproblema de las decisiones reactivas. Consiste en dotar de significado suficiente al programa de las acciones de síntesis que se requieren ocasionalmente debido a la aparición de circunstancias casuales de la síntesis que contravienen la causalidad del análisis.

La demostración formal de que el efecto sintetizador que tienen las decisiones contextuales establece una relación de equivalencia en el conjunto de dichas decisiones puede verse en el [anexo N](#).

Ordenación de las decisiones contextuales

Las clases de decisiones contextuales que se requieren para obtener soluciones sintéticas a partir de cierta solución arquitectural pueden ordenarse por la precedencia entre ellas.

Obtenida la especificación estructural, solamente puede acometerse el problema de selección de las preguntas contextuales. El problema de planificación de las decisiones preventivas requiere conocer cuáles son las preguntas seleccionadas. El problema de las contingencias tiene entre sus variables de entrada a los resultados de la planificación.

Análogamente al caso de la ordenación de las decisiones instrumentales que hemos abordado en el capítulo IV, sobre las decisiones contextuales está definida una relación de precedencia debido a que hay variables de entrada de unas clases que son variables de salida de otras. Los casos son los siguientes:

- Aunque las decisiones irrelevantes no llegan a existir, la selección se basa en la especificación estructural y, por lo tanto, solamente puede iniciarse tras la finalización del problema instrumental.
- Las respuestas a las preguntas preventivas requieren identificarlas previamente a partir del contenido de la especificación estructural. Como dicha identificación es el problema de selección, la planificación de las decisiones preventivas solamente puede iniciarse después de la selección.
- El subproblema de contingencias, además de la selección de las decisiones reactivas que van a tenerse en cuenta, depende de la planificación de las preventivas. Puede iniciarse después de la planificación.

Las decisiones y los problemas contextuales están estrictamente ordenados:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Irrelevante} < \text{Preventiva} < \text{Reactiva} \\ \text{Selección} \rightarrow \text{Planificación} \rightarrow \text{Contingencias} \end{array} \right.$$

En términos operativos, el método se concreta en la secuencia:

- Seleccionar las decisiones contextuales que son irrelevantes para sintetizar la especificación estructural. Debido a la infinitud de la cantidad de decisiones irrelevantes, la práctica consiste en la acción complementaria de seleccionar el conjunto finito de decisiones contextuales que son programables o reactivas ya que ese es el conjunto realmente involucrado en la etapa de síntesis.

- Planificar las actividades preventivas.
- Elaborar un programa de contingencias para resolver las incidencias de síntesis no planificadas.

La demostración rigurosa de que las decisiones contextuales están ordenadas estrictamente es análoga a la del [anexo M](#) sobre la inclusión instrumental.

Las decisiones preventivas que habitualmente se incluyen en el problema de planificación son las respuestas a las siguientes preguntas:

- ¿Quién lo hace?

La resolución de los problemas más complejos, cada vez más conectados con la realidad, provoca que su tipología evolucione desde la especialización hacia versiones en que los aspectos de otras disciplinas aumentan su incidencia, hasta el grado de requerir la colaboración de especialistas de las diversas disciplinas implicadas. El trabajo en grupos interdisciplinarios se constituye, de esta manera, en un contexto de interacción favorecedor de que los especialistas tengan acceso y se den a conocer recíproca y mutuamente los métodos propios de otras áreas. El rol del facultativo que dirige al equipo de especialistas gana trascendencia deontológica que, a su vez, es decisiva para la armonización del funcionamiento del equipo de trabajo. El fomento de las actitudes de criticismo, tenacidad y humildad entre los miembros del equipo es una de las claves para que sea exitoso. En este sentido, investigar, como actividad de crear conocimiento, es buscar donde, por no saber, a veces, ni siquiera se sabe si hay; pero requiere buscar con la confianza de que, al final, habrá hallazgo.

- ¿Cuándo se hace?

El proyecto de ejecución se propone usualmente con formato del plan temporal de realización de las actividades de síntesis y verificación que son programables, incluida la asignación de equipo humano y de recursos. En cuanto a las actividades reactivas, puede contener directrices para acometerlas bajo concepción de atención a las contingencias que se alcance a prever.

- ¿Cuánto cuesta?

Valora los costes de producción, tanto compras, salariales, etc., como amortizaciones, impuestos y demás indirectos.

- ¿Dónde hacerlo?

Determina las instalaciones, los lugares y sus dotaciones.

- ¿Cuál es la calidad?

Establece los indicadores de calidad del resultado —comúnmente llamados indicadores de éxito— cuya finalidad es servir de referencia al problema de verificación para valorar cuánto satisface la arquitectura sintetizada a los objetivos funcionales especificados —figura II.1—. El método causal facilita esta actividad gracias a que permite dotar al enunciado de la especificación funcional como una conjunción de predicados sencillos.

Las contingencias se resuelven analíticamente mediante bifurcaciones del tipo:

Si casual entonces reactiva.

El programa de actividad reactivo, esto es, la atención a la contingencia se hace efectiva en los casos de síntesis o de verificación que cursen con presencia de la casualidad, incidencia o eventualidad —averías, fallo de suministro energético, componentes defectuosos, etc.—.

Al ser la especificación estructural precedente de la selección, la secuencia de los problemas contextuales se enlaza por su extremo inicial con el final de la secuencia que produce la especificación estructural. Ver la figura V.2.

Por el otro extremo de la secuencia de los problemas contextuales, el enlace es con la resolución inspirada, mediante el arbitrio.

La resolución de los problemas inspirado e inmanente completa el problema de análisis y produce la solución analítica o proyecto de ejecución, que es el programa para la realización de los problemas de síntesis y verificación.

El recorrido de la etapa analítica ha discurrido, partiendo del nivel declarativo del enunciado del problema bajo el enfoque externo de tener conciencia de la existencia del mismo a través de su comportamiento fenomenológico —especificación funcional— para, tras resolver formalmente la parte teórica, añadir el enfoque interno esencial y el instrumental, que proporciona la capacidad arquitectural de rendir funcionalidad resultante de la organización estructural de los componentes —especificación estructural—.

Sigue la resolución del problema contextual empírico, que produce la solución con significado de especificación factual y, finalmente, las resoluciones inspirada e inmanente, que completan el significado hasta el nivel de solución analítica.

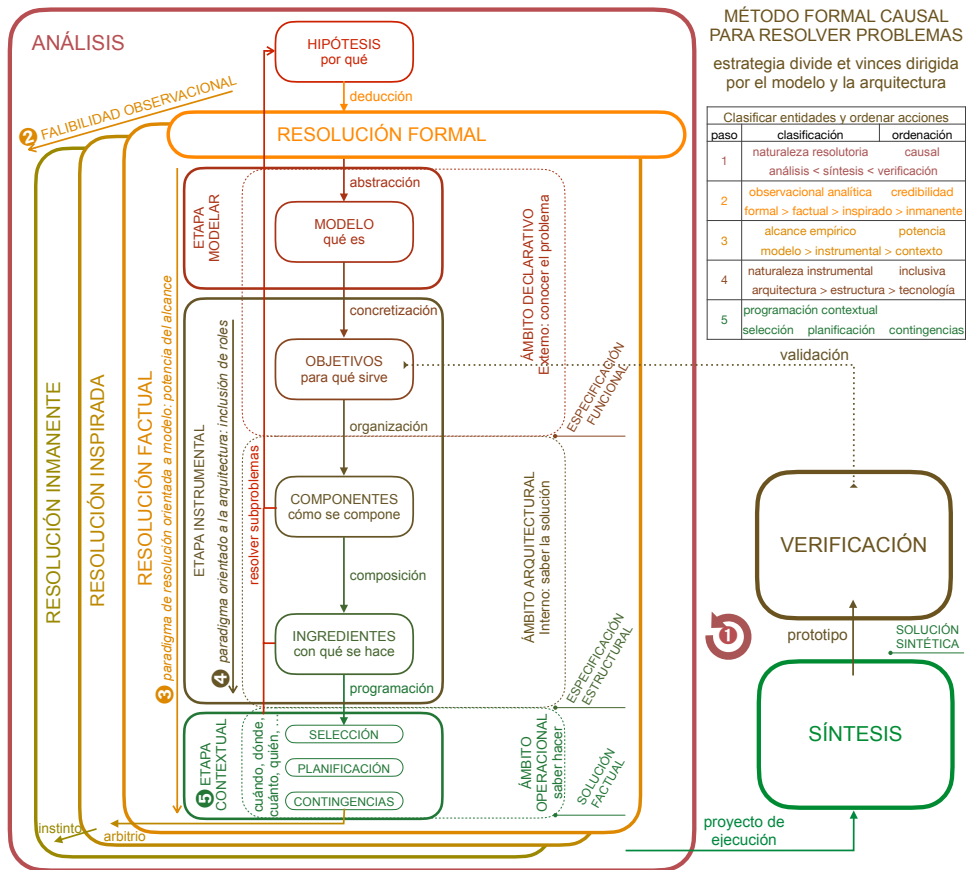


Figura V.2. Descomposición del problema contextual.

Si bien, conceptualmente, la solución analítica es una sentencia, en la práctica se concreta en el documento cuyo significado es la receta directriz de la síntesis y su verificación. Aquí el número singular para el término "solución" adquiere la connotación de ser indeterminado: partimos de un problema para obtener una de sus posibles soluciones analíticas y, de esta, obtenemos una de sus posibles soluciones sintéticas.

Dicho de otro modo, cada vez que iteremos el proceso de análisis o el de síntesis obtendremos, respectivamente, una solución analítica o una instancia de solución sintética. Eso incluye el caso de iterar instancias de solución sintética para una solución analítica dada, que es lo que viene llamándose producción.

La solución analítica se erige en la interfaz o proyecto de ejecución de la síntesis y la verificación, siendo su efecto más notorio que proporciona independencia entre dichas etapas: el análisis y la actividad productiva.

El efecto práctico es la posibilidad de que sean independientes entre sí las direcciones facultativas de cada etapa para:

- Prevenir la propagación de errores sistemáticos que pudieran generarse en la etapa de análisis. Por ejemplo, si durante el análisis se hubiera deslizado el término "exclusa" para aludir al sistema de compensación de diferencias de nivel, que la ejecución la dirija otra ingeniería distinta a la que hizo el diseño facilitará advertir la imposibilidad de que el diseño resuelva asuntos de rechazo.
- Dotar a la síntesis de la cualidad de ser verificación del análisis.

El sistema productivo

La secuencia metodológica causal —figuras V.3 y V.4—, en la medida que tiene la finalidad de crear conocimiento, apunta maneras de ser una propuesta formal de sistema productivo, si bien, hay que reconocer que recuerda poco a los términos y agentes que usualmente relacionamos con la producción: investigación, formación, innovación, desarrollo, producción, comercio, mantenimiento, empleo, fabricación, industria, universidad, administración pública, asociaciones empresariales, institutos tecnológicos, organismos municipales, servicios, agencias, etc.

El cometido de generar progreso y beneficio social que tiene el sistema productivo extiende su alcance a la práctica totalidad de la actividad humana, lo cual es un indicio de que la gestión del todo y de muchas de sus partes puede ser considerablemente compleja.

La empiria al uso propone que el sistema productivo consiste en la cadena: Investigación + Desarrollo + Innovación + Producción + Explotación + Recuperación, como muestra la figura V.5.

$$I + D + I + P + E + R$$

Es imperioso acordar definiciones para los nombres de la cadena a fin de facilitar la comunicación. La objetivación de lo que aquí decimos, al surgir de la aceptación que tenga entre la comunidad, aconseja recurrir al diccionario de referencia de nuestra lengua (Lengua, 2001):

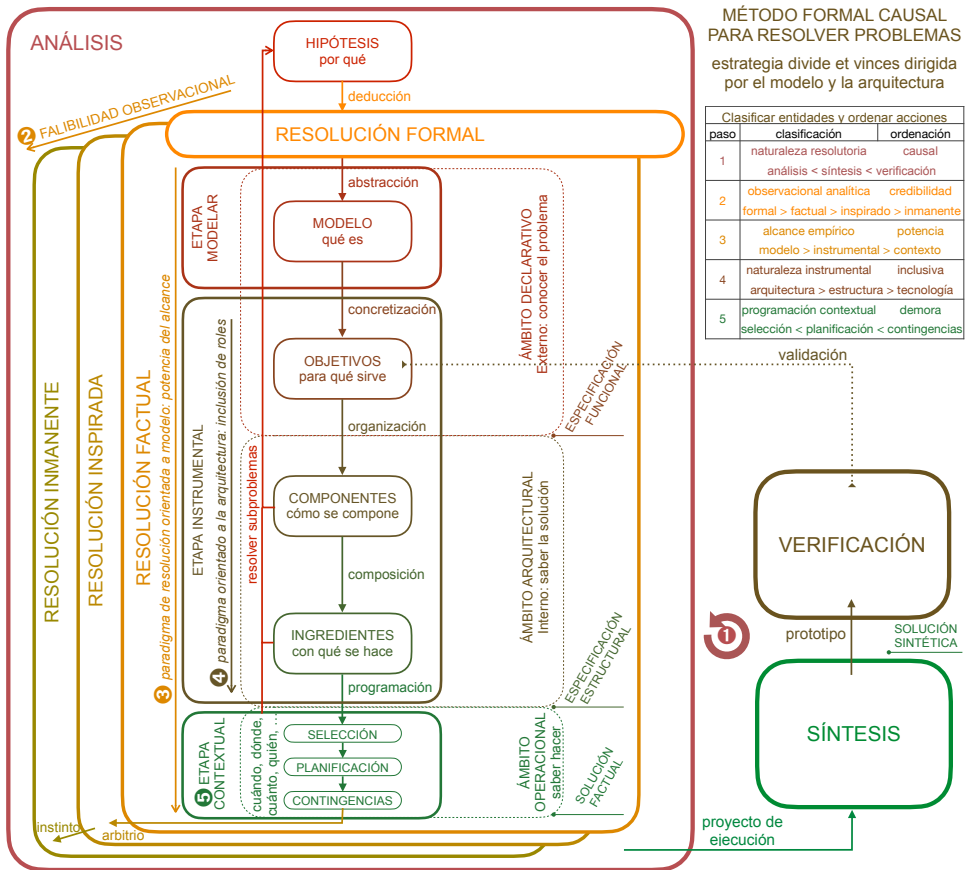


Figura V.3. Ordenación de los problemas contextuales y formación de la cadena productiva.

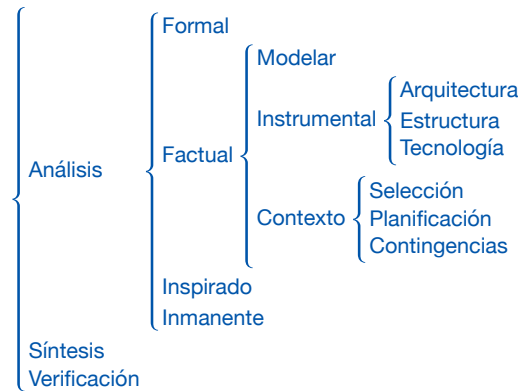
- Definición DRAE de "investigación" —acepción 1—: Acción y efecto de investigar.

Investigar —acepción 1—: Indagar para descubrir algo.

Indagar —acepción 1—: Intentar averiguar algo discurriendo o con preguntas.

Luego, podemos convenir: "investigación" es la acción y el efecto del intento de averiguar algo discurriendo o con preguntas.

- Definición DRAE de "desarrollo" —acepción 1—: Acción y efecto de desarrollar o desarrollarse.



Formal → Modelar → Arquitectura → Estructura → Tecnología → Selección →
 → Planificación → Contingencias → Inspirado → Inmanente → Síntesis → Verificación

Qué → Para qué → Cómo → Con qué → Preventivas → Reactivas → Arquitectura → Para qué

Figura V.4. Árbol causal de resolución de los problemas y cadena productiva.

Desarrollar —acepción 3—: Realizar o llevar a cabo algo.

Luego, podemos convenir: "desarrollo" es la acción y el efecto de llevar a cabo algo.

- Definición DRAE de "innovación" —acepción 2—: Creación o modificación de un producto, y su introducción en un mercado.
- Definición DRAE de "producción" —acepción 1—: Acción de producir.

Producir —acepción 5—: Fabricar, elaborar cosas útiles.

Luego, podemos convenir: "producción" es la acción de fabricar, elaborar cosas útiles.

- Definición DRAE de "explotación" —acepción 1—: Acción y efecto de explotar.

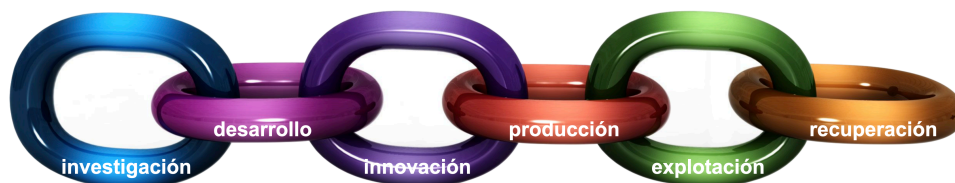


Figura V.5. La cadena productiva I+D+I+P+E+R.

Explotar —acepción 2—: Sacar utilidad de un negocio o industria en provecho propio.

Luego, podemos convenir: "explotación" es la acción y el efecto de sacar utilidad de un negocio o industria en provecho propio.

- Definición DRAE de "recuperación" —acepción 1—: Acción y efecto de recuperar o recuperarse.

Recuperar —acepción 1—: Volver a tomar o adquirir lo que antes se tenía.

Luego, podemos convenir: "recuperación" es la acción y el efecto de volver a tomar o adquirir lo que antes se tenía.

La aparente disonancia entre el método causal y la cadena productiva obedece a la diversa granularidad con que hemos representado a uno y a la otra. Es más fácil encontrar parecido de la cadena productiva con la secuencia formal causal de resolución de los problemas —figura II.4—:

- El subproblema de análisis podemos entenderlo como una aproximación a la subcadena de la investigación.

I + D + I.

La subcadena de la investigación viene a ser "averiguar algo, llevarlo a cabo y crearlo". Cualquier eslabón o la subcadena puede ser considerada un problema —la subcadena de investigación coincide con el método causal cuando la prescripción es obtener prototipos—.

Cuando la prescripción es productiva, la subcadena de la investigación se orienta, sobre todo, a producir el proyecto de ejecución, esto, a resolver el problema analítico.

- La secuencia de los subproblemas de síntesis y de verificación están más emparentados con la subcadena de la producción.

P + E + R.

La subcadena de la producción viene a ser "la acción de elaborar cosas útiles, sacarles provecho y volver a lo que antes se tenía". Relacionar la producción con el problema de síntesis es inmediato.

La explotación puede considerarse como una versión exhaustiva de la solución al problema de verificación aplicada a cada una de las instancias que se producen, a lo largo de toda su vida útil.

Entre los muchos beneficios de este enfoque, la programación del mantenimiento adquiere carta de naturaleza como uno de los subproblemas de problema contextual de planificación —mantenimiento preventivo, muy avanzado en sectores de fabricación sistematizada, como el del automóvil— o de las contingencias —mantenimiento reactivo, frecuente en sectores artesanales, como la edificación—.

La recuperación, por su parte, es la versión sostenible de lo que, se consideraban residuos en otro tiempo, cuando la hipótesis contenía implícitamente el concepto de disponibilidad inagotable de recursos —preconcepto—. Esa hipótesis de infinitud ha dado lugar tradicionalmente a la solución tácita de desechar.

La aceptación de que los recursos están limitados es un cambio de paradigma que hace explícita la resolución del problema de la recuperación. Bajo la metodología causal, encaja como el hito final que sigue a la parte del problema de verificación que llamamos mantenimiento y, corresponde resolverlo también como un subproblema del problema contextual de planificación.

El automóvil y la electrónica son sectores que presentan soluciones de recuperación muy avanzadas.

En cambio, en otros ámbitos, como el de la legislación, aun no se utilizan soluciones robustas para la retirada de leyes que decaen, sino que las derogaciones suelen recibir tratamiento de corolario de otras leyes. Ese enfoque recuerda a las soluciones reactivas que tratan las contingencias.

Harían bien los abogados y los políticos avanzando hacia soluciones planificadas del mantenimiento de la vigencia legal y normativa, por ejemplo, incluyendo en el texto legal calendarios de revisión o confirmación de legitimidad.

Alternativamente, proponerle al prescriptor la recuperación como una de las motivaciones —cosa que siempre puede hacerse— proporciona argumentos publicitarios orientados a presentar como hacer bien lo que es dejar de hacer mal. Frente a eso, hay quienes optan por gastar en propaganda engañosa: nótese los excesos que cometen algunas grandes empresas energéticas y de los hidrocarburos en presentarnos, por ejemplo, briosos corceles corriendo por las autopistas mientras suenan conciliadoras composiciones musicales, como si no fuera que el tráfico rodado es todavía uno de los principales contaminantes químico y acústico.

Los agentes del sistema productivo

El sistema productivo involucra en alguna medida a cada uno de los órganos de la sociedad. No obstante, cuatro de ellos tienen protagonismo de primer nivel y su buena coordinación es decisiva. Son el sistema investigador, el empresariado, el sistema financiero y la Administración Pública.

El sistema investigador

Investigación, desarrollo e innovación constituyen una secuencia de actividad que se ha acuñado mediante el acrónimo de las iniciales concatenadas con el signo de sumar, y se propone en la actualidad como el sistema de creación de conocimiento (Chang 2017), (Malanowski, 2021), (Mir, 2008), (Muñoz, 2009), (Ordoñez, 2011), (Plaza, 2013), (Vidal, 2017).

Ahora bien, esa tríada dista de ser un sistema en sentido estricto toda vez que su resultado o finalidad carece de las características de completitud exigibles a los sistemas y se concentra en la parte eminentemente creativa del todo que constituye la producción encaminada a generar progreso y beneficio a la sociedad.

Nos ponemos quisquillosos con la denominación de sistema a la concatenación de la investigación con el desarrollo y con la innovación por establecer un contrapunto frente a lo que, a todas luces, es ejercicio pretencioso inconveniente debido a los equívocos que puede inducir.

El principal de esos equívocos lo encontramos en la relajación del compromiso con el resto del sistema productivo. En ciertas sociedades, los agentes de este ámbito competencial tienen cultura y, sobre todo, praxis de escasa permeabilidad con los agentes del resto del sistema productivo.

Más aún, el indicio está impreso en el acrónimo "I+D+i", que empequeñece el tamaño que corresponde a la innovación. No voy a entrar a considerar si esa es

una expresión de causa o de efecto para no mermar en jundia al desaguisado que desencadena considerar menor a la conexión con lo que completa el progreso y el beneficio para la sociedad.

Bajo la convicción de que ese acrónimo se apoya en una suerte de egocentrismo, desde aquí reivindicamos la capitalidad de los tres eslabones de la creación intensiva de conocimiento: I+D+I.

El sistema investigador se concentra fundamentalmente en la Universidad. Otros órganos de la investigación, tanto institucional pública como privada tienen considerablemente menos relevancia.

Adicionalmente, la doble condición que tiene la Universidad de producir conocimiento pero también de formar a los investigadores que nutren a todo el sistema investigador hace que los rasgos del sistema investigador universitario impregnen al sistema investigador en su totalidad. Por ese motivo, sin pérdida de generalidad, vamos a referirnos a su casuística.

El conocimiento y su creciente influencia en la sociedad han desencadenado formas inéditas de entender las relaciones entre uno y otra. Se trata de los estudios sociales, que se han convertido en un movimiento con vocación renovadora, como una alternativa a la reflexión académica y filosófica, propiciando la contextualización social de la producción gnoseológica.

Convendría que todo universitario profundizara sobre las misiones de la Universidad a partir de la obra de Ortega, el que reflexionando sobre la misión de la institución universitaria, tuvo el acierto de decirlo en conciso y en concreto: crear conocimiento, enseñarlo y hacerlo útil a la sociedad (Beraza, 2007), (Ortega, 1930).

Algo nos advirtió sobre la conveniencia de desarrollar investigación y docencia juntas porque es la forma de que se produzca realimentación positiva entre ambas y de que los estudiantes alcancen a conocer las claves de la creación artística, científica y técnica hasta sus últimas consecuencias.

Producir conocimiento mediante la investigación, propagarlo mediante la formación superior y devolver a la sociedad el beneficio de su inversión contribuyendo al desarrollo —cultural, tecnológico, sanitario, asistencial y, en general, en todos los aspectos de la actividad humana— convierte a la Universidad en el instrumento de generación, recolección y propagación del conocimiento, con alta responsabilidad en el impulso del progreso.

No siempre han sido fáciles las cosas para la Universidad Española. Mientras el resto de Occidente profundizaba a lo largo del siglo pasado en esa función trascendente de lo universitario, en esto, la dictadura nos jugó una de las más

malas pasadas: la mitad central del siglo transcurrió aletargados en una producción investigadora más que exigua, consecuencia de la cual, malamente había algo que enseñar en las aulas y menos, o sea, nada apreciable, que transferir a las empresas e incorporar al patrimonio cultural para ayudar en el progreso social.

Por eso la atrofia que estamos teniendo que superar sobre todo en los sectores productivos primario y secundario y el elevado grado de dependencia del conocimiento exterior que todavía no hemos conseguido superar.

La pregunta motivacional del método causal "por qué producir conocimiento", o lo que es lo mismo, "por qué investigar", justifica a esta actividad bajo el paradigma de existencia de demanda, siendo este un enfoque abierto que, aunque en el caso general considera la existencia de un prescriptor beneficiario del nuevo conocimiento, no excluye la coincidencia entre prescriptor y observador creativo. Las siguientes son características destacables de las universidades que operan bajo este enfoque:

- Han alcanzado alto nivel de excelencia y lideran las clasificaciones mundiales de calidad universitaria que valoran los indicadores de éxito y rentabilidad.
- Extienden su actividad investigadora hasta innovación con alto nivel de maduración y, por lo tanto, apto para transferir los resultados a la subcadena de la producción.
- Incluyen la innovación como parte de su actividad investigadora, lo que conlleva la realización de pruebas de concepto realistas. Ello fuerza la existencia de grupos de investigación transdisciplinares y requiere inversiones considerables.
- Categorizan las misiones universitarias subordinando la investigación a la transferencia y orientan la formación a satisfacer la demanda de las otras dos misiones.

Muchos sistemas universitarios se mantienen fieles a su génesis de hace varios siglos y han incorporado la investigación y la transferencia como misiones sobrevenidas. Emanan estilo de producción de conocimiento dirigida por la oferta. Las siguientes son características destacables de las universidades que operan bajo el paradigma orientado a la oferta:

- Ocupan posiciones modestas en las listas de clasificación de la calidad universitaria que valoran los indicadores de éxito.

- Concentran su actividad de creación de conocimiento en la investigación básica, con nivel de maduración alejado de lo transferible y, en consecuencia, de escaso interés para la subcadena de la producción.
- La orientación a la investigación básica facilita la organización mediante grupos de investigación especializados, más fáciles de gestionar que los transdisciplinarios.
- Siendo apreciable la factura de la investigación básica —hemeroteca y laboratorio—, se queda en modesta al compararla con los costes genuinos de la innovación. Nótese el equívoco de asignar consideración de coste a las muy rentables inversiones en investigación.
- Categorizan las misiones universitarias subordinando la investigación a la formación; y a la investigación la transferencia que, en consecuencia, difícilmente pasa de ser testimonial.

El empresariado

Hay unanimidad en considerar que la innovación es el motor del desarrollo económico y social. Las sociedades más avanzadas son las que más invierten en innovación (Castillo, 2013), (Malanowski, 2021), (Solana-Garzón, 2020).

Esa evidencia convierte a la gestión de la innovación en un factor estratégico de primer orden, a pesar de lo cual, la innovación que explotan numerosas empresas es de muy escasa intensidad, podríamos decir que la surgida espontáneamente en el entorno cercano de la propia empresa —ajena al sistema investigador—.

El riesgo y las inversiones que lleva aparejados son modestos pero lo es más el control que provoca sobre el progreso de la empresa. Da lugar a economías vulnerables que son poco competitivas.

Este contexto se agudiza para el caso de las empresas pequeñas y medianas debido a que sus recursos económicos y profesionales difícilmente alcanzan la capacidad mínima para avanzar por la vía de la innovación causal coherente.

La realidad es que abundan las empresas que consideran inaccesible la innovación causal, no espontánea, porque la ven como cosa del sistema investigador y, a este, como de otro mundo.

El encaje de las empresas orientadas a las innovación espontánea en el sistema productivo tiene las siguientes características destacables:

- Frente a invertir en innovación y asumir riesgo por la incertidumbre subsecuente, optan por adquirir resultados que sean seguros y sobre los que tienen control de los costes.
- Siguen el paradigma empresarial que podríamos denominar lucrativo, esto es, antepone el negocio a la fabricación y, por descontado, a la sostenibilidad.
- Basan su competitividad en diferenciarse de las empresas homólogas y en la reducción de los costes de producción.
- Aportan escaso valor añadido y son muy vulnerables a la globalización.

En el otro lado, las empresas más efectivas tienen las siguientes características:

- Colaboran intensivamente con el sistema investigador para obtener innovación causal coherente, asumiendo proyectos incluso con incertidumbre considerable.
- Siguen el paradigma empresarial que podríamos denominar innovador, que viene a consistir en anteponer fabricación y sostenibilidad a negocio.
- Basan su competitividad en establecer sinergias con otras empresas afines para poder acceder a las oportunidades de la globalización.
- Se trata de empresas intensivas en conocimiento, comprometidas con la responsabilidad social y la valorización del talento.

Corresponde al empresariado —representante genuino de la subcadena productiva— proporcionar las respuestas informales a la pregunta motivacional "por qué" y con ello, formular la conjetura inicial.

El sistema financiero

El progreso requiere inversiones y, en la medida que la innovación es el motor del progreso, es necesario financiar la innovación.

En la casuística de las inversiones en innovación, encontramos también diferencias si es el sistema investigador el que genera innovación autónomamente y si la innovación ocurre bajo demanda del empresariado.

Bajo el paradigma productivo orientado a la oferta de innovación, las inversiones en el sistema investigador consisten fundamentalmente en financiación a fondo perdido de la I+D con fondos públicos. La innovación apenas recibe atención

debido a que las inversiones que requiere son considerables y a que la expectativa de obtener retorno es baja debido a que puede no haber demanda. Ello da lugar a un sistema investigador sin capacidad económica para innovar, que se ve abocado a prestar atención minúscula a la "I" de la innovación. Al ser débil la innovación, la subcadena de la producción avanza de manera vegetativa, con escaso atractivo inversor, limitado al riesgo bancario, muy sensible al contexto social, político y económico.

Las inversiones en los sistemas productivos orientados a la demanda de innovación muestran que el sistema investigador se cofinancia mediante aportación pública y privada, extendida a los tres eslabones I+D+I. Las empresas demandantes de innovación inspiran confianza para atraer fondos privados de inversión.

La Administración Pública

La dependencia que el sistema productivo tiene de la Administración se percibe más intensamente por la vulnerabilidad que puede acarrear una Administración equivocada que por los beneficios directos que aporta la buena Administración.

Eso es consecuencia de que el papel regulador de la Administración ha de garantizar que el sistema productivo pueda producir beneficio social y contribuir al desarrollo del territorio pero, al mismo tiempo, el propio estamento administrador se convierte en finalidad de sí mismo, dejando en segundo plano el servicio al sistema productivo.

Es usual la organización gubernativa en ministerios de Ciencia y Educación cuyas competencias son las del sistema investigador y, por otro lado, ministerios de Industria y Economía, responsables de la subcadena P+E+R.

Es obvio que cada ministerio tenderá a favorecer a su subcadena y sobrevendrán dos efectos nocivos: polarización que tensa la cadena productiva y debilitamiento de los eslabones centrales por coincidir con las fronteras de las competencias que tienen asignados los órganos administrativos.

En efecto, abundan los programas de I+D y los programas de competitividad desconectados entre sí y, como consecuencia limitados a difusos objetivos puntuales.

Con fines de la establecer la estrategia de subvenciones e incentivos a las inversiones que realizan en I+D+I las empresas, la Administración ha establecido los conceptos fiscales de las actividades de investigación, de desarrollo y de innovación (Aldasoro, 2012), (BOE, 2014):

- Concepto fiscal de innovación: avance de interés particular para determinada subcadena P+E+R como beneficiaria única. El argot jurídico enuncia como subjetivo para la empresa ese avance y lo tasa en mejora sustancial. Bajo la metodología formal causal, su significado es el de producir avance en la etapa de síntesis.
- Concepto fiscal de desarrollo: avance en la capa arquitectural operativa —figura III.5— que es de interés colectivo para todas las subcadenas P+E+R que pueden ser conectadas con la subcadena I+D+I que produce la novedad. La jerga establece el avance en objetivo —la homologación de no ser privativo de ninguna empresa lo hace genuino del objeto—. Bajo la metodología formal causal, su significado es el de producir avance en el subproblema instrumental —arquitectura, estructura o tecnología— de la etapa de análisis.
- Concepto fiscal de investigación: avance en el núcleo arquitectural modelar —figura III.5— que es de interés colectivo para todas las subcadenas P+E+R que pueden ser conectadas con la subcadena I+D+I que produce la novedad. Como para el desarrollo, el avance es objetivo. Bajo la metodología formal causal, su significado es el de producir avance en el subproblema modelar de la etapa de análisis.

La fractura de la cadena

Es afortunado el símil de cadena además de por la secuencialidad que representa, por lo bien que sirve para argumentar sobre las tensiones a que se ve sometido cada uno de los eslabones debido a su propia naturaleza y las tensiones que tiene que soportar la cadena en su conjunto, transmitidas entre unos eslabones y otros.

Debería ser obvia la relevancia de que todos los eslabones del sistema productivo estén adecuadamente conectados y que la tensión de la cadena esté distribuida uniformemente ya que, en caso contrario, se verá mermada su efectividad para cumplir el cometido que se espera.

Como venimos indicando, hay aceptación generalizada de que la cadena productiva consiste en la concatenación de las dos subcadenas siguientes:

- I+D+I. Genuinamente está considerada patrimonio del ámbito científico y se rige por los cánones que le son propios a dicho ámbito.
- P+E+R. Es la subcadena del dominio empresarial y, en consecuencia, se rige por los parámetros de ese dominio.

Junto con el simbolismo que pueda contener ese planteamiento, este es un buen punto de partida para contribuir a superar la fractura que arrastra la cadena productiva desde tiempo inmemorial (Dellana, 2014), (Shao, 2021), (Soon, 2011).

La debilidad de la conexión entre la innovación y la producción se debe, en gran medida, a la disonancia entre los fines del mundo científico y los del mundo empresarial. No obstante, también hay motivos enraizados en la naturaleza de la propia cadena que contribuyen como causas intrínsecas a la fractura.

Enumeramos solamente unos cuantos aspectos para poner de manifiesto que existe contraposición entre algunos de los fines de la investigación y otros fines de la producción:

- El conocido interés del científico por la justificación mediante la teoría puede llevarle a subordinar el logro de la utilidad. La razón de ser del empresario, en cambio, es la materialización de resultados, incluso por encima del purismo técnico.
- La finalidad empresarial es el negocio en su sentido más amplio —cultura, servicio, producción, etc.—, siempre sujeto a las buenas prácticas profesionales. El compromiso del científico —técnico, humanístico, social, etc.—, en cambio, es con el rigor de los conceptos.
- El empeño de la investigación es el descubrimiento y la incertidumbre es el hábitat del investigador. Enfrente, la producción se garantiza mediante el control del riesgo y el aprovechamiento de la oportunidad.
- La investigación utiliza intensivamente la abstracción, y la producción ha de ser concreta, forzosamente.

Otras causas de tensión no menos demoledoras son las debidas a los plazos del retorno de inversiones. En términos generales, los retornos se acortan a medida que progresamos hacia el final de la cadena empresarial y, en el ámbito científico, el retorno directo de las inversiones no está garantizado y si se produce suele ocurrir a medio y a largo plazo e incluso en plazo muy largo.

Hay tensiones propias de la subcadena P+E+R, debidas a cierta apariencia de conservadurismo que, más bien, es expresión de prudencia.

Otra fuente interna de tensión entronca en la urgencia por rentabilizar que habitualmente atenaza a la actividad empresarial, sobre todo, las pequeñas y medianas empresas.

En el lado I+D+I, las tensiones internas obedecen a la dificultad para considerar las restricciones de inmediatez y al freno a la creatividad que suele caracterizar a

los requisitos contextuales inherentes a la materialización utilitaria —el científico es más dado a la pasión por descubrir que al aliciente de producir—.

La mayoría de las sociedades occidentales, a partir de la revolución industrial, fueron adquiriendo conciencia de la trascendencia de que la cadena productiva estuviera bien cohesionada y han llegado a los tiempos actuales con capacidad productiva en I+D+I y de transferencia de esos resultados al subsistema P+E+R, esto es tanto como decir que tienen capacidad productiva propia.

Enfrente, algunas sociedades, son ejemplo paradigmático de la envergadura que puede llegar a adquirir la fractura entre las dos subcadenas. La fragilidad del sistema productivo español respecto de los países de nuestro entorno es, en gran medida, la evidencia de la débil cohesión de nuestra cadena.

Entre las numerosas iniciativas que continuamente están surgiendo para restañar la fractura productiva, algunas que podrían llegar a ser fructíferas en nuestro entorno inmediato valenciano son la AVI (AVI, 2022) y el Proyecto AE-20L (García, 2020).

A las causas intrínsecas de la fractura de la cadena productiva se superponen otras extrínsecas, como la que hemos señalado de superponer sobre el punto débil natural los conflictos de intereses organizativos y de la Administración, así como la concepción dicotómica de las inversiones en una y la otra subcadena.

La figura V.6 ejemplifica algunas causas intrínsecas de la fractura de la cadena productiva mostrando la contraposición radial entre los objetivos de los principales actores del sistema productivo. La figura V.7 ejemplifica algunas causas extrínsecas de la fractura.

El bricolaje

Siempre con un punto de ánimo festivo, este ejemplo está planteado a modo de ejercicio sobre una actividad que, al menos en su esencia, dista de ajustarse a los cánones de la sistematización que venimos propugnando.

El bricolaje es esa actividad artesanal que se manifiesta en obras de carpintería, fontanería, electricidad, etc., realizadas en la propia vivienda sin recurrir a profesionales; podríamos decir que es la actividad casera de hacer apaños, componendas y reparaciones.

Para ser un poco más rigurosos, lo definiríamos como algo así:

El bricolaje es la actividad creativa de ingenios con prestaciones relativamente modestas, basándose en criterios de relajar las decisiones

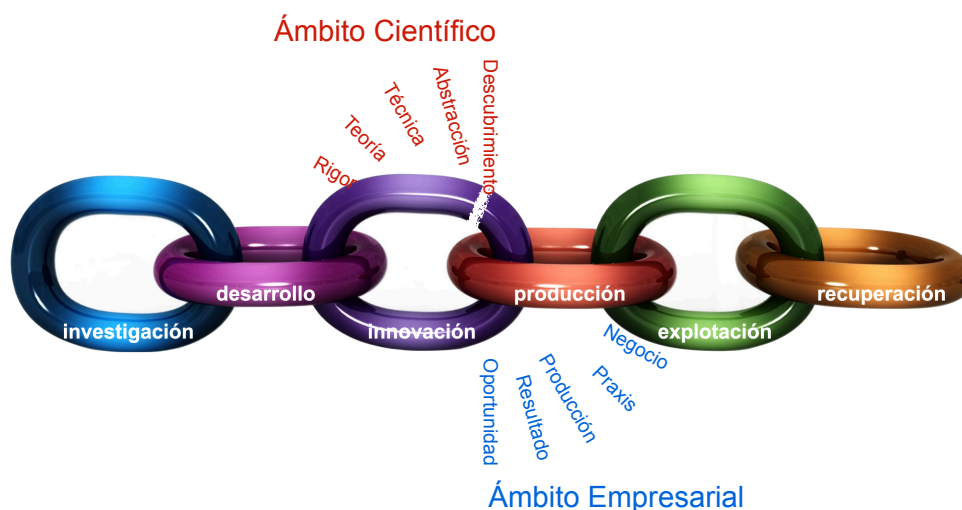


Figura V.6. Factores intrínsecos de la fractura de la cadena productiva.

contextuales sobre "quién", "cuándo" y "dónde", con finalidad de minimizar el subproblema "cuánto".

El abanico de posibilidades es muy rico: desde la llamada chapuza consistente en reparar una persiana soldando la lama dañada a su adyacente con cinta adhesiva; hasta equipar la terraza adquiriendo el material empaquetado, a falta de su ensamblaje, en los centros comerciales especializados.

Por cierto, que la idea ha cuajado incluso en iniciativas empresariales modélicas de alcance multinacional.

Otras propuestas sobre bricolaje la ofrecen las televisiones, que parecen hacernos el cumplido de asumir que disponemos del más rico arsenal de utillaje nunca imaginado y el de considerarnos poseedores de superpoderes.

También podemos encontrar soluciones prodigiosas, rayanas en la prestidigitación, del manitas que lo mismo reproduce la trama primorosa de un pañito que monta el video de las vacaciones del verano como si fuera una nueva entrega de "MacGyver".

Reparar la plancha

Reparar una plancha que tiene deteriorado el regulador de temperatura.

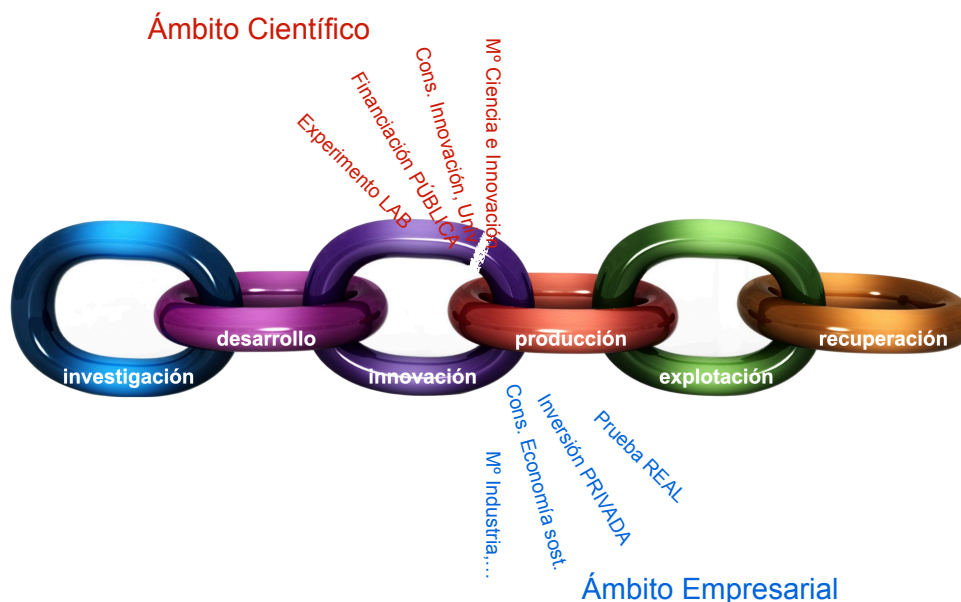


Figura V.7. Factores extrínsecos de la fractura de la cadena productiva.

Asumiendo el caso frecuente de la dificultad de encontrar un regulador de repuesto y la inviabilidad de reparación del actual, todo apunta a la solución que consiste en puentear el regulador. Es una improvisación que puede parecer arbitraria, pero requiere ciertos conocimientos de electricidad para evaluar las consecuencias de reemplazar una resistencia variable por otra de 0Ω .

En el marco de nuestra metodología, descomponemos el proceso de reparar la plancha en el subproblema analítico de proponer la solución —puentear el termostato después de descartar su sustitución y su reparación—, el subproblema sintético de realización —hacer la reparación— y el de verificación —atreverse a enchufar de nuevo la plancha para comprobar que funciona—.

El subproblema analítico, a su vez, lo descomponemos en el subproblema modelo —colección virtual de instancias de plancha que operan a cualquier temperatura fija perteneciente al rango que proporciona el termostato—, en el subproblema instrumental —crear una instancia de plancha de coste mínimo a partir de la plancha averiada— y el subproblema de contexto de la reparación.

Como las decisiones modelares ya fueron tomadas por el fabricante, pasamos directamente al subproblema instrumental. El proceder de arriba hacia abajo establece abordar en primer lugar las prestaciones, seguidamente los aspectos estructurales y, finalmente, decidir sobre los componentes.

La condición de minimizar el coste de reparación —genuino factor contextual— es, por definición, una decisión arquitectural del bricolaje. Sirve, en este caso, de argumento para descartar la sustitución del termostato y, asumida la imposibilidad de repararlo, procede puentearlo.

El subproblema arquitectural admite, entonces, la siguiente definición alternativa dentro del modelo: instancia de plancha que opera a la temperatura fija máxima.

La plancha averiada y el baratísimo puente —trozo de conductor— son decisiones que habitualmente declaramos como sobre la tecnología pero que aquí se han convertido en arquitecturales también.

La definición de bricolaje ha transformado a las decisiones sobre "quién", "cuándo" y "dónde" en decisiones arquitecturales. Las respuestas al respecto son sencillas: alguien que entienda un poco de electricidad, cuanto antes pueda y en el seno del hogar.

La estructura de la plancha reparada consistirá en dos módulos: vieja plancha y puente, y su organización será consistente con la fenomenología eléctrica que impone la circulación de corriente por el puente.

La única decisión contextual que permanece abierta pertenece al "cuándo". En este caso se concreta en el eslabón de mantenimiento y ha venido dado por la vía reactiva ante la contingencia de la avería.

El subproblema tecnológico de diseño de la solución es vacío debido a que se ha convertido en arquitectural, es decir, resuelve la capacidad de la solución.

Resuelto el suproblema de proponer la solución, el subproblema de realización sintética parte del acopio de los ingredientes vieja plancha y trozo de conductor. El ingrediente vieja plancha debe transformarse en el módulo vieja plancha desmontable y, también hay que construir el módulo puente a partir del componente trozo de conductor, lo cual da lugar a la estructura de la plancha reparada cuya organización consiste en el ensamblaje eléctricamente consistente de ambos módulos.

Aunque no podemos garantizarlo, tal vez nuestro meticuloso amante del bricolaje haya resuelto según ese procedimiento.

Otro aficionado no menos meticuloso, mi vecino Miguel, podría haber optado por la lógica de hacer lo que puede con lo que tiene, la cual lleva implícita la premisa de que no puede garantizarse la obtención del resultado deseado sino que habrá que contentarse con lo que pueda conseguir.

La propuesta de solución está basada ahora en decisiones arbitrarias —fuertemente impregnadas de estilo artístico o artesanal—, parece ser que en la línea de responder sucesivamente a "para qué", "con qué" y "cómo"

En ambos casos, la síntesis será, probablemente, idéntica. Si bien, uno habrá procedido bajo la sistemática causal y el otro habrá optado por el arbitrio para decidir sobre los aspectos que aparecen como indeterministas —las leyes eléctricas, la consideración de que puentear pertenezca a la tecnología, a la estructura o la arquitectura, etc.—.

Paradójicamente, a mi vecino Miguel que, a todas luces, es diestro en poner en juego la intuición, le describimos familiarmente como "el chapuza".

El presentador vasco

La actividad del director de un programa de televisión sobre bricolaje.

Lo que hace antes de enfrentarse a la cámara es resolver el subproblema analítico —probablemente complementándolo con la síntesis de un prototipo y su validación—.

Una vez en escena, ejemplifica el proceso de síntesis: primero elabora o hace acopio de los componentes —tecnología—, seguidamente procede a la integración de los componentes para construir los módulos —estructura— y al ensamblado de estos para obtener el ingenio en cuestión —arquitectura—.

La validación suele limitarse a una mera inspección visual y, tal vez, la comprobación de la utilidad más relevante.

El director del programa ha seguido el método causal rigurosamente y ha completado la creación de un objeto.

A pesar de que la temática del programa televisivo versa sobre bricolaje, algunos de los requisitos han sido rebajados ostensiblemente:

- Los costes mínimos se limitan a algunos ingredientes.
- El "quién" exhibe habilidades inéditas.
- El "dónde" es un recinto equipado sofisticadamente.
- Ello deriva en que el proceso de síntesis se compadezca muy poco con el concepto de bricolaje ya que abundan los adhesivos específicos, las máquinas-herramienta más insospechadas, etc.

El director del programa, lejos de un aficionado, resulta ser "el maestro" de la profesión de "aficionado a la creación de ingenios".

El presentador del programa televisivo de bricolaje, antes de ponerse delante de la cámara, obviamente, ha realizado el diseño del objeto que luego va a componer como si fuera un aficionado. Luego, eso sí que es trabajo metódico, sin improvisación.

El presentador, hecha salvedad de lo que improvisa, se plantea los objetivos y prestaciones en primer término y por eso, metodológicamente, puede considerarse el diseño intachable.

Para la realización, ese artista que nos obnubila desde el televisor con su habilidad, su locuacidad y por la fortuna de tener a mano el útil adecuado para cada operación; que no se despeina, ni suda, ni pierde la compostura porque todo le sale a la primera; ese, sigue la secuencia tecnología, estructura y arquitectura; según la cual, va elaborando partes y ensamblando componentes hasta materializar el ingenio y comprobar su funcionamiento. Estamos ante el proceso completo de diseñar y realizar un prototipo.

En general, los manitas del bricolaje parecen encajar su actividad en la secuencia tecnología, estructura y prestaciones, esto es, ir haciendo a partir de los elementos hasta armar el todo lo cual, al ser consistente con la naturaleza de los modos humanos más espontáneos de pensar y razonar, permiten suplir el desconocimiento de la disciplina a que pertenezca el ingenio o al menos, soslaya en parte las carencias.

En el negocio de los kits de montaje, es paradigmático el caso IKEA. La cadena de producción de este fabricante, lejos de estar orientada a fabricar los muebles, tiene la estructura para empaquetar los componentes en un kit sujeto a la restricción de "cabere en el maletero".

La condición de que el ensamblaje sea sencillo y sistemático —que habitualmente forma parte de lo estructural— está aquí formulada como una cuestión arquitectural.

Cierto es que su diseño analítico contempla el ensamblaje del mueble pero la actividad sintética de ensamblar, está resuelta mediante las decisiones contextuales de que lo haga el cliente en su propia casa.

El efecto sobre algunas de las decisiones contextuales es que no tiene coste imputable la mano de obra, ni el transporte del objeto montado que suele ser voluminoso, ni la secuencia de intermediarios de la comercialización.

En fin, se hace evidente que el bricolaje también forma parte de lo ingenieril.

Verificación causal

El tercero de los subproblemas de homologación gnoseológica es la verificación —figura II.4—.

En el caso del subproblema formal, la resolución deductiva establece la corrección de la solución y por lo tanto, todo lo que se requiere es garantizar que el proceso deductivo de resolución es correcto. Evidentemente, su ámbito está restringido a los problemas que podemos enunciar bajo sistemas formales siempre que su teoría nos proporcione suficiente capacidad operativa para la envergadura del problema. Ello conforma un abanico muy modesto del mundo de los problemas.

La resolución del subproblema factual, en cambio, requiere comprobar que la solución sintética satisface los objetivos funcionales del problema.

La actividad de verificación es la confirmación empírica de que la solución sintética es un miembro del problema considerado como modelo.

Lo que eso significa en términos de las preguntas resolutorias es que las respuestas que proporciona la pregunta "para qué sirve la solución sintética obtenida" han de proporcionar cobertura a las respuestas que obtuvo esa misma pregunta al resolver el subproblema de análisis.

Dado que la verificación enlaza los extremos de la cadena, constituye la prueba de corrección de la resolución del problema mediante el método causal.

Corresponde que la verificación de la solución a un problema forme parte como uno de los objetivos de la especificación funcional del problema y, subsiguientemente, el plan de pruebas sea definido como parte de la resolución del problema, probablemente como resultado de uno de los módulos estructurales. Cualquier otra estrategia para definir el plan de verificación puede incorporar carencias de causalidad que mermen el grado de confirmación.

El método formal proporciona criterios adicionales justificados causalmente para verificación parcial de las soluciones locales a los sucesivos subproblemas de la cadena.

La figura V.8 representa los hitos de verificación parcial para el proceso de resolución analítica. Son los siguientes:

- Verificación de objetivos. La confirmación es al nivel del problema para comprobar la concordancia entre el enunciado que emana de la motivación y la especificación funcional.

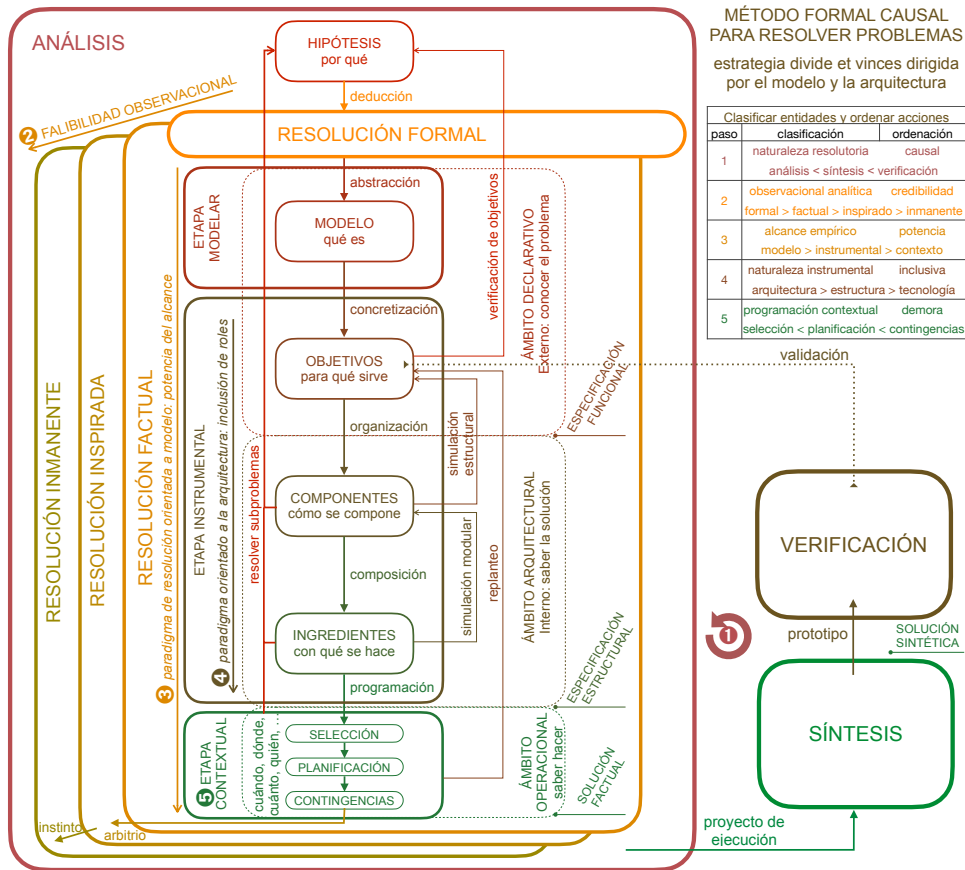


Figura V.8. Hitos de verificación parcial en la resolución factual de los problemas.

Cierra el bucle "por qué - qué - para qué" y reemplaza la conjetura inicial por su especificación funcional. Esta validación es previa a la resolución del problema y, dado que en ella intervienen la parte propositiva del problema y la parte facultativa que lo especifica, constituye el hito de compromiso —contrato— entre ambas. A partir de ese evento, el enunciado lícito del problema es su especificación funcional. La verificación, lejos de hacerse frente a la conjetura "bruta", se hace frente a la especificación funcional "corroborada".

- Simulación estructural. La resolución del subproblema estructural, dado que proporciona la arquitectura de la solución, incorpora criterio para verificar que esta tiene capacidad para satisfacer los requisitos establecidos en la especificación funcional.

La verificación que produce corresponde a cerrar el bucle "para qué - cómo" comprobando que los módulos estructurales de la solución junto con la organización entre ellos son los subproblemas en que queda descompuesto el problema que estaba especificado funcionalmente.

- Simulación local. La resolución del subproblema tecnológico se comprueba localmente para cada módulo estructural. La verificación que produce corresponde a cerrar el bucle "cómo - con qué" comprobando que cada módulo satisface su "para qué" local.
- Replanteo. Es la comprobación de la concordancia del programa de realización con la especificación funcional. Cierra el bucle "para qué - cómo - con qué - selección - planificación - contingencias", comprobando la idoneidad de las decisiones de resolución analítica.

Por considerarlos triviales, no están representados en el diagrama de la figura V.8 los hitos de verificación parcial del proceso de síntesis, pero por completitud, los recogemos aquí. Son las ratificaciones del programa de realización, del acopio de componentes y la validación local de los módulos estructurales.

En la medida que la verificación confirma el resultado de la solución sintética, la certidumbre que proporciona es sobre dicho resultado. Los casos usuales son los siguientes:

- Validación es el término para la verificación de prototipos. Estos acostumbran a consistir en abstracciones de la solución que abarcan los aspectos más notorios del problema y, complementariamente, ignoran aspectos de orden menor. Dependiendo de la intensidad de la abstracción, así será la de la incertidumbre remanente tras la verificación. Su valor es confirmar que la solución es susceptible de tener utilidad. Recibe nombres un poco más específicos, como prueba de concepto, etc.
- Control de calidad se refiere a confirmar la concordancia con la especificación funcional de la solución sintética.

La considerable componente fenomenológica que acompaña a la verificación conlleva gran dispersión de la casuística y ello incorpora ambigüedad y confusión sobre el alcance que tiene dicha verificación.

Las transacciones de conocimiento se soportan a menudo sobre significados abstractos de la solución —resumen, extracto, etc.— en un compromiso precario entre la operatividad y el rigor, con salvaguardas para retrotraer las operaciones —en caso de disconformidad, para proteger los derechos del cliente, etc.—.

El tratamiento al uso consiste en regulaciones normalizadoras arbitrarias de las cuales, la más extendida en el ámbito científico-técnico es el nivel de madurez (Animah, 2018).

La verificación completa la objetivación de la solución al ocurrir la independencia de dicha solución respecto de cada uno de los observadores. Constituye una actividad de inducción, en general incompleta y el efecto es que la confirmación queda limitada al alcance de la prueba.

La interpretación que venimos haciendo sobre el eslabón productivo como la resolución de los subproblemas sintético y de verificación prototípica inspira el encaje conceptual del eslabón de la explotación.

La explotación se refiere a la utilización de cada una de las soluciones sintéticas y, como tal, es la secuencia de procesos utilitarios —prestación de funciones— que cada solución rinde a lo largo de su vida útil.

Bajo el enfoque de resolución del problema, la explotación admite ser interpretada como una actividad de verificación exhaustiva e iterada que abarca a todas las instancias de solución en todas las interacciones fenomenológicas en las que participan.

Las soluciones sintéticas son entidades que interaccionan con otras entidades en fenómenos. Esas interacciones son los procesos de explotación en los cuales las soluciones sintéticas proporcionan su funcionalidad.

La explotación de la solución sintética adquiere, pues, la naturaleza de una prueba continuada de falsación que, en la medida que es satisfactoria, intensifica la validez de la solución —convergencia hacia la inducción completa mediante la prueba de muchas instancias en una amplia diversidad de condiciones y en numerosas ocasiones—.

Por su parte, el mantenimiento del objeto es, entonces, la parte del subproblema contextual encaminada a las decisiones sobre la etapa de verificación de la solución sintética a lo largo de su vida útil. Como en el caso del subproblema sintético, también aquí es válida la descomposición del contexto en las consabidas selección de los aspectos objetivo del mantenimiento, programación de acciones de mantenimiento —preventivo— y mantenimiento reactivo para contrarrestar hitos de explotación que devengan en fallo de funcionalidad —contingencias de utilización—.

Siendo el mantenimiento de la explotación parte consustancial del propio método causal, ganan fundamento las soluciones de mantenimiento basadas en normas y convenciones administrativas arbitrarias sobre el régimen de servicio —seguros, acreditaciones, garantías, etc.,—. Constituyen formas eficaces para

abstraer el indeterminismo al nivel de lo funcional. Es la manera de situar en un plano de igualdad al proveedor y al cliente.

El último eslabón de la cadena viene siendo objeto de una profunda revisión durante las últimas décadas. Todo indica que estamos asistiendo a un cambio de paradigma sobre el proceder que corresponde al finalizar su vida útil los objetos.

Hasta más de la mitad del pasado siglo XX, el sistema productivo ha sido desarrollado bajo la consideración de que los recursos eran inagotables y ello ha servido de argumento para desechar los residuos.

El desarrollo que llamamos progreso viene proporcionando evidencias de que los recursos tangibles son finitos objetivamente y de que la concepción consumista los agota o satura su capacidad operativa.

De ellos, el agua proporciona el más palpable ejemplo de agotamiento desde la antigüedad, habiendo desencadenado tantos fatales conflictos territoriales y tantos paradigmas de organización de la sociedad (Klare, 2020), (Rodríguez, 2013).

Los avances en el control del progreso que ha humanidad ha alcanzado durante el siglo precedente aportan evidencias progresivamente más contundentes de la necesidad de recuperar los recursos.

El paradigma de los últimos años ha propugnado recuperar la mayor porción posible pero con actitud inmersa en un marco de indefinición complaciente que tiene cabida para la mala praxis. En efecto, es inmediato constatar que los sectores que esquilman más intensamente son los que realizan mayores inversiones propagandísticas para realzar aspectos que favorezcan a su imagen incluso tergiversando.

Expresiones como "agricultura ecológica" las utilizamos para bendecir las más flagrantes contradicciones esenciales, en este caso, tratando de inducir forzosamente la imposible armonía entre la artificialidad agrícola y la naturalidad ecológica.

El término "sostenibilidad" para caracterizar la finitud de los recursos proporciona el paradigma de equilibrio entre la disponibilidad y el consumo.

El concepto de sostenibilidad es que la transformación neta que provoca la fenomenología productiva en el Universo sea considerablemente inferior a la cota de saturación, siendo esta última el valor por encima del cual no es posible la autorregulación.

Bajo la concepción de la metodología causal, la sostenibilidad corresponde incorporarla como parte de la especificación funcional a fin de convertirla en implícita a la solución.

Finalmente, aun reconociendo lo ingenioso que es el artificio de comerciar con el derecho para emitir cedós, esa práctica rezuma ontología de la de "estar más interesados en parecer que en ser".

De la retirada como producto de desecho que en otro tiempo fue el último eslabón de la cadena productiva, hemos pasado a nuevos modelos P+E+R encaminados a valorizar los tres eslabones: economía circular, recuperación de componentes, obsolescencia programada, supresión del mantenimiento reactivo, reemplazo de la propiedad por la adquisición de los derechos de uso, etc.

Capítulo VI

Experimentación y conclusiones

Utilización de Mayéutica

La experiencia de utilización del método causal abarca principalmente dos orientaciones: casos de estudio realizados por el autor y ejercicios prácticos realizados por estudiantes de los tres niveles universitarios —grado, master y doctorado— de la Universidad de Alicante.

Mayéutica es la plataforma web innovatio.iuui.ua.es/mayeutica que ejecuta el prototipo del asistente digital Mayéutica.

La experiencia de uso se extiende a 172 usuarios registrados que han realizado 207 proyectos.

Casos de estudio

Realización de los proyectos de I+D+I y estudios técnicos y profesionales que figuran en la tabla VI.1, durante el trienio 2019 - 2021, utilizando el prototipo del asistente digital Mayéutica.

Los cuatro de ellos que están recogidos en la sección "Estudio de casos" versan, respectivamente, sobre el diseño de sistemas digitales —informática—, definición de términos lingüísticos —semántica—, elaboración de planes de estudio —docencia— y especificación de un parque científico —organización de empresas—.

Además de las anteriores, otras disciplinas que abarcan los proyectos y estudios son: selección de personal, ingeniería industrial, fiscalidad, consultoría científica, ingeniería química y ciencias de la salud.

Dentro del recorrido que están teniendo los diferentes proyectos, destacamos que uno de ellos ha dado lugar a la constitución de una empresa de base tecnológica, varios corresponden a transferencia a empresas de resultados de la investigación y están avanzados los trámites para incorporar la formación sobre la industria del cannabis a los estudios propios de la Universidad de Alicante.

Tabla VI.1. Proyectos y estudios realizados con Mayéutica.

Plataforma digital para selección profesional objetiva
--

Creación del parque científico de Cochabamba
Definición mayéutica del término "enseñar"
Elaborar la memoria de creación de un puerto seco para la provincia de Alicante
Sistema para alertar a la población sobre emergencias
Plan de estudios propios de la UA sobre la industria del cannabis
Incorporar valor añadido a la marca JH2 mediante I+D+I
Desarrollo de tecnología para trazabilidad del cultivo del cannabis y modelo de negocio para explotarla
Desarrollo de un sistema avanzado de organización y gestión de negocio
Asesoramiento y asistencia científico-técnica en las actividades de investigación y desarrollo del proyecto Ozonotecnia
Plataforma de ayuda a la toma de decisiones de diseño en ingeniería
Sistema IoT para ozonización confinada a un volumen –dentro de un flujo de aire– para purificarlo
Proyecto AE-20L. Plan de competitividad de la plataforma empresarial de la provincia de Alicante mediante sucesivas fases con horizonte 2050
Mesa de trabajo del Proyecto AE-20L sobre disrupción tecnológica para contrarrestar las limitaciones actuales y para sortear los riesgos de obsolescencia funcional
Mesa de trabajo del Proyecto AE-20L sobre modernización para desarrollar las potencialidades que proporciona el cambio tecnológico y para acometer los desafíos que impone la competitividad
Mesa de trabajo del Proyecto AE-20L sobre vertebración para suscitar proyectos faro de alta escala y para promover sinergias territoriales, sectoriales y circulares
Mesa de trabajo del Proyecto AE-20L para materializar los ODS de la Agenda 2030 en las áreas industriales y en las empresas
Mesa de trabajo del Proyecto AE-20L para generar oportunidades de innovación y para alineamiento con los habilitadores de la economía del conocimiento
Mesa de trabajo del Proyecto AE-20L sobre innovación disruptiva para implantar la "Smart Industrial City" y para desarrollar demostradores de las tecnologías habilitadoras
Mesa de trabajo del Proyecto AE-20L sobre iniciativas estratégicas para la colaboración entre las áreas industriales y entre las empresas con la finalidad de compartir infraestructuras y expandir mercados

Formación

La utilización del prototipo del asistente digital Mayéutica forma parte de las destrezas de diseño de sistemas en dos planes de estudio de ingeniería y en la metodología de la investigación de formación de doctores:

Grado en Ingeniería Robótica

Las competencias de la asignatura "Comunicaciones", del tercer curso, incluyen capacitar al estudiante en la toma de decisiones de diseño de sistemas de comunicación.

Los alumnos reciben instrucción sobre los conceptos del método formal causal en las clases magistrales y sobre el entorno digital Mayéutica y su utilización en las clases prácticas mediante el diseño de un sistema de comunicación que ellos mismos proponen como prescriptores.

La evaluación es continua y está basada en las respuestas a las preguntas del propio método formal causal. Los alumnos defienden oralmente los resultados de su proyecto al finalizar el curso.

Los alumnos del curso 2021 - 22 han respondido anónimamente a la encuesta de veintiuna preguntas que muestra la tabla VI.2, para valorar la percepción que adquieren sobre el método formal causal y sobre la plataforma Mayéutica.

Han contestado con valores numéricos en el intervalo (0, 10) y, a la vista del sesgo de la muestra de 37 participantes, hemos normalizado los resultados a la escala siguiente:

- Sin respuesta: N
- Bajo: $0 \leq B < 7$
- Medio: $7 \leq M < 9$
- Alto: $9 \leq A \leq 10$

Tabla VI.2. Las preguntas de la encuesta.

N	Pregunta	N	B	M	A
1	Comprensión de la relevancia que tiene la secuencia creativa	1	5	21	10
2	Percepción de la habilidad adquirida para utilizar la secuencia creativa	0	10	23	4

3	Actitud de ejercitarse en la utilización de la secuencia creativa	1	6	22	8
4	Comprensión de la relevancia del diseño analítico	0	8	26	3
5	Percepción de la habilidad adquirida	2	5	27	3
6	Actitud de seguir ejercitándose en la utilización del diseño analítico	2	12	17	6
7	Comprensión de que el análisis parte de la causa del problema mediante la pregunta "por qué"	2	13	15	7
8	Comprensión de que la pregunta "por qué" respondida por el prescriptor del problema genera el encargo a realizar	2	11	15	8
9	Comprensión de que la pregunta "por qué" respondida por el ingeniero produce la hipótesis de trabajo	2	6	20	8
10	Comprensión de que el modelo identifica la naturaleza del problema y responde a la pregunta "qué es"	2	4	20	11
11	Comprensión de la relevancia que tiene el diseño orientado a la arquitectura de comunicación	1	9	18	9
12	Percepción de la habilidad adquirida para diseño orientado a la arquitectura de comunicación	0	9	24	4
13	Actitud de ejercitarse en la utilización de la secuencia de análisis-modelo-arquitectura	0	13	21	3
14	Comprensión de que la arquitectura es la capacidad funcional de la solución y representa la pregunta "para qué"	0	11	20	6
15	Comprensión de que la secuencia "por qué", "qué" y "para qué" produce la especificación funcional del problema con enfoque de "caja negra"	2	14	16	5
16	Comprensión de que los módulos estructurales se obtienen mediante la pregunta "cómo"	2	4	20	11
17	Comprensión de que la tecnología se obtiene con la pregunta "con qué"	2	4	22	9
18	Comprensión de que la respuesta a las preguntas "cómo" y "con qué" produce la estructura de la solución	2	7	17	11
19	Valoración del método de evaluación seguido en la asignatura	1	10	22	4
20	Opinión sobre la ayuda de las preguntas causales para mejorar la solución	2	5	16	14
21	Valoración de que exista una herramienta digital que guía para especificar el problema y para desarrollar una solución formalmente correcta	2	13	13	9

Los resultados muestran que los alumnos comprenden la importancia de abordar un problema mediante el método formal causal, que mejoran su capacitación para tomar decisiones de diseño y que tienen actitud de ampliar sus destrezas.

Master en Ingeniería de Telecomunicación

La asignatura "Proyectos Multidisciplinares de las TIC-I", corresponde al primer curso del plan de estudio.

Las competencias y objetivos formativos se orientan al diseño y desarrollo de grandes proyectos de telecomunicación inmersos en iniciativas más amplias de imbricación con otras disciplinas. Las principales de esas competencias son las siguientes:

- Capacidad para proyectar, calcular y diseñar productos, procesos e instalaciones en todos los ámbitos de la ingeniería de telecomunicación.
- Capacidad para la dirección de obras e instalaciones de sistemas de telecomunicación cumpliendo la normativa vigente y asegurando la calidad del servicio.
- Capacidad para dirigir, planificar y supervisar equipos multidisciplinares de desarrollo de grandes proyectos.

El plan de aprendizaje incluye clases magistrales y diseño asistido por computador, a partes iguales, con la finalidad de que entre ambos formatos docentes complementen las carencias formativas que cada uno de ellos tiene aisladamente.

- Las clases magistrales están encaminadas a transmitir conocimientos y a fomentar el debate de ideas para fijar las nociones, los criterios y los procedimientos fundamentales para resolver problemas mediante estrategia "divide et vincas", bajo el paradigma orientado a modelo y a la arquitectura.
- Las clases de diseño asistido por computador persiguen que el alumno se ejercite en las habilidades para concebir soluciones a problemas novedosos de naturaleza multidisciplinar, que sean de talla elevada, y a potenciar los criterios y la actitud de toma de decisiones de diseño en las TICC.

Los 114 alumnos que ha cursado la asignatura desde el año 2012 han recibido formación sobre el método formal causal a lo largo de los 10 cursos transcurridos. Así mismo, han recibido instrucción en la utilización del asistente digital de diseño Mayéutica durante los cuatro últimos cursos.

Tomando como parámetro objetivo la calificación que obtienen los alumnos en la asignatura, los resultados son los siguientes:

- El 30,70 % de los estudiantes adquiere conocimientos sobresalientes sobre el desarrollo de proyectos mediante el método causal.

- El 61,40 % de los estudiantes alcanza destreza notable en el empleo del método causal para el desarrollo de grandes proyectos.
- El 82,45 % de los estudiantes supera la asignatura.

Preguntados los alumnos al finalizar el curso, hemos obtenido los siguientes resultados en una escala de cero a diez:

- La comprensión de relevancia del método formal causal, percepción de la habilidad adquirida y actitud de ejercitarse en utilizarlo, sobre una muestra de 20 respuestas, obtiene valor 6,75.
- La comprensión de relevancia del diseño analítico y de su solvencia causal, percepción de la habilidad adquirida y actitud de ejercitarse en su utilización, sobre una muestra de 30 respuestas, obtiene valor 8,00.
- La comprensión de relevancia del diseño orientado a modelo, percepción de la habilidad adquirida y actitud de ejercitarse en su utilización, sobre una muestra de 20 respuestas, obtiene valor 7,30.
- La comprensión de relevancia del diseño orientado a la arquitectura y de su coherencia metodológica, percepción de la habilidad adquirida y actitud de ejercitarse en su utilización, sobre una muestra de 40 respuestas, obtiene valor 7,98.
- La comprensión de relevancia del proyecto de ejecución, percepción de la habilidad adquirida y actitud de ejercitarse en su utilización, sobre una muestra de 35 respuestas, obtiene valor 7,31.
- La preferencia por el diseño sintético, intuitivo, de abajo hacia arriba, para pequeños proyectos, sobre una muestra de 25 respuestas, obtiene valor 5,64.

Doctorado en Humanidades y Estudios Sociales de América Latina

El programa de doctorado del Instituto Universitario de Estudios Sociales de América Latina incluye la actividad formativa transversal obligatoria específica "Curso de programas y aplicaciones específicas para los Estudios de Humanidades y Estudios Sociales de América Latina" y la actividad formativa transversal optativa "Seminario de investigación sobre tecnología informática", ambas impartidas por el autor.

La tipología de los alumnos es muy diversa aunque en su mayor parte se han formado en el sistema universitario latinoamericano, muchos de ellos son

profesores universitarios y, en general desarrollan actividades profesionales en los ámbitos de las ciencias sociales y humanas, de la salud e ingenierías de la obra civil, la edificación, informática y otras.

Los alumnos utilizan Mayéutica para elaborar rigurosamente la especificación funcional del problema de su investigación que, con anterioridad, han propuesto fenomenológicamente en el plan de investigación de su tesis doctoral.

En su mayoría, aunque reconocen haber mejorado notablemente en su percepción sobre el problema que persiguen resolver, limitan la utilización del método formal causal a la etapa de especificación del problema, que es la finalidad docente de las actividades.

Aportaciones

La motivación de este trabajo es avanzar en las disciplinas del saber.

Los resultados del Círculo de Viena en su búsqueda de una teoría unificada del conocimiento evidencian el descomunal ejercicio de abstracción que es necesario poner en práctica para poder concebir una teoría explicativa de todas las disciplinas, cuando todo lo que tenemos es la evidencia del conocimiento acumulado —una teoría que explique las interacciones entre las partículas elementales, los fenómenos de la naturaleza, la vida, las organizaciones sociales, las sensaciones artísticas, las fantasías e incluso la inmanencia—.

La características que pueden tener en común varias disciplinas son menos a medida que aumenta el número de disciplinas que vamos teniendo en cuenta. Podemos concluir la no existencia de la teoría unificadora de las teorías, lo cual no es sino una consecuencia de que la concepción que tenemos de cada disciplina o la teoría que la soporta es el resultado de la especialización de las ideas y las artes que más eficazmente hemos conseguido utilizar en cada caso en cada tiempo.

Efectivamente, frente al contrasentido de tratar de unificar por la vía de lo que confiere la diferencia, está la opción de retrotraer la reflexión al momento gnoseológico previo a la disociación del conocimiento.

Ese es el hito que representa Sócrates, justo antes de que Platón propusiera la primera diferenciación del conocimiento entre el tangible y el que no lo es.

Hemos propuesto una axiomática observacional de la creación del conocimiento que concentra el sentir generalizado actual de que el conocimiento que tenemos sobre algo está mediado por la interacciones fenomenológicas en que los observadores advertimos las manifestaciones del algo.

La dependencia que inicialmente tiene de las habilidades del observador confiere al conocimiento la condición de ser subjetivo de cada observador debido a que la percepción y la interpretación son habilidades individuales.

Como esa circunstancia desprovee de valor colectivo al conocimiento, hemos propuesto su homologación mediante la aceptación comunicada dentro de una colectividad de observadores: una vez que todos ellos comparten el mismo conocimiento sobre algo, dicho conocimiento deja de depender de cada observador y, por lo tanto, solo es dependiente del algo —figura II.1—.

Este marco relativiza el concepto de "verdad" refiriendo su validez al colectivo de homologadores. Desechar definitivamente la pretenciosa vocación universalista de la verdad deberá ahorrarnos la tentación de imponerla a terceros observadores que sean ajenos al colectivo homologador. Por el contrario, hemos propuesto una concepción de la actividad de aprender como la actividad de investigar lo que otros ya saben. Los aprendices se convierten en nuevos observadores que engrosan el colectivo homologador del conocimiento.

La publicación científica encuentra justificación bajo la axiomática observacional como una más de las técnicas de aceptación comunicada homologadora. Llamamos la atención sobre las connotaciones postulares que la publicación científica ha adquirido por el uso. Haría bien la comunidad científica en ser crítica con esta actividad para garantizar su función.

Hemos propuesto una definición para el término "conocimiento" bajo la axiomática observacional que es adecuada para la metodología de su creación. Consiste en establecer que la actividad de crear conocimiento tiene su fundamento en la observación y que son las distintas opciones de observar —con percepción o no mediante los sentidos y según la interpretación que el observador haga de lo que percibe— las que tipifican el conocimiento que se obtiene. El significado del enunciado de una sentencia cognitiva adquiere la concepción topológica de constituir una bola de elementos de conocimiento.

Así, crear conocimiento es resolver problemas, los problemas son sentencias cuyo significado es insuficiente para que un observador lo distinga frente a otro conocimiento, y una solución a un problema es una sentencia que tiene significado singular, distinto de todo otro conocimiento.

Bajo la concepción topológica, encontramos que el problema de la demarcación científica emana de la insuficiencia de significado que tiene la definición de las teorías. Ello da pie a estrategias constructivas de expansión de las bolas topológicas para reducir teorías obsoletas en otras nuevas que incorporen las aparentes anomalías causantes de la obsolescencia.

El subproblema socrático de la ironía admite la interpretación de ser la primera parte del proceso de proporcionar suficiencia al significado empíricamente, empezando por definir claramente el problema, esto es, desvinculándolo explícitamente de significado espurio —habitualmente conceptos previos—.

La interpretación para el subproblema mayéutico es dotar al significado ironizado de la característica de diferenciarse de todo otro conocimiento.

Hemos propuesto la estrategia "divide et vinces" como base de la metodología para crear conocimiento —sea cual sea este— porque descomponer en partes más sencillas es una opción universal dado que depende exclusivamente de la voluntad del observador. En cambio, que la descomposición sea fructífera sí que puede depender del problema.

Nuestra aportación para descomponer los problemas es el paradigma "clasificar las entidades y ordenar las acciones", es decir, identificar colecciones de partes de la entidad con la finalidad de descomponer a la entidad en esas colecciones —reemplazar el problema de la entidad por los subproblemas de las colecciones de sus partes— y, seguidamente, definir la precedencia que pueda haber entre los subproblemas porque dicha precedencia establece el procedimiento —las acciones de resolución de los subproblemas pueden estar sujetas a restricciones de precedencia—.

Los llamados taxones en Biología y, en general, clases taxonómicas, son colecciones de partes de la entidad que pueden solaparse entre ellas. En consecuencia, al subproblema de dotar de significado a cada clase taxonómica se suma un subproblema de proporcionar significado por cada solape, con la condición añadida de compatibilidad para todas las clases taxonómicas solapadas.

La clasificación estricta de las partes de la entidad en colecciones que sean disjuntas entre sí —clases de equivalencia— tiene la ventaja de que el problema se descompone en un subproblema por cada clase de equivalencia.

Aportamos una técnica para clasificar sistemáticamente las partes del problema que consiste en considerar una cantidad de características —cualitativas o cuantitativas— cuya combinación de valores sea suficiente para establecer la cantidad de clases de equivalencia —de subproblemas— que se pretenda.

La naturaleza de las características es la que determina el enunciado que define la relación de equivalencia entre las partes de la entidad.

Como para resolver cada subproblema —dotar de suficiencia al significado de su correspondiente clase de equivalencia— puede ser necesario conocer la solución

de otros subproblemas, el análisis de precedencia entre los subproblemas es el que determina la prelación entre las acciones de resolución.

Mientras que la ausencia de restricciones de precedencia da lugar a la resolución de los subproblemas en cualquier orden —incluso la resolución en paralelo de subproblemas si el observador está capacitado para ello—, la existencia de orden estricto entre los subproblemas proporciona el algoritmo a seguir.

El paradigma resolutorio "ordenar las clases" nos ha permitido encontrar cinco criterios parciales para resolver el problema o algunos de sus subproblemas:

- La homologación gnoseológica entre el significado de la solución y el del problema es posible realizarla mediante la relación de equivalencia "naturaleza de la resolución".

Descompone las acciones de resolución del problema en tres subproblemas o procesos parciales de resolución. La causalidad ordena estrictamente que la resolución ha de comenzar por el análisis, le sigue la síntesis y, finalmente, la verificación. Sin perjuicio de que resolver de otra manera sea posible, el procedimiento análisis - síntesis - verificación es correcto formalmente. Porque el procedimiento de síntesis y el de verificación dependen intensamente de cada problema, no ha lugar pretender método que resuelva universalmente estos dos subproblemas sino, por el contrario, la receta para cada caso es el proyecto de ejecución que proporciona el análisis.

- Centrados, pues, en el subproblema analítico, la relación de equivalencia "observabilidad" descompone el análisis en cuatro clases: formal, inspirado, factual e inmanente.

Hemos generalizado el concepto popperiano de falsacionismo añadiendo a la refutación empírica, el arbitrio y el instinto como criterios de aceptación o rechazo. El resultado es la credibilidad que los observadores conceden al conocimiento. Dicha credibilidad ordena estrictamente las cuatro clases de análisis: formal, factual, inspirado e inmanente.

Frente a otros criterios que contraponen e incluso desacreditan unas clases de conocimiento frente a otras, el método de análisis que tiene máxima credibilidad consiste en resolver deductivamente —subproblema formal— la parte del problema que se tenga capacidad, continuar resolviendo empíricamente —subproblema factual—, agotado lo anterior, recurrir al arbitrio —subproblema inspirado— y, en último caso, al instinto —subproblema inmanente—.

Que desde el punto de vista artístico se considere menos valiosa la deducción que la intuición, simplemente obedece a que el criterio que se sigue, lejos de la credibilidad, es la creatividad.

La deducción ya tiene sus métodos —lógicos y matemáticos— que confieren credibilidad completa a sus soluciones y, por lo tanto, aplicar nuestro paradigma de clasificar seguido de ordenar no puede aportar más credibilidad a los resultados.

Aun así, debido a la formalización que aporta el trabajo expuesto en este libro, aplicar el método formal causal forma parte de la resolución deductiva y, tiene la ventaja de sistematizar el proceso de resolución.

La inspiración tiene también sus propios métodos —intuitivos o revelados— que persiguen, precisamente, los fines contrarios a la formalidad y a la reproducibilidad.

Cierto que, la coincidencia en el mismo problema con los subproblemas formal y factual contribuye a difuminar las fronteras de lo inspiracional. Así, la habilidad de Velázquez para resolver el problema geométrico de la iluminación en *Las Meninas* aparenta formalidad en lo que es intuición magistral. La necesidad de morir para resucitar —al estilo de la hibernación, cámara incluida— naturaliza la resurrección para el conjunto cristiano de observadores.

El miedo o el instinto de apartarse con rapidez al tocar algo muy caliente son soluciones de inmanencia intensamente subjetivas y, por tanto, alejadas de lo metodológico.

- En cambio, el subproblema factual sí que se deja tratar bajo el paradigma resolutorio " clasificar y ordenar las clases".

El alcance empírico que las decisiones de resolución tienen para contribuir a resolver el problema de interés y otros relacionados establece una relación de equivalencia que descompone al problema factual en los tres subproblemas correspondientes a las clases instrumental, contextual y modelar. De ahí se sigue que la solución queda estructurada en los módulos núcleo y capa arquitectural.

La potencia de las decisiones resolutorias —definida como la cantidad de módulos sobre los que repercuten— ordena estrictamente las clases: modelar, instrumental y contextual.

Un corolario inmediato es que la clasificación por alcance seguida de la ordenación por potencia de las decisiones de resolución proporciona un

marco formal al conocimiento que hasta ahora sabíamos crear empíricamente, esto es, formaliza al conocimiento empírico.

Que el mismo conocimiento siga siendo empírico o pertenezca a la superior categoría formal, es cuestión del método que empleemos para crearlo: si mediante la inducción experimental, empírico; si mediante la deducción modelar, deductivo o formal.

Se evidencia, pues, la trascendencia del método de su creación en la calidad del conocimiento. Esto ya veníamos haciéndolo, por ejemplo, para el problema de caer la manzana, resolviéndolo mediante la axiomática gravitacional que nos propuso Newton o sufriendo los golpes en la cabeza, como él mismo experimentó.

El subproblema modelar, para establecer la esencia de la solución, consiste en una sola decisión de resolución y, por lo tanto, carece de sentido aplicar el paradigma "clasificar y ordenar las clases". En cambio, hemos propuesto resolverlo topológicamente estableciendo la frontera de la familia portadora de la esencia del problema —su naturaleza o linaje—.

La geometría de la bola topológica tiene relevancia considerable sobre la computabilidad de la solución y, consecuentemente, de su automatización. Así, en un extremo, las bolas elipsoidales producen soluciones sencillas debido a su regularidad; mientras que, en el otro extremo, las formas libres son las de mayor complejidad y, por tanto, más difíciles de resolver.

Aportamos una justificación formal del paradigma de "resolución orientada a modelo" —más conocido en el ámbito del diseño ingenieril por su descriptor en inglés "model driven design"—. Dicha formalidad es la prelación de la naturaleza de la solución sobre sus detalles instrumentales.

- El subproblema instrumental puede ser descompuesto clasificando sus partes por la naturaleza o el rol que desempeñan en la composición de la solución. Las clases y subsiguientes subproblemas que resultan son: tecnología, arquitectura y estructura. La inclusión —condición de ser componentes unos de otros— ordena estrictamente la resolución mediante la secuencia arquitectura, estructura, tecnología.

Aportamos, pues, la formalidad al paradigma de resolución de problemas "orientado a la arquitectura" y a la técnica "de arriba hacia abajo" que vienen a dotar de coherencia causal a la resolución que establece en primer lugar la capacidad operativa de la solución y basa en ella la estructura y en esta última los constituyentes de dicha solución.

Aportamos la justificación formal de la concepción de arquitectura de una solución —sistema— como la capacidad que tiene la solución para proporcionar utilidad. Es decir, como la funcionalidad potencial de la estructura de la solución. La arquitectura viene a ser para la composición de la solución lo que es la funcionalidad para los objetivos del problema —punto de vista interno y enfoque de caja negra, respectivamente—.

Aportamos la justificación semántica del cuestionamiento socrático. Consiste en que las decisiones de resolución que requiere cada uno de los subproblemas que progresivamente hemos establecido, son el conjunto de respuestas que admite cada pregunta de la que hemos llamado ensalada de cuestiones. El ámbito semántico de cada pregunta y de sus respuestas coincide con el significado que se contiene en el subproblema.

Así, el método recorre la pregunta motivacional —por qué—, que establece la razón de ser del problema; la pregunta modelar —qué—, que asigna la naturaleza al problema; la arquitectural —para qué—, que establece la capacidad funcional de la solución; la estructural —cómo—, que responde a su composición en módulos; y la tecnológica —con qué—, que determina la constitución de cada módulo.

Aportamos la secuencia causal que dota al método socrático de coherencia formal.

- El subproblema contextual, que consta de las infinitas respuestas restantes, tiene restringido su efecto a los subproblemas de síntesis y verificación. Como parte del subproblema analítico, su resolución se concreta en la gestión de las decisiones contextuales.

La relevancia causal que tienen las decisiones contextuales para resolver los problema de síntesis y de verificación establece una relación de equivalencia que las clasifica en preventivas, reactivas e irrelevantes.

El establecimiento de las decisiones de resolución irrelevantes es una forma de determinismo intencionado que acota la cantidad de decisiones de las otras dos clases. Es el subproblema de selección del contexto de síntesis y de verificación.

La clase de decisiones preventivas da lugar al subproblema de planificación del contexto de síntesis y, de la clase de decisiones reactivas, se deriva el subproblema de atención a las contingencias que surjan en la síntesis y en la verificación.

La demora —condición de ser la solución a unos subproblemas parámetros para los otros— ordena estrictamente la resolución en la secuencia selección, planificación, contingencias.

Hemos propuesto una configuración de cadena —I+D+I+P+E+R— para el sistema productivo del conocimiento bajo la consideración de generador de beneficio social.

Aportamos la correspondencia de los eslabones de la cadena con los correspondientes pasos del método formal causal lo cual dota de coherencia a la cadena y proporciona criterios para superar la fractura de la innovación y la transferencia.

Frente a la fundamentación empírica del método científico —surgida del criterio de diferenciar a cada problema de todos los demás—, que Feyerabend encuentra anárquico, nuestra propuesta causal —entroncada con el universalismo socrático— confiere rigor formal al método científico. Así, el método que hemos propuesto:

- Es universal porque los criterios clasificatorios y de ordenación son independientes de los problemas, es decir, resuelve cualquier problema. El corolario es poder utilizar solamente un método para hacerlo todo.
- Es causal ya que cada decisión encaminada a la solución está basada en el significado previo —inicialmente el problema y, en las siguientes etapas, el significado de las sucesivas soluciones parciales—. El corolario es que la coherencia de la solución respecto del problema es máxima.
- Es formal porque tiene fundamento algebraico. El corolario es que el resultado tiene la máxima calidad.
- Es intuitivo porque ordena el método socrático justificando la abstracción irónica y la concreción mayéutica. El corolario es que trasciende a la especialización.
- Es analítico porque la descomposición del problema tiene prelación sobre la síntesis del resultado. El corolario es que la causalidad del resultado es máxima.
- Es esencial porque está orientado al modelo que confiere naturaleza al problema. El corolario es que su potencia resolutoria es máxima.
- Es arquitectural porque está orientado a la capacidad operativa de la solución. El corolario es que formaliza la técnica "de arriba hacia abajo".

- Es práctico porque es una metodología unificada para el avance del conocimiento. El corolario es la sistematización del prototipado y la producción.
- Es recursivo porque descompone los problemas en problemas de menor talla. El corolario es la sistematización de la resolución.

La aportación global es un método formal causal de resolución universal de problemas que proporciona especificaciones funcionales de los mismos y de las soluciones.

Como aportación para mis intereses personales, este libro contiene el tránsito entre el inicio, tiempo ha, de mi instrucción escolar bajo la adocrinadora "Enciclopedia Intuitiva, Sintética y Práctica" y el método formal causal de creación universal de conocimiento que, a la postre, ha resultado ser un "Método Intuitivo, Analítico y Práctico" (Álvarez, 1966), (González, 2020), (Santágueda, 2021).

Hablo de la evolución de mi sistema de ideas desde el estado de aprendiz —investigador de lo que otros ya sabían— hasta el de investigador —creador de conocimiento—.

El corolario es una invitación a que cada uno salga de su zona de confort: los investigadores para que aumenten la transferencia al sistema productivo; los productores para que intensifiquen el progreso de la sociedad; los humanistas para la robustez disciplinar; los artistas para...

Trabajo futuro

Todos los indicadores evidencian que este trabajo, realizado sostenidamente durante los últimos dieciséis años, se ha convertido de facto en una línea de investigación que es la que mayor interés tiene para mí.

A partir de la concepción de la arquitectura de un sistema bajo la axiomática que proporciona el método formal causal, el plan es avanzar en la concepción algebraica de la composición arquitectural.

La "superposición" y la "yuxtaposición" de arquitecturas son operaciones cerradas que explican el esquema de la estructura recurrente de capas de módulos de la figura IV.9 y, por lo tanto, son firmes candidatas a constituir esa estructura algebraica que proporcione un marco teórico a la arquitectura de los sistemas y, por extensión, al modelo de capas.

El prototipo actual de Mayéutica soporta el esqueleto del método formal causal con formato operativo de asistente digital para responder ordenadamente a las preguntas socráticas.

En su desarrollo futuro está previsto incluir algoritmia y heurísticas encaminadas a enriquecer la ayuda a la resolución de los problemas mediante sugerencias o proposiciones inteligentes de modelo y arquitectura, así como para optimización automática de las soluciones basada en el análisis de las características del ficus estructural.

Anexos

Anexo A. Formalidades sobre el concepto de problema

Hemos definido el [conocimiento](#) mediante la siguiente expresión:

Conocimiento son sentencias constituidas por enunciados con significado suficiente para diferenciarse de todo otro conocimiento.

Una sentencia con significado suficiente es, por lo tanto, un elemento de conocimiento.

Un sentencia σ es un par formado por un enunciado ε que expresa el significado de la sentencia —restricciones a los valores de las variables y a las relaciones entre ellas— y un dominio δ de los aspectos, características o datos x_i —variables— de la entidad o acción a que se refiere el conocimiento.

$$\sigma = \langle \varepsilon, \delta \rangle \begin{cases} \delta = \{x_i\} \\ x_i \subseteq \varepsilon \end{cases}$$

La características son restricciones locales contenidas en el enunciado.

Hemos establecido que el dominio de un enunciado proporciona la referencia que sirve a los observadores para identificar los términos —elementos nominales— que pueden formar parte del enunciado lícitamente. Así, el significado del enunciado es determinar los valores que pueden tomar las variables o, en general, los significados de las características de la entidad a que se refiere el enunciado.

La transformación de enunciados de un dominio a otro para poder establecer comparaciones entre sentencias es una consecuencia directa de la axiomática observacional dado que el dominio de cada enunciado vendrá determinado por su propia fenomenología causal que involucra a características o variables concretas, no necesariamente comparables con las de otro enunciado o con las de otro fenómeno.

En la práctica, el cambio de dominio es un instrumento de abstracción para enfocar el enunciado de la sentencia en los aspectos que interese —también es un instrumento de abstracción el rango de existencia o conjunto de valores permitidos a cada variable—.

De ahí se sigue la definición de [Universo](#) y la de dominio universal:

Universo es el conjunto de todas las sentencias.

Dominio universal es el conjunto de las variables del Universo.

$$U = \{\sigma_i\} \quad \begin{cases} \sigma_i = \langle \varepsilon_i, \delta_i \rangle, \forall i \in N \\ \delta_U = \bigcup \delta_i \end{cases}$$

El dominio de un enunciado cualquiera, formado por los elementos nominales del enunciado, es un subconjunto del dominio universal. Por lo tanto, hay variables o elementos nominales del dominio universal que no pertenecen al dominio de un enunciado dado.

El enunciado de esa sentencia puede considerarse compuesto por la unión de la restricción sobre el dominio —parte explícita— con la restricción nula sobre las variables que no son del dominio —parte implícita—. Esto es, la restricción nula sobre un dominio admite cualquier valor para cualquiera de las variables de ese dominio.

En términos topológicos, el significado de un enunciado es una descripción unívoca de la región del espacio de representación del dominio universal. Esa región del dominio universal es la bola significativa de la sentencia que representa el enunciado.

Un significado es más concreto cuando menor diámetro tenga su bola topológica significativa y, viceversa, más abstracto cuanto mayor sea el diámetro de su bola significativa.

Problema

Transcribimos la definición propuesta en el Capítulo I de [problema](#):

Un problema es una sentencia con significado insuficiente para que un observador lo diferencie de otros significados.

Por lo tanto, requiere enriquecer su significado hasta que sea suficiente para que el observador lo diferencie de los demás significados. Como sentencia, consiste en un par enunciado - dominio, siendo x_{pi} las variables, datos o características del problema; esto es, su dimensión:

$$\sigma_p = \langle \varepsilon_p, \delta_p \rangle \quad \delta_p = \{x_{pi}\}, \varepsilon_p = \varepsilon_p(x_{pi})$$

Solución de un problema

Transcribimos la definición propuesta en el Capítulo I de [solución](#):

Una solución de un problema es una sentencia cuyo significado es una concreción —intensificación de la restricción— del problema suficiente para que un observador lo diferencie de todo otro conocimiento.

Por lo tanto, la solución de un problema tiene significado suficiente para que el observador lo diferencie de los demás significados. Como sentencia, consiste en un par enunciado - dominio del enunciado. Nótese que las características o variables del dominio solución son conocidas, así como las relaciones significativas entre ellas.

$$\sigma_s = \langle \varepsilon_s, \delta_s \rangle \quad \delta_s = \{x_{sj}\}, \quad \varepsilon_s = \varepsilon_s(x_{sj}) \quad / \varepsilon_p \subseteq \varepsilon_s \quad (\text{A.1})$$

Satisfacer las soluciones el enunciado del problema implica que el problema es una abstracción de cualquiera de sus soluciones, sin perjuicio de que cada solución incorpore concreciones adicionales.

Decisión de resolución de un problema

Transcribimos la definición propuesta en el Capítulo I de [decisión](#):

Una decisión de resolución es una transformación lícita del enunciado de un problema encaminada a aumentar su significado.

Una decisión de resolución deriva un enunciado final $\varepsilon_{p'}$ expresado en un dominio final $\delta_{p'}$ a partir de otro enunciado inicial problema ε_p expresado en un dominio inicial δ_p .

Como transformaciones, las decisiones de resolución admiten ser consideradas bajo la naturaleza de conocimiento o sentencias.

Las decisiones de resolución operan tanto sobre los enunciados como sobre las variables que contienen — ε_d es el enunciado de una decisión—.

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_p : \sigma_p \rightarrow \sigma_{p'} \\ \langle \varepsilon_d, K \rangle : \langle \varepsilon_p, \delta_p \rangle \rightarrow \langle \varepsilon_{p'}, \delta_{p'} \rangle \quad / \varepsilon_p \subseteq \varepsilon_{p'} \\ K = \{ \text{qué, para qué, con qué, cuánto, dónde, ...} \} \end{array} \right.$$

Resolución de un problema

Transcribimos la definición propuesta en el Capítulo I de [resolución](#):

La resolución de un problema es la actividad de encontrar una solución al mismo.

Consiste en componer decisiones de resolución hasta obtener significado suficiente para el observador.

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_p \xrightarrow{\rho} \sigma_s \\ \rho : \rho_{d1} \rightarrow \rho_{d2} \rightarrow \dots \rightarrow \rho_{dn} \\ \langle \varepsilon_r, K \rangle : \langle \varepsilon_p, \delta_p \rangle \rightarrow \langle \varepsilon_s, \delta_s \rangle \quad / \varepsilon_p \subseteq \varepsilon_s \end{array} \right. \quad (\text{A.2})$$

Modelo de un conjunto de problemas

Transcribimos la definición propuesta en el Capítulo I de [modelo](#):

Un modelo de un conjunto de problemas es un enunciado cuyo significado forma parte de los enunciados de todos los problemas del conjunto.

El significado del modelo forma parte del significado de cada problema y, por lo tanto, es una abstracción del conjunto de problemas — ε_{pi} es el enunciado del problema i —.

$$\sigma_m = \langle \varepsilon_m, \delta_m \rangle \quad / \delta_m \subseteq \bigcap \delta_{pi} \quad \varepsilon_m \subseteq \bigcap \varepsilon_{pi} \quad (\text{A.3})$$

Significado de un enunciado es el conocimiento que contiene.

Grado de significado de un enunciado es la intensidad del significado.

El significado que tiene una conjetura o hipótesis σ_h es parte del significado que tiene cualquiera de sus conclusiones o tesis σ_c . Luego el significado de cualquier conclusión incluye al significado de su conjetura.

$$\sigma_h \xrightarrow{\rho} \sigma_c \quad / \varepsilon_h \subseteq \varepsilon_c$$

Concreción es la transformación de un enunciado en otro con mayor grado de significado y que contiene al primero.

$$\sigma_h \xrightarrow{\rho_c} \sigma_c \quad / \varepsilon_h \subseteq \varepsilon_c$$

Abstracción es la transformación de un enunciado en otro con menor grado de significado y contenido en el primero.

$$\sigma_c \xrightarrow{\rho_a} \sigma_h \quad / \varepsilon_h \subseteq \varepsilon_c$$

Las conclusiones son concreciones —instancias— de su conjetura. En términos algebraicos cabe interpretar que una conjetura es un conjunto y que sus conclusiones son elementos —eventualmente subconjuntos— del mismo.

$$\sigma_h \xrightarrow{\rho} \sigma_c \quad / \sigma_c \in \sigma_h$$

Tenemos, por lo tanto dos enfoques contrarios:

- En términos de significado, resolver una conjetura es obtener una conclusión aumentando el significado de la conjetura.
- En términos de entidades topológicas, resolver una conjetura es obtener una conclusión reduciendo el radio de la bola topológica.

Anexo B. Formalización de la axiomática gnoseológica

Con independencia de los detalles sobre las características del conocimiento y sus posibles propiedades cuantitativas, podemos utilizar notación funcional simbólica para describir concisamente el proceso de creación del conocimiento. La libertad de utilizar notación funcional es irrelevante ya que no vamos a tratar de hacer uso de su capacidad operativa sino que la finalidad es meramente descriptiva.

Llamamos C a una cosa, un hecho, entidad o todo aquello que pueda ser causa de conocimiento, en suma, objeto.

Llamamos fenómenos a las interacciones de los objetos y lo denotaremos F .

Escribimos, pues, que la manifestación de una entidad en un fenómeno está relacionado con esa entidad:

$$F \leftarrow F(C)$$

La percepción P de un fenómeno es la captación por los sentidos —tal vez mediante instrumentos— de un observador.

La percepción consiste en el filtro que produce el sistema sensorial del observador sobre las manifestaciones del objeto en el fenómeno. La percepción que el observador adquiere sobre el objeto a partir del fenómeno es:

$$P \leftarrow P(F(C))$$

La interpretación I que hace el observador sobre su percepción de un fenómeno es la actividad que produce el conocimiento sobre el objeto que se manifiesta mediante el fenómeno.

La interpretación produce el conocimiento como una modulación que realiza el intelecto o la teoría. Por lo tanto, el conocimiento Ψ tiene naturaleza de interpretación.

$$\Psi \leftarrow I(P(F(C)))$$

La observación O de un fenómeno es la composición de la secuencia percepción seguida de interpretación que hace el observador

$$O(F(C)) \leftarrow I(P(F(C)))$$

El conocimiento sobre el objeto es el resultado de la observación del fenómeno en que se manifiesta el objeto.

La observación de fenómenos proporciona conocimiento sobre las entidades que participan en dichos fenómenos.

$$\Psi(C) = O(F(C))$$

Denotamos, pues, que observación es el par percepción - interpretación.

$$O = P * I$$

$$o = \langle \pi, \iota \rangle$$

Anexo C. Homologación del conocimiento

El conocimiento natural es un problema σ_p . Bajo nuestra axiomática gnoseológica, esa sentencia conjetural es una interpretación de la observación de un fenómeno interactivo en que participa el observador autor del enunciado y el objeto a que se refiere el problema que se enuncia.

$$\sigma_p = \langle \varepsilon_p, \delta_p \rangle \equiv I_i(P_m(F_k(C_n)))$$

Esa expresión denota que la conjetura, con carácter general, conceptualmente, tiene su origen en el dominio de los hechos y de las cosas, que será el objeto o la causa C_n , la cual participa en el fenómeno F_k . La percepción P_m de ese fenómeno, hasta el punto en que nos encontramos, estará sujeta al arbitrio del sistema sensorial y, la interpretación I_i dependerá de las entendederas del observador que enuncia el problema.

La dificultad para identificar la causa C_n de la cual proviene supuestamente el problema σ_p nos motiva a replantear los objetivos:

Llamamos conocimiento homologado al producido mediante un proceso gnoseológico acreditativo de la calidad de ese conocimiento.

Se trata ahora de encontrar un fenómeno acreditado F_h —fenómeno o proceso homologador—, en el que participe una supuesta causa C_p , a partir de la cual, seguidamente, podamos obtener el conocimiento problema σ_p que buscamos —pero refrendado por el método de su obtención y por eso le llamaremos conocimiento solución σ_s , en el sentido de la [ecuación \(A.1\)](#)—.

$$\begin{cases} \sigma_p = \langle \varepsilon_p, \delta_p \rangle, & \sigma_s = \langle \varepsilon_s, \delta_s \rangle \\ \sigma_s = F_h(\sigma_p) & \Rightarrow \varepsilon_p \subseteq \varepsilon_s \end{cases}$$

El símbolo de inclusión representa que el enunciado solución satisface el enunciado problema o, lo que es lo mismo, que la solución es una instancia concreta del problema visto este como abstracción modelar de aquella.

La homologación gnoseológica consiste en que la solución concuerde con el problema. El proceso de homologación consiste en un método de contrastación de la solución frente al problema.

Debido a que ahora partimos del enunciado del problema, el proceso de homologación ha de encaminarse a obtener la solución. A tal fin, proponemos la

estrategia "divide et vincas" para descomponer la conjetura en partes más sencillas, esto es, obtener la solución analíticamente a partir del problema.

La comparación entre la solución y el problema requiere expresar ambos en un dominio homogéneo —común—. Por la parte del problema, su dominio corresponde a los atributos causales observables fenomenológicamente, es decir, a los aspectos de esencia y de comportamiento —prestaciones— que la causa exhibe en sus manifestaciones fenomenológicas. Luego, ese dominio es el problema bajo la concepción de caja negra: comportamiento —funcionalidad—.

En cambio, la obtención analítica de la solución expresa a esta en el dominio de sus componentes, visto el conocimiento desde dentro.

La homogeneización impone transformar la solución sintéticamente para, partiendo de su representación en el dominio constitutivo, expresarla en el dominio de la funcionalidad del problema. Esta representación es la arquitectura de la solución A_{σ_s} —capacidad de la solución para satisfacer la funcionalidad del problema—.

La comparación es la siguiente:

$$\begin{cases} \sigma_p = \langle \varepsilon_p, \delta_p \rangle, \quad \sigma_s = \langle \varepsilon_s, \delta_s \rangle \\ A_{\sigma_s} = \langle \varepsilon_A, \delta_s \rangle, \quad \varepsilon_A = \varepsilon_s \downarrow \delta_p \\ A_{\sigma_s} = \sigma_p \Rightarrow \varepsilon_A \subseteq \varepsilon_p \end{cases} \quad (\text{C.1})$$

La flecha hacia abajo en la ecuación (C.1) significa que el enunciado solución está expresado en el dominio del problema.

La legitimidad de la homologación recae ahora en los procesos de análisis del problema para obtener su solución y en la síntesis del desarrollo de la solución —realización, prototipado, etc.—.

Anexo D. Clasificación de la resolución

Definimos el estado de resolución de un problema σ_p como el grado de suficiencia del significado de su enunciado. Lo denotamos σ_p^o .

Combinatorialmente, los grados posibles de suficiencia del significado son los siguientes:

$$\left\{ \begin{array}{ll} \sigma_{p_p} = \langle \varepsilon_p, \delta_p \rangle & \text{hipótesis} \\ \sigma_{p_s} = \langle \varepsilon_p, \delta_s \rangle & \text{problema} \\ \sigma_{s_s} = \langle \varepsilon_s, \delta_s \rangle & \text{tesis} \\ A_{\sigma_p} = \langle \varepsilon_s, \delta_p \rangle & \text{desarrollo} \end{array} \right.$$

La sentencia σ_{p_p} tiene significado insuficiente en el dominio del problema y, por lo tanto, la suficiencia de su significado es de grado problema.

La sentencia σ_{p_s} tiene significado insuficiente en el dominio de la solución y, por lo tanto, la suficiencia de su significado es de grado problema. Representa estados intermedios derivados de decisiones resolutorias que forman parte de la resolución —puntos intermedios de la cadena de decisiones expresada en la [ecuación \(A.2\)](#)—.

La sentencia σ_{s_s} tiene significado suficiente en el dominio de la solución y, por lo tanto, la suficiencia de su significado es de grado solución.

La sentencia A_{σ_p} tiene significado suficiente en el dominio de problema, que es el que conoce el observador en el sentido de ser el dominio bajo el cual corresponde hacer la comparación verificadora entre el enunciado insuficiente inicial —hipótesis— y el enunciado suficiente final —tesis—. Representa al desarrollo arquitectural de la solución en el sentido de la capacidad de que la solución tiene de satisfacer al problema.

Dos resoluciones de un problema son equivalentes si, operando sobre el mismo estado inicial, derivan estados finales respectivos con el mismo grado de suficiencia del significado.

La relación de equivalencia P/ \sim viene dada por

$$(P, \sim) : \rho_a \sim \rho_b \Leftrightarrow (\sigma_{i_a} = \sigma_{i_b}) \wedge (\sigma_{f_a}^o = \sigma_{f_b}^o)$$

La relación de equivalencia debe cumplir las propiedades siguientes:

Propiedad reflexiva

El enunciado de la propiedad reflexiva establece que:

$$\forall \rho_a \in P, \rho_a \sim \rho_a$$

La demostración puede hacerse por reducción al absurdo. Supongamos que una decisión de resolución no está relacionada consigo misma:

$$\rho_a \sim \rho_a \Rightarrow (\sigma_{fa}^o \neq \sigma_{fa}^o) \quad \text{imposible}$$

Propiedad simétrica

El enunciado de la propiedad simétrica establece que:

$$\forall \rho_a, \rho_b \in P, \rho_a \sim \rho_b \Rightarrow \rho_b \sim \rho_a$$

La demostración es la siguiente:

$$\rho_a \sim \rho_b \Rightarrow \sigma_a^o = \sigma_b^o \Rightarrow \sigma_b^o = \sigma_a^o \Rightarrow \rho_b \sim \rho_a$$

Propiedad transitiva

El enunciado de la propiedad transitiva establece que:

$$\forall \rho_a, \rho_b, \rho_c \in P, (\rho_a \sim \rho_b) \wedge (\rho_b \sim \rho_c) \Rightarrow \rho_a \sim \rho_c$$

La demostración es la siguiente:

$$(\rho_a \sim \rho_b) \wedge (\rho_b \sim \rho_c) \Rightarrow \sigma_a^o = \sigma_b^o = \sigma_c^o \Rightarrow \rho_a \sim \rho_c$$

La relación de equivalencia P/\sim establece una partición del conjunto de las resoluciones en las tres clases que corresponden respectivamente a los grados de suficiencia de los resultados que proporcionan las resoluciones.

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_p \xrightarrow{\rho_p} \sigma_s \text{ resolución del problema} \\ \sigma_s \xrightarrow{\rho_s} \sigma_A \text{ desarrollo de la solución} \\ \sigma_A \xrightarrow{\rho_v} \sigma_p \text{ validación de la arquitectura} \end{array} \right.$$

$$P/ \sim = \{\rho_p, \rho_s, \rho_v\}$$

$$P/ \sim = \{\text{resolver, desarrollar, validar}\}$$

$$P/ \sim = \{\text{análisis, síntesis, verificación}\}$$

(D.1)

Anexo E. Precedencia entre las resoluciones

La relación de inclusión ordena las tres clases de resoluciones en coherencia causal con la secuencia que espontáneamente ordena el grado de significado de los enunciados que sirven de origen a las resoluciones.

Así, el análisis parte del enunciado del problema para concluir en la solución sin que haya habido actividad de resolución previa.

El punto de partida de la síntesis es la solución que obtiene el análisis, y su destino la arquitectura. La resolución analítica es antecedente del desarrollo sintético.

La verificación parte de la arquitectura para concluir en el problema nuevamente y tiene como antecedente a la síntesis que produce su origen —la arquitectura—.

Por lo tanto, la resolución analítica es antecedente de la solución sintética y esta, a su vez, lo es de la verificación.

$$P/ < : \rho_p < \rho_s < \rho_v$$

análisis < síntesis < verificación

Para demostrar algebraicamente que los antecedentes de las resoluciones ordenan parcialmente el conjunto de las resoluciones, partimos del conjunto cociente que contiene las tres clases de resoluciones definido en la [ecuación \(D.1\)](#).

La relación de orden es:

$$\begin{aligned} (P, \leq) : \rho_a \leq \rho_b &\Leftrightarrow \sigma_{f_a}^o \leq \sigma_{f_b}^o \quad \forall a, b \in N \\ (P, \leq) : \rho_a \leq \rho_b &\Leftrightarrow \varepsilon_{f_a} \subseteq \varepsilon_{f_b} \quad \forall a, b \in N \end{aligned} \quad (E.1)$$

En la ecuación (E.1), N es el conjunto de los números naturales.

La demostración es la siguiente:

Propiedad reflexiva

El enunciado de la propiedad reflexiva establece que:

$$\forall \rho_a \in P, \rho_a \leq \rho_a$$

La demostración es inmediata:

$$\rho_a \leq \rho_a \Rightarrow \sigma_{f_a}^o \leq \sigma_{f_a}^o$$

$$\rho_a \leq \rho_a \Rightarrow \varepsilon_{f_a} \subseteq \varepsilon_{f_a}$$

Propiedad antisimétrica

La antisimetría establece que si hay reciprocidad de relación entre dos resoluciones es porque se trata de la misma:

$$\forall \rho_a, \rho_b \in P, (\rho_a \leq \rho_b) \wedge (\rho_b \leq \rho_a) \Rightarrow \rho_a = \rho_b$$

$$(\varepsilon_{f_a} \subseteq \varepsilon_{f_b}) \wedge (\varepsilon_{f_b} \subseteq \varepsilon_{f_a}) \Rightarrow \varepsilon_{f_a} = \varepsilon_{f_b} \Rightarrow \rho_a = \rho_b$$

Además de establecer una ordenación parcial, hay un orden total y estricto dado que cumple las propiedades de completitud y asimetría.

Propiedad transitiva

La transitividad establece que:

$$\forall \rho_a, \rho_b, \rho_c \in P, (\rho_a \leq \rho_b) \wedge (\rho_b \leq \rho_c) \Rightarrow \rho_a \leq \rho_c$$

La demostración se basa en las propiedades de la inclusión:

$$(\varepsilon_{f_a} \subseteq \varepsilon_{f_b}) \wedge (\varepsilon_{f_b} \subseteq \varepsilon_{f_c}) \Rightarrow \varepsilon_{f_a} \subseteq \varepsilon_{f_c} \Rightarrow \rho_a \leq \rho_c$$

Propiedad de completitud

Esta propiedad impone que estén ordenados todos los pares de resoluciones entre ellos:

$$\forall \rho_a, \rho_b \in P, (\rho_a \leq \rho_b) \vee (\rho_b \leq \rho_a)$$

$$(\varepsilon_{f_a} \subseteq \varepsilon_{f_b}) \vee (\varepsilon_{f_b} \subseteq \varepsilon_{f_a}) = 1$$

Propiedad asimétrica

La asimetría establece que no haya reciprocidad de relación entre dos resoluciones distintas:

$$\forall \rho_a \neq \rho_b \in P, (\rho_a \leq \rho_b) \Rightarrow \overline{(\rho_b \leq \rho_a)}$$

La demostración se basa en la disyunción entre las clases de resoluciones:

$$\begin{aligned} (\rho_a \leq \rho_b) &\Rightarrow (\varepsilon_{f_a} \subseteq \varepsilon_{f_b}) \Rightarrow \overline{(\varepsilon_{f_b} \subseteq \varepsilon_{f_a})} \Rightarrow \\ &\Rightarrow (\varepsilon_{f_a} \subset \varepsilon_{f_b}) \Rightarrow (\rho_a < \rho_b) \end{aligned}$$

Anexo F. Clasificación observacional

Utilizando notación funcional, podemos escribir:

$$\Psi / \sim \left\{ \begin{array}{ll} \Psi_{fac} & \text{conocimiento factual} \\ \Psi_{inm} & \text{conocimiento inmanente} \\ \Psi_{ins} & \text{conocimiento inspirado} \\ \Psi_{for} & \text{conocimiento formal} \end{array} \right. \quad (\text{F.1})$$

Todo lo que hay que hacer para demostrar algebraicamente que la actividad observacional establece una relación de equivalencia en el conjunto del conocimiento analítico es probar que cumple las propiedades reflexiva, simétrica y transitiva de las relaciones de equivalencia entre los elementos de un conjunto.

Asumimos que Ψ es el conjunto de las instancias de conocimiento homologado —aceptado por una comunidad de observadores— y que $o_i = \langle \pi_i, \iota_i, \eta_i \rangle$ es la observación homologada que produce el conocimiento ψ_i .

Asumimos también los siguientes dominios para los filtros observacionales:

- Percepción

$$\pi = \left\{ \begin{array}{l} \text{necesaria} \\ \text{no necesaria} \end{array} \right.$$

- Interpretación:

$$\iota = \left\{ \begin{array}{l} \text{consciente lógica} \\ \text{consciente arbitraria} \\ \text{no consciente} \end{array} \right.$$

- Homologación

$$\eta = \text{constante}$$

El conjunto del conocimiento es:

$$\Psi = \{\psi_i\} \quad \forall i \in N$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} \iota = \text{consciente l\u00f3gica, } \pi = \text{no necesaria} & \text{conocimiento formal} \\ \iota = \text{consciente arbitraria, } \pi = \text{no necesaria} & \text{conocimiento inspirado} \\ \iota \neq \text{no consciente, } \pi = \text{necesaria} & \text{conocimiento factual} \\ \iota = \text{no consciente, } \forall \pi & \text{conocimiento inmanente} \end{array} \right.$$

O lo que es lo mismo:

$$\Psi = \{\psi_i\} \quad \forall i \in N$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} \langle \text{no necesaria, consciente l\u00f3gica, } \eta \rangle & \text{conocimiento formal} \\ \langle \text{no necesaria, consciente arbitraria, } \eta \rangle & \text{conocimiento inspirado} \\ \langle \text{necesaria, consciente l\u00f3gica} \vee \text{consciente arbitraria, } \eta \rangle & \text{conocimiento factual} \\ \langle \text{necesaria} \vee \text{no necesaria, no consciente, } \eta \rangle & \text{conocimiento inmanente} \end{array} \right.$$

La relaci\u00f3n de equivalencia Ψ / \sim viene dada por

$$(\Psi, \sim) : \psi_i \sim \psi_j \Leftrightarrow o_i = o_j$$

Es decir, para una comunidad de observadores dada, dos instancias de conocimiento son equivalentes en los siguientes casos:

- Si hay interpretaci\u00f3n sensible e interpretaci\u00f3n consciente —l\u00f3gica o arbitraria.
- Si no siendo necesaria la percepci\u00f3n sensible, la interpretaci\u00f3n es coincidente.
- Siendo no consciente la interpretaci\u00f3n, haya o no percepci\u00f3n sensible.

La relaci\u00f3n de equivalencia debe cumplir las propiedades siguientes:

Propiedad reflexiva

El enunciado de la propiedad reflexiva establece que:

$$\forall \psi_i \in \Psi, \psi_i \sim \psi_i$$

$$\begin{aligned} & \psi_i \sim \psi_j \Rightarrow o_i = o_j \\ & \left\{ \begin{array}{ll} (l_i \neq \text{no consciente}) \wedge (l_j \neq \text{no consciente}) \wedge (\pi_i = \pi_j = \text{no necesaria}), & l_i = l_j \\ (l_i \neq \text{no consciente}) \wedge (l_j \neq \text{no consciente}) \wedge (\pi_i = \pi_j = \text{necesaria}), & \forall l_i, l_j \\ (l_i = l_j = \text{no consciente}), & \forall \pi_i, \pi_j \end{array} \right. \\ & \Rightarrow o_i = o_j \left\{ \begin{array}{l} \in \{ \text{conocimiento formal, conocimiento inspirado} \} \\ = \text{conocimiento factual} \\ = \text{conocimiento inmanente} \end{array} \right. \end{aligned}$$

La demostración puede hacerse por reducción al absurdo. Supongamos que una instancia de conocimiento no está relacionada consigo misma:

$$\begin{aligned} \psi_i \not\sim \psi_i & \Rightarrow o_i \neq o_i \Rightarrow \langle \pi_i, l_i, \eta \rangle \neq \langle \pi_i, l_i, \eta \rangle \Rightarrow \\ & \Rightarrow (\pi_i \neq \pi_i) \vee (l_i \neq l_i) \quad \text{imposible} \end{aligned}$$

Propiedad simétrica

El enunciado de la propiedad simétrica establece que:

$$\forall \psi_i, \psi_j \in \Psi, \psi_i \sim \psi_j \Rightarrow \psi_j \sim \psi_i$$

La demostración explícita es la siguiente:

$$\begin{aligned} & \psi_i \sim \psi_j \Rightarrow o_i = o_j \Rightarrow \langle \pi_i, l_i, \eta \rangle = \langle \pi_j, l_j, \eta \rangle \\ & \left\{ \begin{array}{ll} (\pi_i = \pi_j = \text{no necesaria}) \wedge (l_i = l_j) & \text{formal o intuitivo} \\ (\pi_i = \pi_j = \text{necesaria}) \wedge (\forall l_i, l_j) & \text{factual} \\ (\forall \pi_i, \pi_j) \wedge (l_i = l_j = \text{no consciente}) & \text{inmanente} \end{array} \right. \\ & \left\{ \begin{array}{l} \langle \text{no necesaria}, l_j, \eta \rangle = \langle \text{no necesaria}, l_i, \eta \rangle \Rightarrow o_j = o_i \Rightarrow \psi_j \sim \psi_i \\ \langle \text{necesaria}, l_j, \eta \rangle = \langle \text{necesaria}, l_i, \eta \rangle \Rightarrow o_j = o_i \Rightarrow \psi_j \sim \psi_i \\ \langle \pi_j, \text{no consciente}, \eta \rangle = \langle \pi_i, \text{no consciente}, \eta \rangle \Rightarrow o_j = o_i \Rightarrow \psi_j \sim \psi_i \end{array} \right. \end{aligned}$$

La demostración algebraica se basa en que, para cualquier caso, percepciones distintas e interpretaciones distintas no pueden dar lugar a observaciones equivalentes:

$$\psi_i \sim \psi_j \Rightarrow o_i = o_j \Rightarrow \langle \pi_i, l_i, \eta \rangle = \langle \pi_j, l_j, \eta \rangle$$

$$\eta = \text{constante} \Rightarrow \langle \pi_i, l_i \rangle = \langle \pi_j, l_j \rangle$$

$$\begin{aligned} \forall i, j \quad \nexists (\pi_i \neq \pi_j) \wedge (l_i \neq l_j) / \langle \pi_i, l_i \rangle = \langle \pi_j, l_j \rangle \Rightarrow \\ \Rightarrow \langle \pi_i = \pi_j \rangle \wedge (l_i = l_j) \Rightarrow o_j = o_i \Rightarrow \psi_j \sim \psi_i \end{aligned}$$

Propiedad transitiva

El enunciado de la propiedad transitiva establece que:

$$\forall \psi_i, \psi_j, \psi_k \in \Psi, \quad (\psi_i \sim \psi_j) \wedge (\psi_j \sim \psi_k) \Rightarrow \psi_i \sim \psi_k$$

La demostración explícita es la siguiente:

$$\begin{aligned} (\psi_i \sim \psi_j) \wedge (\psi_j \sim \psi_k) \Rightarrow o_i = o_j = o_k \Rightarrow \langle \pi_i, l_i, \eta \rangle = \langle \pi_j, l_j, \eta \rangle = \langle \pi_k, l_k, \eta \rangle \\ \left\{ \begin{array}{ll} (\pi_i = \pi_j = \pi_k = \text{no necesaria}) \wedge (l_i = l_j = l_k) & \text{formal o intuitivo} \\ (\pi_i = \pi_j = \pi_k = \text{necesaria}) \wedge (\forall l_i, l_j, l_k) & \text{factual} \\ (\forall \pi_i, \pi_j, \pi_k) \wedge (l_i = l_j = l_k = \text{no consciente}) & \text{inmanente} \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} \langle \text{no necesaria}, l_i, \eta \rangle = \langle \text{no necesaria}, l_k, \eta \rangle \Rightarrow o_i = o_k \Rightarrow \psi_i \sim \psi_k \\ \langle \text{necesaria}, l_i, \eta \rangle = \langle \text{necesaria}, l_k, \eta \rangle \Rightarrow o_i = o_k \Rightarrow \psi_i \sim \psi_k \\ \langle \pi_i, \text{no consciente}, \eta \rangle = \langle \pi_k, \text{no consciente}, \eta \rangle \Rightarrow o_i = o_k \Rightarrow \psi_i \sim \psi_k \end{array} \right. \end{aligned}$$

La demostración algebraica se basa en que, para cualquier caso, percepciones distintas e interpretaciones distintas no pueden dar lugar a observaciones equivalentes:

$$\begin{aligned} (\psi_i \sim \psi_j) \wedge (\psi_j \sim \psi_k) \Rightarrow o_i = o_j = o_k \Rightarrow \\ \Rightarrow o_i = o_k \Rightarrow \psi_i \sim \psi_k \end{aligned}$$

La relación de equivalencia Ψ / \sim viene dada por las clases de conocimiento expresadas en la [ecuación \(F.1\)](#).

Anexo G. Ordenación por falibilidad

La cantidad de modos para corroborar o aceptar por parte de los observadores homologadores el conocimiento analítico establece un orden estricto entre las cuatro clases de conocimiento: la clase factual tiene tres modos de acreditación —deductivo, experimental y convicción—, la clase inspirada tiene dos modos de acreditación —experimental y convicción—, la inspirada tiene un modo —convicción— y la inmanente carece de modo alguno. Dado que resulta una graduación que es isomorfa con la clasificación módulo 4 de los enteros, la falibilidad establece un orden en las clases observacionales de conocimiento que es total y estricto.

$$Z/4Z = \{[0]_4, [1]_4, [2]_4, [3]_4\}$$

$$\Psi_{inm} < \Psi_{ins} < \Psi_{fac} < \Psi_{for}$$

inmanente < inspirado < factual < formal

Para demostrar algebraicamente que la credibilidad ordena parcialmente el conjunto de las clases de conocimiento, consideremos Ψ/\sim el conjunto cociente que contiene las cuatro clases de conocimiento objetivado elemental y sea $\varphi(\kappa_i)$ la cantidad de modos de falsación de los atributos observables —la cantidad de modos para corroborar cada clase de conocimiento—.

$$(\Psi/\sim) = K = \{\kappa_i, i \in Z/4Z\} = \{\Psi_{ins}, \Psi_{inm}, \Psi_{for}, \Psi_{fac}\}$$

El conjunto de las clases de conocimiento está parcialmente ordenado mediante la relación de orden:

$$(K, \leq) : \kappa_i \leq \kappa_j \Leftrightarrow \varphi(\kappa_i) \leq \varphi(\kappa_j) \quad \forall i, j \in N$$

La demostración es la siguiente:

Propiedad reflexiva

El enunciado de la propiedad reflexiva establece que:

$$\forall \kappa_i \in K, \kappa_i \leq \kappa_i$$

La demostración puede hacerse por reducción al absurdo. Supongamos que una instancia de conocimiento no está relacionada consigo misma:

$$\kappa_i > \kappa_i \Rightarrow \varphi(\kappa_i) > \varphi(\kappa_i)$$

imposible

Propiedad transitiva

La transitividad establece que:

$$\forall \kappa_i, \kappa_j, \kappa_k \in K, \quad (\kappa_i \leq \kappa_j) \wedge (\kappa_j \leq \kappa_k) \Rightarrow \kappa_i \leq \kappa_k$$

La demostración se basa en la ordenación de los enteros módulo 4:

$$\begin{aligned} \forall \kappa_i, \kappa_j, \kappa_k \in K, \quad (\kappa_i \leq \kappa_j) \wedge (\kappa_j \leq \kappa_k) &\Rightarrow \\ \Rightarrow (\varphi(\kappa_i) \leq \varphi(\kappa_j)) \wedge (\varphi(\kappa_j) \leq \varphi(\kappa_k)) &\Rightarrow \\ \Rightarrow \varphi(\kappa_i) \leq \varphi(\kappa_k) &\Rightarrow \kappa_i \leq \kappa_k \end{aligned}$$

Propiedad antisimétrica

La antisimetría establece que si hay reciprocidad de relación entre dos elementos de conocimiento es porque se trata del mismo:

$$\forall \kappa_i, \kappa_j \in K, \quad (\kappa_i \leq \kappa_j) \wedge (\kappa_j \leq \kappa_i) \Rightarrow \kappa_i = \kappa_j$$

La demostración es la siguiente:

$$\begin{aligned} \forall \kappa_i, \kappa_j \in K, \quad (\kappa_i \leq \kappa_j) \wedge (\kappa_j \leq \kappa_i) &\Rightarrow \\ \Rightarrow (\varphi(\kappa_i) \leq \varphi(\kappa_j)) \wedge (\varphi(\kappa_j) \leq \varphi(\kappa_i)) &\Rightarrow \\ \Rightarrow \varphi(\kappa_i) = \varphi(\kappa_j) &\Rightarrow \kappa_i = \kappa_j \end{aligned}$$

Además de establecer una ordenación parcial, esa relación es total y estricta dado que cumple las propiedades de completitud y asimetría, respectivamente.

Propiedad de completitud

Esta propiedad impone que estén ordenados todos los pares de clases de conocimiento entre ellos:

$$\forall \kappa_i, \kappa_j \in K, \quad (\kappa_i \leq \kappa_j) \vee (\kappa_j \leq \kappa_i)$$

La demostración es la siguiente:

$$\begin{aligned}
& (\kappa_i \leq \kappa_j) \vee (\kappa_j \leq \kappa_i) \Rightarrow \\
& \Rightarrow (\varphi(\kappa_i) \leq \varphi(\kappa_j)) \vee (\varphi(\kappa_j) \leq \varphi(\kappa_i)) = 1
\end{aligned}$$

Propiedad asimétrica

La asimetría establece que no haya reciprocidad de relación entre dos clases de conocimiento distintas:

$$\forall \kappa_i \neq \kappa_j \in K, \quad (\kappa_i \leq \kappa_j) \Rightarrow \overline{(\kappa_j \leq \kappa_i)}$$

La demostración se basa en la disyunción entre las clases observacionales de decisión:

$$\begin{aligned}
& (\kappa_i \leq \kappa_j) \wedge \overline{(\kappa_j \leq \kappa_i)} \Rightarrow \\
& \Rightarrow (\varphi(\kappa_i) \leq \varphi(\kappa_j)) \wedge \overline{(\varphi(\kappa_j) \leq \varphi(\kappa_i))} \Rightarrow \\
& \Rightarrow (\varphi(\kappa_j) \geq \varphi(\kappa_i)) \wedge (\varphi(\kappa_j) > \varphi(\kappa_i)) \Rightarrow \\
& \Rightarrow \varphi(\kappa_j) > \varphi(\kappa_i) \Rightarrow \kappa_j > \kappa_i
\end{aligned}$$

Anexo H. Alcance factual

La respuesta a "qué es una entidad" da cuenta de un entorno cercano, en principio suficientemente conocido, para referir a esa entidad y, en general el problema a resolver. Esto es un modelo σ_{Π} del conjunto de problemas Π , en el sentido estricto de abstracción de lo que comparte ese problema con otros parecidos.

Sea P_f el conjunto de las decisiones factuales o empíricas de resolución:

$$P_f = \{\rho_f\}$$

Un modelo de Π esclarece la esencia que tienen en común los problemas del conjunto Π en tanto en cuanto abstrae los aspectos de cada problema que le confieren su identidad o naturaleza de ser miembro de la colectividad o familia de problemas. En el esclarecimiento del problema, responder a la pregunta que llamamos modelar —qué es— constituye la decisión de resolución ρ_{μ} sobre el modelo.

La pregunta modelar —qué es— establece el modelo que proporciona la concepción del problema bajo la cual se obtiene la solución.

La decisión modelar es una operación de abstracción del problema al modelo que servirá de base a la solución.

$$\begin{cases} \rho_{\mu} : \sigma_{\pi} \rightarrow \sigma_{\Pi} \\ \langle \varepsilon_d, K \rangle : \langle \varepsilon_{\pi}, \delta_{\pi} \rangle \rightarrow \langle \varepsilon_{\Pi}, \delta_{\Pi} \rangle / \varepsilon_{\Pi} \subseteq \varepsilon_{\pi} \\ K = \{\text{qué}\} \end{cases}$$

Las respuestas a las preguntas "para qué", "con qué" y "cómo se hace", en cambio, forman parte de la solución.

A estas cuestiones que dan pie a lo constitutivo de la solución, las llamamos preguntas instrumentales; y decisiones instrumentales o factores instrumentales a las respuestas que desencadenan ρ_l .

Las preguntas instrumentales —cómo, con qué y para qué se hace— establecen las decisiones instrumentales que proporcionan la arquitectura de la solución.

Las decisiones instrumentales son operaciones de concreción del modelo en la solución al problema.

$$\begin{cases} \rho_I : \sigma_{II} \rightarrow \sigma_I \\ \langle \varepsilon_d, K \rangle : \langle \varepsilon_{II}, \delta_{II} \rangle \rightarrow \langle \varepsilon_I, \delta_I \rangle \quad / \varepsilon_{II} \subseteq \varepsilon_I \\ K = \{\text{para qué, con qué, cómo}\} \end{cases} \quad (\text{H.1})$$

Todas las demás cuestiones son contextuales y provocan respuestas sobre las circunstancias de creación de la solución sintética al problema. Son las preguntas contextuales, que promueven las decisiones o factores contextuales bajo los cuales ocurre la síntesis del resultado, ρ_γ .

Las preguntas contextuales —cuándo, cuánto, dónde, quién,...— establecen las decisiones contextuales en que ocurre la síntesis del resultado.

Las decisiones contextuales son operaciones de programación del proceso de síntesis para la realización del resultado.

$$\begin{cases} \rho_\gamma : \sigma_I \rightarrow \sigma_\Gamma \\ \langle \varepsilon_d, K \rangle : \langle \varepsilon_I, \delta_I \rangle \rightarrow \langle \varepsilon_\gamma, \delta_\gamma \rangle \quad / \varepsilon_I \subseteq \varepsilon_\gamma \\ K = \{\text{cuándo, cuánto, dónde,...}\} \end{cases} \quad (\text{H.2})$$

De entre todas las decisiones que hemos de tomar para resolver empíricamente un problema han surgido tres subconjuntos que son disjuntos entre sí. Luego, tenemos una partición de las decisiones de resolución. Ello da pie para descomponer la resolución en tres etapas o subproblemas diferenciados:

- Modelo abstracto, encaminado a establecer la esencia del problema.
- Concreción instrumental mediante el establecimiento de los aspectos que especializan a la solución.
- Contexto de síntesis, esto es, de las circunstancias de producción de la solución.

La clasificación que ha resultado se debe exclusivamente a las preguntas, de manera que nada tiene que ver cuáles sean las respuestas que se obtienen ni cuál sea el problema objeto de resolución; luego, esa clasificación es universal y, basándonos en el teorema fundamental de las relaciones de equivalencia podemos establecer que:

Existe una sentencia que establece la relación de equivalencia en el conjunto de las preguntas resolutorias —todas las preguntas posibles, excepción hecha de "por qué"—.

Para el conjunto de las respuestas que se obtienen al resolver un problema, el caso general corresponde a una taxonomía debido a que puede haber decisiones de resolución que se obtengan como respuesta a preguntas de distinta clase.

La consecuencia metodológica es que desaparece la disyunción de las clases de respuestas. Todavía cabe forzar la clasificación disjunta de las respuestas mediante el siguiente postulado:

Si una respuesta se obtiene en contestación a preguntas de distinta clase, se asigna a la clase de una de las preguntas.

Ahora sí que rige el teorema fundamental de las relaciones de equivalencia para el conjunto de las decisiones resolutorias y establece que, para esa partición, existe una relación de equivalencia que clasifica estrictamente las decisiones de resolución en las tres clases mencionadas: modelo, instrumental y contexto.

El conjunto de las decisiones factuales queda particionado en tres clases de decisiones de resolución:

$$P_f / \sim \rightarrow \rho_f = \{\rho_\mu, \rho_i, \rho_\gamma\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_\mu \text{ decisiones abstractas} \\ \rho_i \text{ decisiones instrumentales} \\ \rho_\gamma \text{ decisiones contextuales} \end{array} \right.$$

El problema factual o empírico σ_f queda descompuesto en tres subproblemas, uno por cada clase de decisiones de resolución:

$$\sigma_f = \sigma_\mu * \sigma_i * \sigma_\gamma$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_\mu = M \text{ subproblema abstracto} \\ \sigma_i = I \text{ subproblema instrumental} \\ \sigma_\gamma = \Gamma \text{ subproblema contextual} \end{array} \right.$$

Esa relación de equivalencia es "el alcance que tienen las decisiones factuales de resolución".

El alcance de una decisión empírica de resolución de un problema es el conjunto de sus subproblemas sobre los que tiene repercusión esa decisión de resolución.

$$\text{Alc}(\rho_f) = \{\sigma_i\} \subset \{M, I, \Gamma\}$$

Dos decisiones empíricas de resolución sobre el mismo problema que repercutan en subproblemas distintos pero que pertenezcan a las mismas clases de subproblemas factuales tienen el mismo alcance, esto es, el alcance está definido sobre las clases de subproblemas causales, que no sobre las instancias de los subproblemas causales.

Las decisiones sobre el modelo, además de sobre este mismo, tienen repercusión sobre el subproblema instrumental.

Las decisiones instrumentales tienen alcance sobre el subproblema instrumental solamente.

Las decisiones contextuales, sobre las circunstancias de síntesis, repercuten en el subproblema contextual.

De ahí se sigue la pertinencia de descomponer el problema en los tres subproblemas mencionados ya que conlleva descomponer la condición que establece el enunciado inicial en sendas subcondiciones independientes entre sí.

La demostración algebraica de que el alcance de las decisiones de factuales de resolución establece una relación de equivalencia en el conjunto de las decisiones factuales consiste en probar que cumple las propiedades reflexiva, simétrica y transitiva.

Asumimos, como hemos dicho, que P_f es el conjunto de las decisiones factuales y que $\rho_f = \langle \varepsilon_f, K \rangle$ es una decisión de resolución factual que produce cierto esclarecimiento del problema transformando su enunciado inicial en otro nuevo σ'

$$\rho_f : \sigma \rightarrow \sigma' \begin{cases} \delta_\sigma \rightarrow \delta_{\sigma'} \\ \varepsilon_f : \varepsilon_\sigma \rightarrow \varepsilon'_{\sigma} \end{cases}$$

La relación de equivalencia P_f / \sim viene dada por

$$(P_f, \sim) : \rho_i \sim \rho_j \Leftrightarrow \{\sigma_i\} = \{\sigma_j\}$$

Es decir, dos decisiones de resolución son equivalentes si repercuten en el mismo conjunto de subproblemas.

La relación de equivalencia debe cumplir las propiedades siguientes:

Propiedad reflexiva

El enunciado de la propiedad reflexiva establece que:

$$\forall i \in N, \rho_i \sim \rho_i$$

La demostración se basa en que las decisiones factuales son reproducibles y por lo tanto tienen siempre el mismo alcance para un problema bajo un modelo, es decir, repercute siempre en los mismos subproblemas.

$$\forall i, \rho_i \sim \rho_j \Rightarrow \{\sigma_i\} = \{\sigma_j\}$$

Supongamos que una decisión empírica no está relacionada consigo misma:

$$\rho_i \not\sim \rho_j \Rightarrow \{\sigma_i\} \neq \{\sigma_j\} \text{ imposible}$$

Propiedad simétrica

El enunciado de la propiedad simétrica establece que:

$$\forall \rho_i, \rho_j \in P_f, \rho_i \sim \rho_j \Rightarrow \rho_j \sim \rho_i$$

La demostración se basa en que dos decisiones factuales de resolución están relacionadas si coinciden los conjuntos de clases de subproblemas factuales sobre los que repercuten:

$$\rho_i \sim \rho_j \Rightarrow \{\sigma_i\} = \{\sigma_j\} \Rightarrow \{\sigma_j\} = \{\sigma_i\} \Rightarrow \rho_j \sim \rho_i$$

Propiedad transitiva

El enunciado de la propiedad transitiva establece que:

$$\forall \rho_i, \rho_j, \rho_k \in P_f, (\rho_i \sim \rho_j) \wedge (\rho_j \sim \rho_k) \Rightarrow \rho_i \sim \rho_k$$

La demostración se basa en la coincidencia de las clases de subproblemas factuales al alcance:

$$\begin{aligned} & (\rho_i \sim \rho_j) \wedge (\rho_j \sim \rho_k) \Rightarrow \\ \Rightarrow & (\{\sigma_i\} = \{\sigma_j\}) \wedge (\{\sigma_j\} = \{\sigma_k\}) \Rightarrow \\ & \Rightarrow \{\sigma_i\} = \{\sigma_k\} \Rightarrow \rho_i \sim \rho_k \end{aligned}$$

Anexo I. Potencia factual

La potencia de una decisión factual ρ_f es la cantidad de partes estructurales sintéticas —núcleo modelar, capa instrumental— sobre los que repercute esa decisión.

Sea σ_s la solución sintética que se deriva de una resolución factual, la cual está compuesta por las partes estructurales sintéticas correspondientes a las soluciones de los subproblemas factuales.

El conjunto S de subproblemas sintéticos o de módulos sintéticos de esa solución es el siguiente:

$$\begin{aligned}\rho_f &: \sigma_f \rightarrow \sigma_s \\ \sigma_s &= M * I \\ S_{\sigma_s} &= \{M, I\}\end{aligned}$$

La potencia de una decisión factual es:

$$W(\rho_f) = \text{card}(S_{\sigma_s})$$

La potencia de las decisiones modelares es 2 ya que repercuten tanto en el núcleo modelar como en la capa instrumental.

La potencia de las decisiones para resolver el subproblema instrumental es 1 ya que afectan solamente a la capa instrumental.

La potencia de las decisiones contextuales es 0 ya que no repercuten en el resultado sintético sino que establecen las condiciones de realización de la resolución sintética.

La potencia de las decisiones factuales de resolución está definida sobre el conjunto de los divisores enteros de 3 y por lo tanto establece un orden total estricto entre las tres etapas de diseño. Para la demostración formal se puede consultar (García, 2015), (Nieto, 2017).

$$\begin{aligned}F &= P / \sim \\ F / &< : \rho_\gamma < \rho_i < \rho_\mu \\ F / &< : \Gamma < I < M \\ \text{Contexto} &< \text{Instrumental} < \text{Modelo} \\ \text{Contexto} &\rightarrow \text{Instrumental} \rightarrow \text{Modelo}\end{aligned}$$

Para demostrar algebraicamente que la potencia de las decisiones de resolución ordena parcialmente el conjunto de las decisiones causales de resolución de los problemas, partimos de que F es el conjunto cociente que contiene las tres clases de decisiones causales de resolución y sea w_i la potencia de una decisión de resolución dada —la cantidad de partes estructurales básicas de la solución—.

$$\begin{cases} W(\rho_f) = F / \leq : \{w_i\} \\ w_i = \text{card}(S_{\sigma_s}) \end{cases}$$

La relación de orden es:

$$(F, \leq) : \rho_i \leq \rho_j \Leftrightarrow w_i \leq w_j \quad \forall i, j \in N$$

La demostración es la siguiente:

Propiedad reflexiva

El enunciado de la propiedad reflexiva establece que:

$$\forall \rho_i \in F, \rho_i \leq \rho_i$$

Supongamos que una decisión de resolución no está relacionada consigo misma:

$$\rho_i \not\leq \rho_i \Rightarrow w_i \neq w_i \quad \text{imposible}$$

Propiedad transitiva

La transitividad establece que:

$$\forall \rho_i, \rho_j, \rho_k \in F, (\rho_i \leq \rho_j) \wedge (\rho_j \leq \rho_k) \Rightarrow \rho_i \leq \rho_k$$

La demostración se basa en la ordenación de los enteros módulo 3:

$$\begin{aligned} & (\rho_i \leq \rho_j) \wedge (\rho_j \leq \rho_k) \Rightarrow \\ & \Rightarrow (w_i \leq w_j) \wedge (w_j \leq w_k) \Rightarrow \\ & \Rightarrow w_i \leq w_k \Rightarrow \rho_i \leq \rho_k \end{aligned}$$

Propiedad antisimétrica

La antisimetría establece que si hay reciprocidad de relación entre dos elementos de conocimiento es porque se trata del mismo:

$$\begin{aligned} \forall \rho_i, \rho_j \in F, \quad (\rho_i \leq \rho_j) \wedge (\rho_j \leq \rho_i) &\Rightarrow \rho_i = \rho_j \\ (\rho_i \leq \rho_j) \wedge (\rho_j \leq \rho_i) &\Rightarrow (w_i \leq w_j) \wedge (w_j \leq w_i) \Rightarrow \\ &\Rightarrow w_i = w_j \Rightarrow \rho_i = \rho_j \end{aligned}$$

Además de establecer una ordenación parcial, esa relación es total y estricta dado que cumple las propiedades de completitud y asimetría, respectivamente.

Propiedad de completitud

Esta propiedad impone que estén ordenados todos los pares de clases de conocimiento entre ellos:

$$\begin{aligned} \forall \rho_i, \rho_j \in F, \quad (\rho_i \leq \rho_j) \vee (\rho_j \leq \rho_i) \\ (\rho_i \leq \rho_j) \vee (\rho_j \leq \rho_i) &\Rightarrow (w_i \leq w_j) \vee (w_j \leq w_i) = 1 \end{aligned}$$

Propiedad asimétrica

La asimetría establece que no haya reciprocidad de relación entre dos elementos de conocimiento distinto:

$$\forall \rho_i \neq \rho_j \in F, \quad (\rho_i \leq \rho_j) \Rightarrow \overline{(\rho_j \leq \rho_i)}$$

La demostración se basa en la disyunción entre las clases de decisión factual:

$$(\rho_i \neq \rho_j) \wedge (\rho_i \leq \rho_j) \Rightarrow (\rho_i < \rho_j) \Rightarrow \overline{(\rho_j \leq \rho_i)}$$

Anexo J. Modelado de ensaladas

Consideremos a los siguientes platos son representantes genuinos de lo que entendemos por ensalada:

{ Pipirrana
Ensalada murciana
Ensalada César
Ensalada Waldorf
Tabulé
Ensaladilla rusa
Escalivada

Consideremos que a ninguno de los siguientes platos los reconocemos como ensaladas:

{ Gazpacho
Vichyssoise
Cocido
Paella
Hervido de hortalizas
Parrillada de hortalizas

El dominio del compendio de los problemas propuestos es el siguiente:

$$\delta = \{\text{hort, acei, sal, agua, otro, espe, temp}\}$$

El dominio de las características de la muestra de alimentos es:

{ hort = {trozo, triturado}
acei = {crudo, frito, salsa, no}
sal = {sí, no}
agua = {sí, no}
otro = {sí, no}
espe = {sí, no}
temp = {frío, caliente}

A partir de la [ecuación \(A.3\)](#), es inmediato obtener una especificación del modelo ensalada como una función aritmético-lógica.

$$\sigma_{ens} = \langle \varepsilon_{ens}, \delta_{ens} \rangle$$

$$\begin{cases} \delta_{ens} \subseteq \delta_{pip} \cap \delta_{mur} \cap \delta_{ces} \cap \delta_{wal} \cap \delta_{tab} \cap \delta_{rus} \cap \delta_{esc} \\ \varepsilon_{ens} \subseteq \varepsilon_{pip} \cap \varepsilon_{mur} \cap \varepsilon_{ces} \cap \varepsilon_{wal} \cap \varepsilon_{tab} \cap \varepsilon_{rus} \cap \varepsilon_{esc} \end{cases}$$

La naturaleza de las hortalizas es una variable que no forma parte del modelo ensalada sino que serán las decisiones del problema instrumental las que esclarezcan este extremo.

Deliberadamente, la elaboración previa de las hortalizas tampoco forma parte de nuestro modelo de ensalada.

La operativa para obtener la expresión del modelo es la siguiente:

- El dominio de las características de la familia de las ensaladas se concreta en que varias de ellas son constantes y solamente hay tres que pueden tomar diferentes valores:

$$\delta_{ens} = \begin{cases} hort = \{\text{trozo}\} \\ acei = \{\text{crudo, salsa}\} \\ sal = \{\text{sí}\} \\ agua = \{\text{no}\} \\ otro = \{\text{sí, no}\} \\ espe = \{\text{sí, no}\} \\ temp = \{\text{frío}\} \end{cases}$$

- El significado que resulta de la intersección de los significados de las instancias de ensalada que estamos utilizando como ejemplo es:

$$\varepsilon_{ens} = \begin{cases} mezcla fría salada \\ de trozos de hortalizas y \\ aceite crudo o en salsa y sal y \\ tal vez otras especias y sin agua \end{cases}$$

En términos de la Lógica la definición toma la siguiente forma:

$$\varepsilon_{ens} = \begin{cases} \langle hort:\text{trozo} \rangle \wedge \langle acei:\text{crudo} \vee \text{salsa} \rangle \wedge \\ \wedge \langle sal:\text{sí} \rangle \wedge \langle agua:\text{no} \rangle \wedge \langle otro:(\text{sí} \vee \text{no}) \rangle \wedge \\ \wedge \langle espe:(\text{sí} \vee \text{no}) \rangle \wedge \langle temp:\text{frío} \rangle \end{cases}$$

En lenguaje natural:

El modelo ensalada es hortalizas de tamaño trozo y aceite crudo o salsa y sal y no agua y sí o no otros ingredientes y sí o no especias y temperatura frío.

O bien:

Ensalada es una mezcla fría, salada de trozos de hortalizas, sin agua, con aceite crudo o en salsa y tal vez otros ingredientes y especias.

Por lo tanto, hemos encontrado un método para expresar el enunciado formalmente, esto es, una especificación funcional del modelo.

Otro modelo distinto a este pero muy parecido resultaría de ignorar el contenido de sal. Abarca a una familia menos extensa de ensaladas y sería la opción para hipertensos o para quienes prefieren salar a su gusto —el contenido de sal no formaría parte del subproblema modelo sino del subproblema instrumental—.

El subproblema instrumental para concretar la pipirrana ε_{pipi} es el siguiente:

$$\varepsilon_{pipi} = \begin{cases} \varepsilon_{ens} \wedge \langle \text{acei:crudo} \rangle \wedge \\ \langle \text{otro:sí} \rangle \wedge \\ \wedge \langle \text{espe:sí} \rangle \end{cases}$$

La pipirrana es una ensalada con aceite crudo, otros ingredientes y especias.

Anexo K. Modelado de la exclusión mutua

Proponemos los siguientes problemas para modelar el control de esclusas:

{ Esclusas de compensación de
diferencias de nivel de navegación
Puerta doble con cámara intermedia
para acceso a recintos protegidos
Muelle de trasiego de ganado
Canal de conexión punto a punto
Estrechamiento de vía de dos sentidos
Cruce múltiple de vías
Puente Bizkaia
Doble puerta para control climático de edificios
Circulación por tramo de vía bidireccional
Atención por turno
Un botijo
El corazón de los mamíferos
Transbordador
Puente levadizo

El dominio del compendio de los problemas propuestos es el siguiente:

$$\delta = \{\text{modA}, \text{modB}, \text{capa}, \text{expl}, \text{sent}, \text{secu}\}$$

El abanico de las características de la muestra es:

{ modA = {llenado, entrada, carga, emisión,
ida, abierto, entrada y salida,
ida y vuelta, expedición}
modB = {vaciado, salida, descarga, recepción,
vuelta, cerrado, entrada y salida,
ida y vuelta, nada}
capa = {múltiple, simple}
expl = {excluyente, paralela}
sent = {bidireccional, multidireccional, unidireccional}
secu = {alterna, aleatoria, simultánea, serie}

El modelo de la tabla III.5, de explotación en exclusión mutua serie de un recurso bimodal —EMS— viene definido por los casos que componen la familia que pertenecen al mismo:

- Esclusas de compensación de diferencias de nivel de navegación
- Puerta doble con cámara intermedia para acceso a recintos protegidos
- Muelle de trasiego de ganado
- Canal de conexión punto a punto
- Estrechamiento de vía de dos sentidos
- Cruce múltiple de vías
- Puente Bizkaia
- Un botijo
- El corazón de los mamíferos
- Transbordador
- Puente levadizo

En cambio, no pertenecer a este modelos los casos siguientes:

- Doble puerta para control climático de edificios
- Circulación por tramo de vía bidireccional
- Atención por turno

A partir de la [ecuación \(A.3\)](#), es inmediato obtener una especificación del modelo EMS como una función aritmético-lógica.

$$\sigma_{EMS} = \langle \varepsilon_{EMS}, \delta_{EMS} \rangle$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_{EMS} \subseteq \delta_{esc} \cap \delta_{seg} \cap \delta_{mue} \cap \delta_{con} \cap \delta_{via} \cap \\ \quad \cap \delta_{cru} \cap \delta_{biz} \cap \delta_{bot} \cap \delta_{cor} \cap \delta_{tra} \cap \delta_{lev} \\ \varepsilon_{EMS} \subseteq \varepsilon_{esc} \cap \varepsilon_{seg} \cap \varepsilon_{mue} \cap \varepsilon_{con} \cap \varepsilon_{via} \cap \\ \quad \cap \varepsilon_{cru} \cap \varepsilon_{biz} \cap \varepsilon_{bot} \cap \varepsilon_{cor} \cap \varepsilon_{tra} \cap \varepsilon_{lev} \end{array} \right.$$

$$\delta_{EMS} = \begin{cases} \text{modA} = \{\text{llenado, entrada, carga,} \\ \text{emisión, ida, abierto}\} \\ \text{modB} = \{\text{vaciado, salida, descarga,} \\ \text{recepción, vuelta, cerrado}\} \\ \text{capa} = \{\text{múltiple, simple}\} \\ \text{expl} = \{\text{excluyente}\} \\ \text{sent} = \{\text{bidireccional, multidireccional,} \\ \text{unidireccional}\} \\ \text{secu} = \{\text{alterna, aleatoria, serie}\} \end{cases}$$

La única constante es el modo de explotación del recurso. De ahí el nombre del modelo.

$$\varepsilon_{EMS} = \begin{cases} \langle \text{excluyente} \rangle \wedge \\ \wedge \langle \text{modA} : (\text{llenado} \vee \text{entrada} \vee \text{carga} \vee \\ \vee \text{emisión} \vee \text{ida} \vee \text{abierto}) \rangle \wedge \\ \wedge \langle \text{modB} : (\text{vaciado} \vee \text{salida} \vee \text{descarga} \vee \\ \vee \text{recepción} \vee \text{vuelta} \vee \text{cerrado}) \rangle \wedge \\ \wedge \langle \text{capa} : (\text{múltiple} \vee \text{simple}) \rangle \wedge \\ \wedge \langle \text{sent} : (\text{bidireccional} \vee \text{multidireccional} \vee \\ \vee \text{unidireccional}) \rangle \wedge \\ \wedge \langle \text{secu} : (\text{alterna} \vee \text{aleatoria} \vee \text{serie}) \rangle \end{cases}$$

En lenguaje natural:

El modelo de explotación en exclusión mutua serie de un recurso bimodal es excluyente entre el modo de acceso al recurso y el de abandono del mismo, secuencia no simultánea, y con indistinta capacidad de usuarios y sentido de operación.

Es un modelo extremadamente general y ello sugiere que tendrá talla elevada el subproblema instrumental para concretar el control de esclusas C_{escl} es el siguiente:

$$C_{escl} = \begin{cases} \varepsilon_{EMS} \wedge \langle \text{modA} : \text{llenado} \rangle \wedge \\ \wedge \langle \text{modB} : \text{vaciado} \rangle \wedge \langle \text{capa} : \text{múltiple} \rangle \wedge \\ \wedge \langle \text{sent} : \text{bidireccional} \rangle \wedge \langle \text{secu} : \text{alterna} \rangle \end{cases}$$

El control de esclusa es el modelo de explotación en exclusión mutua serie de un recurso bimodal con un acceso en nivel alto y el otro en nivel bajo y capacidad múltiple y sentido bidireccional y secuencia alterna.

El modelo de la tabla III.6, de explotación en exclusión mutua aleatoria o estocástica de un recurso bimodal —EME— queda definido mediante la siguiente expresión lógica:

$$\sigma_{EME} = \langle \varepsilon_{EME}, \delta_{EME} \rangle$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \delta_{EME} \subseteq \delta_{esc} \cap \delta_{seg} \cap \delta_{mue} \cap \delta_{con} \cap \delta_{via} \cap \\ \quad \cap \delta_{cru} \cap \delta_{biz} \cap \delta_{tra} \cap \delta_{lev} \\ \varepsilon_{EME} \subseteq \varepsilon_{esc} \cap \varepsilon_{seg} \cap \varepsilon_{mue} \cap \varepsilon_{con} \cap \varepsilon_{via} \cap \\ \quad \cap \varepsilon_{cru} \cap \varepsilon_{biz} \cap \varepsilon_{tra} \cap \varepsilon_{lev} \end{array} \right.$$

$$\delta_{EME} = \left\{ \begin{array}{l} \text{modA} = \{\text{llenado, entrada, carga,} \\ \quad \text{emisión, ida, abierto}\} \\ \text{modB} = \{\text{vaciado, salida, descarga,} \\ \quad \text{recepción, vuelta, cerrado}\} \\ \text{capa} = \{\text{múltiple}\} \\ \text{expl} = \{\text{excluyente}\} \\ \text{sent} = \{\text{bidireccional, multidireccional}\} \\ \text{secu} = \{\text{alterna, aleatoria}\} \end{array} \right.$$

El modelo de explotación en exclusión mutua estocástica de un recurso bimodal es excluyente y con capacidad de usuarios múltiple entre el modo de acceso al recurso y el de abandono del mismo, secuencia alterna o aleatoria, y con sentido de operación bidireccional o multidireccional.

El subproblema instrumental para concretar el control de esclusas C_{escl} es el siguiente:

$$C_{escl} = \left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_{EME} \wedge \langle \text{modA} : \text{llenado} \rangle \wedge \langle \text{modB} : \text{vaciado} \rangle \wedge \\ \wedge \langle \text{sent} : \text{bidireccional} \rangle \wedge \langle \text{secu} : \text{alterna} \rangle \end{array} \right.$$

El control de esclusa es el modelo de explotación en exclusión mutua estocástica de un recurso bimodal con un acceso en nivel alto y el otro en nivel bajo y sentido bidireccional y secuencia alterna.

El modelo de la tabla III.7, de explotación en exclusión mutua alternada de un recurso bimodal —EMA— queda definido mediante la siguiente expresión lógica:

$$\sigma_{EMA} = \langle \varepsilon_{EMA}, \delta_{EMA} \rangle$$

$$\begin{cases} \delta_{EMA} \subseteq \delta_{esc} \cap \delta_{biz} \cap \delta_{tra} \cap \delta_{lev} \\ \varepsilon_{EME} \subseteq \varepsilon_{esc} \cap \varepsilon_{biz} \cap \varepsilon_{tra} \cap \varepsilon_{lev} \end{cases}$$

$$\delta_{EMA} = \begin{cases} \text{modA} = \{\text{llenado, ida, abierto}\} \\ \text{modB} = \{\text{vaciado, vuelta, cerrado}\} \\ \text{capa} = \{\text{múltiple}\} \\ \text{expl} = \{\text{excluyente}\} \\ \text{sent} = \{\text{bidireccional}\} \\ \text{secu} = \{\text{alterna}\} \end{cases}$$

El modelo de explotación en exclusión mutua alternada de un recurso bimodal es excluyente, bidireccional, alterno y con capacidad de usuarios múltiple entre el modo de acceso al recurso y el de abandono del mismo.

El subproblema instrumental para concretar el control de esclusas C_{escl} es el siguiente:

$$C_{escl} = \varepsilon_{EME} \wedge \langle \text{modA} : \text{llenado} \rangle \wedge \langle \text{modB} : \text{vaciado} \rangle$$

El control de esclusa es el modelo de explotación en exclusión mutua alternada de un recurso bimodal con un acceso en nivel alto y el otro en nivel bajo.

Anexo L. Clasificación de las decisiones instrumentales

La sentencia "naturaleza instrumental" de una decisión de resolución define una relación de equivalencia entre las decisiones instrumentales de resolución de los problemas.

La naturaleza de una decisión instrumental de resolución de un problema es la calidad de la solución que emana de esa decisión.

Sea P_i el conjunto de las decisiones instrumentales de resolución:

$$P_i = \{\rho_i\}$$

La naturaleza de cada decisión establece la siguiente partición en tres clases:

$$P_i / \sim = \{\rho_\alpha, \rho_\tau, \rho_\varepsilon\} \begin{cases} \rho_\alpha & \text{decisiones arquitecturales} \\ \rho_\tau & \text{decisiones tecnológicas} \\ \rho_\varepsilon & \text{decisiones estructurales} \end{cases}$$

La demostración algebraica de que su naturaleza establece una relación de equivalencia en el conjunto de las decisiones instrumentales consiste en probar que cumple las propiedades reflexiva, simétrica y transitiva.

Las decisiones instrumentales operan sobre la solución abstracta que constituye el modelo para incorporar el significado arquitectural de la solución al problema, esto es, de la capacidad instrumental de la solución para proporcionar la funcionalidad del problema. Ver [ecuación \(H.1\)](#).

La relación de equivalencia P_i / \sim viene dada por

$$(P_i / \sim) : \rho_j \sim \rho_k \Leftrightarrow N_j = N_k$$

Es decir, dos decisiones instrumentales son equivalentes si sus resultados tienen la misma naturaleza, N .

La relación de equivalencia debe cumplir las propiedades siguientes:

Propiedad reflexiva

El enunciado de la propiedad reflexiva establece que:

$$\forall \rho_j \in P_i, \rho_j \sim \rho_j$$

La demostración se basa en que las decisiones instrumentales son reproducibles y por lo tanto cada decisión produce siempre el mismo resultado.

$$\forall j, \rho_j \sim \rho_j \Rightarrow N_j = N_j$$

Supongamos que una decisión instrumental no está relacionada consigo misma:

$$\rho_j \not\sim \rho_j \Rightarrow N_j \neq N_j \text{ imposible}$$

Propiedad simétrica

El enunciado de la propiedad simétrica establece que:

$$\forall \rho_j, \rho_k \in P, \rho_j \sim \rho_k \Rightarrow \rho_k \sim \rho_j$$

La demostración se basa en que dos decisiones instrumentales están relacionadas si producen resultado de la misma naturaleza:

$$\rho_j \sim \rho_k \Rightarrow N_j = N_k \Rightarrow N_k = N_j \Rightarrow \rho_k \sim \rho_j$$

Propiedad transitiva

El enunciado de la propiedad transitiva establece que:

$$\forall \rho_j, \rho_k, \rho_l \in P, (\rho_j \sim \rho_k) \wedge (\rho_k \sim \rho_l) \Rightarrow \rho_j \sim \rho_l$$

La demostración se basa en la coincidencia de la naturaleza de las decisiones:

$$\begin{aligned} & (\rho_j \sim \rho_k) \wedge (\rho_k \sim \rho_l) \Rightarrow \\ \Rightarrow & (N_j = N_k) \wedge (N_k = N_l) \Rightarrow N_j = N_l \Rightarrow \\ & \Rightarrow \rho_j \sim \rho_l \end{aligned}$$

Anexo M. Inclusión instrumental

El conjunto de clases de decisiones instrumentales es:

$$I = P_i / \sim = \{\rho_\alpha, \rho_\tau, \rho_\varepsilon\}$$

La relación de inclusión ordena las tres clases de decisiones instrumentales. Así, las decisiones tecnológicas están incluidas en las estructurales y estas, a su vez, en las arquitecturales.

$$I / < : \rho_\tau < \rho_\varepsilon < \rho_\alpha$$

Tecnología < Estructura < Arquitectura

Para demostrar algebraicamente que la inclusión de decisiones ordena parcialmente el conjunto de las decisiones instrumentales de resolución de los problemas, partimos de que I es el conjunto cociente que contiene las tres clases de decisiones instrumentales.

La relación de orden es:

$$(I, \leq) : \rho_i \leq \rho_j \Leftrightarrow \sigma_i \in \sigma_j \quad \forall \rho_i, \rho_j \in I$$

La demostración es la siguiente:

Propiedad reflexiva

El enunciado de la propiedad reflexiva establece que:

$$\forall \rho_i \in I, \rho_i \leq \rho_i$$

Supongamos que una decisión instrumental no está relacionada consigo misma. Entonces podría producir distinto resultado, lo cual contradice su reproducibilidad observacional:

$$\rho_i \not\leq \rho_i \Rightarrow \sigma_i \notin \sigma_i \quad \text{imposible}$$

Propiedad transitiva

La transitividad establece que:

$$\forall \rho_i, \rho_j, \rho_k \in I, (\rho_i \leq \rho_j) \wedge (\rho_j \leq \rho_k) \Rightarrow \rho_i \leq \rho_k$$

La demostración se basa en las propiedades de la pertenencia:

$$\begin{aligned} & (\rho_i \leq \rho_j) \wedge (\rho_j \leq \rho_k) \Rightarrow \\ & \Rightarrow (\sigma_i \in \sigma_j) \wedge (\sigma_j \in \sigma_k) \Rightarrow \\ & \Rightarrow \sigma_i \in \sigma_k \Rightarrow \rho_i \leq \rho_k \end{aligned}$$

Propiedad antisimétrica

La antisimetría establece que si hay reciprocidad de relación entre dos elementos de conocimiento es porque se trata del mismo:

$$\begin{aligned} & \forall \rho_i, \rho_j \in I, \quad (\rho_i \leq \rho_j) \wedge (\rho_j \leq \rho_i) \Rightarrow \rho_i = \rho_j \\ & (\rho_i \leq \rho_j) \wedge (\rho_j \leq \rho_i) \Rightarrow (\sigma_i \in \sigma_j) \wedge (\sigma_j \in \sigma_i) \Rightarrow \\ & \Rightarrow \sigma_i = \sigma_j \Rightarrow \rho_i = \rho_j \end{aligned}$$

Además de establecer una ordenación parcial, hay un orden total y estricto dado que cumple las propiedades de completitud y asimetría.

Propiedad de completitud

Esta propiedad impone que estén ordenados todos los pares de clases de conocimiento entre ellos:

$$\begin{aligned} & \forall \rho_i, \rho_j \in I, \quad (\rho_i \leq \rho_j) \vee (\rho_j \leq \rho_i) \\ & (\rho_i \leq \rho_j) \vee (\rho_j \leq \rho_i) \Rightarrow (\sigma_i \in \sigma_j) \vee (\sigma_j \in \sigma_i) = 1 \end{aligned}$$

Propiedad asimétrica

La asimetría establece que no haya reciprocidad de relación entre dos decisiones instrumentales distintas:

$$\forall \rho_i \neq \rho_j \in I, \quad (\rho_i \leq \rho_j) \Rightarrow \overline{(\rho_j \leq \rho_i)}$$

La demostración se basa en las propiedades de los componentes:

$$\rho_i \leq \rho_j \Rightarrow \sigma_i \in \sigma_j \Rightarrow \overline{(\sigma_j \in \sigma_i)} \Rightarrow \sigma_i \neq \sigma_j \Rightarrow \rho_i < \rho_j$$

Anexo N. Efecto sintetizador

La sentencia "efecto sintetizador" de una decisión contextual define una relación de equivalencia entre dichas decisiones.

El efecto sintetizador de una decisión contextual es la repercusión del alcance causal que la decisión produce en el subproblema de síntesis.

Sea P_γ el conjunto de las decisiones contextuales de resolución:

$$P_\gamma = \{\rho_\gamma\}$$

El efecto sintetizador S de cada decisión establece la siguiente partición en tres clases:

$$P_\gamma / \sim = \{\rho_p, \rho_r, \rho_i\} \begin{cases} \rho_p & \text{decisiones preventivas} \\ \rho_r & \text{decisiones reactivas} \\ \rho_i & \text{decisiones irrelevantes} \end{cases}$$

La demostración algebraica de que el efecto sintetizador establece una relación de equivalencia en el conjunto de las decisiones contextuales consiste en probar que cumple las propiedades reflexiva, simétrica y transitiva.

Las decisiones contextuales responden a las circunstancias de creación de la solución sintética al problema, esto es, de la capacidad instrumental de la solución para proporcionar la funcionalidad del problema. Ver [ecuación \(H.2\)](#).

La relación de equivalencia P_γ / \sim viene dada por

$$(P_\gamma, \sim) : \rho_j \sim \rho_k \Leftrightarrow S_j = S_k$$

Es decir, dos decisiones contextuales son equivalentes si tienen el mismo efecto sintetizador —infraestructura, ocasional, ninguno—.

La relación de equivalencia debe cumplir las propiedades siguientes:

Propiedad reflexiva

El enunciado de la propiedad reflexiva establece que:

$$\forall \rho_j \in P_\gamma, \rho_j \sim \rho_j$$

La demostración se basa en que las decisiones contextuales son reproducibles y por lo tanto cada decisión tiene siempre el mismo alcance y la misma causalidad.

$$\forall j, \rho_j \sim \rho_j \Rightarrow S_j = S_j$$

Supongamos que una decisión contextual no está relacionada consigo misma:

$$\rho_j \not\sim \rho_j \Rightarrow S_j \neq S_j \text{ imposible}$$

Propiedad simétrica

El enunciado de la propiedad simétrica establece que:

$$\forall \rho_j, \rho_k \in P_\gamma, \rho_j \sim \rho_k \Rightarrow \rho_k \sim \rho_j$$

La demostración se basa en que dos decisiones contextuales están relacionadas si producen el mismo efecto sintetizador:

$$\rho_j \sim \rho_k \Rightarrow S_j = S_k \Rightarrow S_k = S_j \Rightarrow \rho_k \sim \rho_j$$

Propiedad transitiva

El enunciado de la propiedad transitiva establece que:

$$\forall \rho_j, \rho_k, \rho_l \in P_\gamma, (\rho_j \sim \rho_k) \wedge (\rho_k \sim \rho_l) \Rightarrow \rho_j \sim \rho_l$$

La demostración se basa en la coincidencia del efecto sintetizador de las decisiones:

$$\begin{aligned} & (\rho_j \sim \rho_k) \wedge (\rho_k \sim \rho_l) \Rightarrow \\ \Rightarrow & (S_j = S_k) \wedge (S_k = S_l) \Rightarrow S_j = S_l \Rightarrow \\ & \Rightarrow \rho_j \sim \rho_l \end{aligned}$$

Estudio de casos

Caso 1. El asistente de diseño Mayéutica

Mayéutica

**Plataforma de ayuda a la toma de
decisiones de diseño en ingeniería**

Autoría:

Juan Manuel García Chamizo

Fecha: 2-01-2022

Capítulo 1. Especificación funcional

1. Finalidad

Plataforma de ayuda a la toma de decisiones de diseño en ingeniería

Mayéutica es el proyecto de plataforma digital –prototipo– para facilitar la actividad de tomar decisiones conducentes a resolver los problemas mediante la metodología formal causal. El proyecto está particularizado como un asistente digital para la toma de decisiones de diseño en ingeniería —ver la figura C.1.1—.



Figura C.1.1. Pantalla de inicio de Mayéutica.

El entorno recibe como dato de entrada el encargo que el cliente hace al ingeniero y la salida es el proyecto de ejecución del prototipo, después de un recorrido interactivo sistemático de toma de decisiones. La operativa se fundamenta en la metodología causal de resolución de problemas con enfoque "divide et vincas", mediante el paradigma de resolución orientada al modelo, dirigido a la arquitectura.

La finalidad es sistematizar el proceso de diseño, aumentando la parte de justificación objetiva de las soluciones a los problemas, subordinando la parte arbitraria que proviene de la inspiración del ingeniero.

En una primera instancia, la plataforma plantea las preguntas oportunas al usuario y recoge las respuestas dando forma a la solución. A largo plazo la finalidad es que la propia plataforma sea capaz de proponer soluciones a partir de unos pocos requerimientos introducidos por el usuario.

2. Motivaciones

Motivación preceptiva

Las respuestas a la cuestión "por qué la iniciativa de Plataforma de ayuda a la toma de decisiones de diseño en ingeniería" proporciona los motivos que fundamentan dicho plan de competitividad. El gran volumen de la motivación surge de las necesidades, misiones y expectativas que tiene el destinatario.

Los motivos preceptivos provenientes de las necesidades, misiones y expectativas son los siguientes:

A: Buscamos sistematizar el proceso de diseño

Han transcurrido casi dos décadas desde la primera lección inaugural sobre Informática impartida en nuestra Universidad, por el profesor Rizo. Su auto-respuesta confirmando que HAL no era posible en 2001 sintetiza, en mi opinión, magistralmente, que la utopía es inspiradora pero que, en la realidad, bregamos con el reto de contribuir al beneficio de la sociedad, más prosaico al tiempo que más ilusionante. Su consideración acerca de que "...el desarrollo de una teoría unificada de la inteligencia queda aún lejos." parece seguir vigente (Rizo, 2001).

Nuestro enfoque se centra en el método a seguir para tomar las decisiones que requiere el diseño de las soluciones informáticas. En tanto en cuanto esas soluciones informáticas lo sean a problemas de este o aquel campo, el método de la informática se hace método también del campo beneficiario, análogamente a como el método matemático lo es de la Física.

Aunque particularizado para la informática, por extensión, en la medida que el método no está sujeto a restricciones específicas disciplinares, tiene alcance universal para resolver cualquier problema. Por lo tanto, Mayéutica opera como asistente, guiando causalmente las decisiones motivadas de diseño y, en general, para resolver problemas.

En la actualidad, el prototipo de Mayéutica proporciona soporte al sistema Mayéutica para seguir desarrollando el prototipo de Mayéutica.

B: Queremos facilitar la utilización de la metodología causal de resolución de problemas orientada a modelo y técnica de arriba hacia abajo

La versión actual es un prototipo, todavía muy restringido, que opera como asistente digital, guiando causalmente las decisiones motivadas de diseño (García, 2021). Ya ha probado su utilidad como asistente digital para la especificación funcional y estructural de soluciones en las siguientes asignaturas:

- Proyectos Multidisciplinares de las TIC, asignatura del master en Ingeniería de Telecomunicaciones.
- Ingeniería de Computadores, asignatura del doble grado en Ingeniería Informática y Administración y Dirección de Empresas.
- Sistemas Industriales, asignatura del grado en Ingeniería Informática.
- Programas y Aplicaciones Específicas para los Estudios de Humanidades y Estudios Sociales de América Latina, curso del Programa de Doctorado en Humanidades y Estudios Sociales de América Latina.

C: Estamos interesados en que el informe de proyecto esté en consonancia con la toma de decisiones resolutorias

Mayéutica facilita la actualización de las decisiones para resolver y promueve que se tomen rapidez debido a que la modificación posterior o añadir nuevas decisiones en bucle es muy ágil.

Como el informe se elabora al tiempo que se toman las decisiones, recoge la frescura de las mismas con toda riqueza de matices y detalles.

El hecho de redactar la justificación de las decisiones provoca en el autor un esfuerzo implícito de reflexión sobre las decisiones que provoca un refinamiento sobre el grado de consciencia sobre el problema, su resolución y el resultado.

Motivación progresista

La ambición legítima de progreso da lugar a la motivación investigadora para proponer nuevos problemas cuya resolución produzca avance objetivo. Esto corresponde a la primera "I" de la "I+D+I".

El avance objetivo sobre el estado del arte da lugar a la siguiente motivación investigadora:

D: Perseguimos avanzar hacia la proposición autónoma de soluciones a los problemas

La motivación progresista persigue proponer controladamente la intensidad de conocimiento que aporta la nueva solución del problema.

Porque el ámbito es el de motivación, parte de determinar el estado de las soluciones existentes a modo de "estudio del estado del arte" con la finalidad de establecer el umbral de conocimiento existente. Los motivos que conlleven conocimiento por encima del umbral requieren innovación para crear ese nuevo conocimiento.

Exploramos el estado actual de la técnica utilizando como referencia la esencia que, estimativamente, caracteriza al problema —en la práctica, se trata de efectuar una búsqueda tomando como palabras clave los previsible modelos del problema a proponer más adelante—.

Hemos efectuado la búsqueda en internet utilizando el navegador Google para las siguientes proposiciones:

- Gestor documental del diseño.
- Asistente para el diseño de soluciones en ingeniería.
- Plataforma digital de apoyo a la ingeniería.
- Modelo de métodos de resolución de problemas.

El resumen de los resultados obtenidos es el siguiente:

- Asistente de diseñador. Formación de especialistas para ayudar a los profesionales, entre otros sectores, para diseño tridimensional asistido por computador —CAD 3D— (ESADE, 21) y para dirección de proyectos complejos (Educaweb, 21). Utilizan técnicas específicas fuertemente dependientes de las características de los problemas que acometen.

- La gestión documental de proyectos de ingeniería en los entornos colaborativos están generalizados en la ingeniería debido a que facilita y agiliza las tareas de gestión documental y el flujo de actividades que intervienen en un proyecto. Adicionalmente, facilita el registro histórico de documentos y procesos de gestión documental que deben ser tenidos en cuenta. Algunos entornos específicos de gestión documental (Autodesk, 2021), (Cortina, 2009), (C-Folder, 2021), (Solidworks, 2021).
- Las denominadas metodologías ágiles se basan en criterios divide y vencerás para desarrollar proyectos. Prescinde del diseño producto y de la planificación del desarrollo reemplazándolos por bucles de realimentación mediante los cuales progresa el desarrollo. Su utilidad se limita prácticamente a procesos productivos de servicio y actualización de soluciones ya existentes. Entre las más destacadas están Agile (Progresslean, 2021), (Wearemarketing, 2021), Scrum (APDS, 2021), (Proyectosagiles, 2021) y Kanban (APDK, 2021), (Kanban, 2021).
- Diversas propuestas se caracterizan por estar orientadas a la mejora continua de la productividad o a la rentabilidad de los proyectos pero su ámbito se restringe prácticamente al ámbito de los negocios. Entre ellas están Canvas (Canvas, 2021), Lean (Lean, 2021), (Morón, 2015) y Kaizen (Kaizen, 2021).
- Además de numerosos entornos CAD, existen entornos de simulación para ingeniería que facilita la concepción, el diseño y la validación de soluciones como Ansys DesignSpace (Ansys, 2021), Patran (Patran, 2021), Simulia (Simulia, 2021), Comsol (Comsol, 2021) y MapleSim (Maplesoft, 2021).
- La plataforma MatLab proporciona una interfaz gráfica para diseño de abajo hacia arriba (Mathworks, 2021) .
- La tesis doctoral de Fernando Más Morate propone un modelo de asistente digital para diseño aeroespacial que desarrolla mediante técnicas de ingeniería basada en el conocimiento —KBE— la cual identifica como orientada híbridamente a la esencia, la tecnología y la estructura (Morate, 2014).

La conclusión es que los entornos de ayuda a la resolución de problemas tienen su máximos exponentes en los ámbitos que han alcanzado cierto

grado de formalización —gramatical, geométrica, etc.—, principalmente dentro de los sectores de producción industrial, imagen, informática, electrónica, negocio y derecho.

Siendo notoria la ausencia de soluciones para apoyo a la resolución de los problemas del común de las ciencias sociales y humanas, ampliar la búsqueda mediante la proposición "Sistemas de toma de decisiones" produce resultados en la línea de los ya encontrados y, en general, sistemas digitales de apoyo al proceso de tomar decisiones para resolver problemas que operan mediante estimaciones de los efectos de dichas decisiones. Su campo de aplicación práctica está centrado en la gestión empresarial y la de grandes organizaciones —sanitarias, educativas, militares, etc.—. En la medida que implementan estrategias basadas en la experiencia, su ámbito de aplicación está fuertemente ligado a tipologías de problemas cuyas soluciones han sido abundantemente exploradas, esto es, tienen base esencialmente empírica, poco o nada formalizada.

Consecuencia del análisis del estado de la técnica, tenemos previsto incorporar heurísticas en los principales módulos del sistema Mayéutica con la finalidad de acrecentar el soporte a la toma de decisiones. Algunas de esas heurísticas: auto-corrección de errores, inconsistencias y ambigüedad en la conjetura inicial; abstracción automática de modelos inferida semánticamente a partir de la motivación; poda optimizada del ficus estructural y otras.

Nos acercaremos a la creación automática de conocimiento a medida que el sistema Mayéutica vaya siendo más artificialmente inteligente, sin embargo, eso no necesariamente conlleva que haya de producirse merma de la aportación intelectual humana. La expectativa es que continúe la traslación asintótica del quehacer de las personas hacia niveles superiores de lo relacionado con el entendimiento, entre otros, la creación de máquinas progresivamente más capacitadas.

Utópicamente, Mayéutica aspira a resolver problemas autónomamente.

Motivación facultativa

La impronta de singularidad que adquiere la solución por causa de la inspiración (entendida como compendio de experiencia, estilo, preferencia, etc.) del diseño facultativo constituye la motivación innovadora que comporta valor mediante la mejora de producto o de proceso. Es decir, se

trata de desarrollo e innovación para proponer nuevas soluciones que se caracterizan porque producen avance, cuanto menos subjetivo para los intereses que tiene el beneficiario. Esto corresponde a la parte "D+I" del sistema "I+D+I".

El avance subjetivo sobre el estado del arte da lugar a la motivación facultativa de desarrollo e innovación:

E: El proceso de diseño de soluciones a problemas de gran envergadura es complejo

Los procedimientos al uso que utilizan tanto los profesionales como las personas en su quehacer cotidiano entroncan fuertemente con la intuición que emana de la experiencia propia y con la revelación proveniente de la experiencia de terceros. En suma, dan lugar a soluciones inspiracionales y, por lo tanto, impregnadas de arbitrariedad.

El aprendizaje que sigue la generalidad de las personas ocurre mediante la extracción intuitiva de conclusiones a partir de la experiencia, las habilidades sintetizadoras suelen prevalecer sobre las analizadoras. De ahí que el estilo sintético de resolución de abajo hacia arriba —integración de las partes— prevalezca sobre el estilo analítico de resolución de arriba hacia abajo —descomposición del todo en sus elementos—.

El fundamento de las habilidades sintetizadoras elevadas es la existencia de preconceptos —la experiencia adquirida al resolver problemas similares— que vienen a suplir el análisis del problema a modo de sucedáneo que reemplaza la actividad analítica entroncada coherentemente con el enunciado del problema por la búsqueda de analogías con problemas ya resueltos.

La resolución sintética acostumbra a ser mucho más ágil que la analítica y a proporcionar soluciones que tienen buena aceptación cuando se trata de problemas suficientemente conocidos. Eso sí, renunciando a explorar soluciones que pudieran aportar optimización.

En cambio, tanto los problemas nuevos como los de gran envergadura y los incompletamente especificados, difícilmente pueden encontrar soluciones aceptables mediante el atajo sintético debido a la ausencia de preconceptos válidos.

El caso concreto del encargo que el promotor realiza al facultativo proporciona el paradigma de especificación incompleta —así corresponde asumirlo profesionalmente— y esa es la razón por la que Mayéutica propone la ratificación de la hipótesis mediante el documento complementario "Acta de verificación" a suscribir por ambas partes.

El rigor de Mayéutica proporciona en este punto del proceso de diseño el primer hito de validación: confirmación de la exactitud de la especificación por parte del promotor.

3. Modelado

La conjetura de partida para crear un objeto, sistema, proceso o, en general, entidad, consiste en un enunciado que trata de diferenciar a esa entidad de cualquiera otra. En la práctica, puede ocurrir que el enunciado definitorio de la entidad sea deficiente debido a un buen número de aspectos, entre ellos, la ambigüedad del lenguaje y el estilo de la proposición. En cambio, sí que es decisivo definir la entidad con precisión y exactitud porque esa definición será la referencia a utilizar para comprobar que la entidad finalmente creada satisface la demanda formulada.

La estructura del enunciado que define la entidad a crear puede ser cualquiera de las posibles estructuras sintácticas que median entre los casos extremos siguientes:

- Definir la entidad implícitamente mediante un nombre, lo cual impone que, para poder ser creada, ya haya conocimiento común sobre la constitución de la entidad.
- Definir la entidad explícitamente diferenciándola de cada una de las otras infinitas entidades del universo, lo cual consiste en una enumeración de las propiedades de la entidad que puede incluso ser inacabable.

Si la primera estructura carece de universalidad, la segunda es poco recomendable (salvo, tal vez, para conceptos inamovibles) cuando de lo que se trata es de creaciones vivas, que afronten el paso del tiempo por medio de cambios de estilo, mejoras, refinamientos y, en suma, todo aquello que produzca competitividad por la vía de la innovación.

Partimos de varias abstracciones del proyecto Mayéutica como potenciales modelos y cotejamos sus características para concluir proponiendo un

modelo de compendio que maximice las fortalezas, potencie las oportunidades, minimice las debilidades y soslaye las amenazas.

Proposición de potenciales modelos

Gestor documental del diseño

Modelo que engloba a los problemas sobre las acciones de la documentación —memorias, certificados, compromisos, presupuesto, planificación, etc.— de la actividad de diseñar.

Asistente para el diseño de soluciones a problemas

Modelo de guía de las decisiones para resolver problemas.

Plataforma digital de apoyo a la toma de decisiones de resolución de problemas

Modelo de entorno para facilitar el quehacer de las decisiones de resolución conducentes a esclarecer el enunciado de un problema.

Sistema de proposición de soluciones

Modelo de métodos de resolución de problemas.

Definición del modelo

Un asistente digital de la metodología de decisiones para resolución de problemas

El modelo establece la esencia o naturaleza que le reconocemos al problema con vistas a su resolución. En consecuencia, la naturaleza que adquiere la solución proviene del modelo bajo el cual se obtiene dicha solución.

La decisión sobre el modelo constituye la primera poda que el proceso de resolución provoca en el árbol de soluciones. Se toma considerando al problema como una caja negra, es decir, bajo un punto de vista externo al problema, lo cual conlleva que las únicas consideraciones que podemos tener en cuenta son las establecidas en la motivación.

Toda otra consideración tiene connotaciones de constituir una preconcepción que dará lugar a podas artificiosas del árbol de soluciones.

El modelo seleccionado resulta de la composición lógica de los modelos propuestos inicialmente.

La metodología causal que estamos siguiendo para definir el proyecto Mayéutica, al referenciarlo al modelo, proporciona base para expresar esa primera aproximación mediante el siguiente enunciado:

*"Plataforma de ayuda a la toma de decisiones de diseño en ingeniería
ES Un asistente digital de la metodología de decisiones para
resolución de problemas"*

Denotemos al problema "Plataforma Digital Mayéutica" con el acrónimo "PDM" y con sea "m" el modelo:

$$PDM = F(m)$$

4. Formulación

La finalidad del proyecto Mayéutica constituye la causa de la cual han de surgir los fines a lograr mediante la ejecución de la conjetura inicial. Cualquier otra finalidad ajena a la motivación de la conjetura que se propusiera o se suscitara, por muy lícita que fuera, tendría justificación débil y su encaje tendría connotaciones de complementariedad y contravendría la sistematización que tanta robustez confiere a esta propuesta que estamos desarrollando. Lejos de incorporar fines espurios, el método adecuado consiste en refinar la motivación para que las finalidades sobrevenidas, tal vez debidas al progreso de conlleva el paso del tiempo, adquieran causalidad motivacional.

Las respuestas a la cuestión "para qué es Plataforma de ayuda a la toma de decisiones de diseño en ingeniería" proporcionan los objetivos o fines que dicho plan ha de satisfacer.

Provenientes de la motivación preceptiva

Los objetivos que se derivan de la motivación del beneficiario son los siguientes:

A: Buscamos sistematizar el proceso de diseño

A1: Asegurar la reproducibilidad de la solución

La aceptación universal de que la reproducibilidad empírica garantiza la calidad objetiva del conocimiento, justificada formalmente por el método causal, requiere que las soluciones puedan ser refutadas.

La resolución arbitraria —posiblemente surgida del ingenio de su creador—, en cambio, puede ser no refutable en el sentido popperiano de soportar pruebas de falsación. Ese caso fuerza a que sea la convicción el único criterio para aceptar la solución.

Sujetar el proceso de resolución a reglas objetivadoras, máxime si están justificadas formalmente, asegura la reproducibilidad de la solución y con ello la calidad empírica de la solución.

A2: Facilitar la comparación de diferentes soluciones

La comparación requiere un marco métrico de referencia que no siempre o más bien casi nunca conocemos cuando se trata de resolver problemas cualesquiera. En su ausencia, la formalidad que proporciona el método causal de resolución de problemas ordena las decisiones de diseño y proporciona criterios objetivos de calidad metodológica.

Sin perjuicio de que dicha calidad lo es, a su vez, de la solución, el propio método causal inspira criterios objetivos adicionales que pueden surgir de las relaciones entre los diferentes modelos que puedan naturalizar distintas soluciones, de las características arquitecturales cada solución e incluso de la propuesta contextual.

B: Queremos facilitar la utilización de la metodología causal de resolución de problemas orientada a modelo y técnica de arriba hacia abajo

B1: Obtener una solución causalmente consistente con el problema

Los objetivos, requerimientos o funcionalidad que ha de proporcionar la solución explicitan las motivaciones del problema bajo las restricciones modelares que ha establecido la respuesta a "qué es el problema".

Se evita así el establecimiento arbitrario de objetivos, a menudo proveniente de preconcepciones extramodelares impregnadas de asunciones tecnológicas o estructurales de la solución, lo cual constituiría una poda prematura del árbol de soluciones toda vez que es incoherente causalmente que la especificación del problema ha de dar cuenta de los aspectos de su interacción fenomenológica con el resto del mundo, independientemente de las interioridades de su solución.

B2: Mejorar el proceso de resolución

Frente a las técnicas sintéticas de resolución —de abajo hacia arriba—, habitualmente ágiles debido a que son fruto de procesos dilatados de aprendizaje y adquisición de las habilidades resolutorias condensadas en preconceptos, las estrategias analíticas —de arriba hacia abajo— acostumbran a resultar tediosas debido al esfuerzo de abstracción que requieren para generalizar los problemas a marcos modelares que establezcan su esencia.

Adicionalmente, parte de la sencillez que se reconoce a la resolución sintética tiene su explicación en que establece una poda inicial muy intensa del árbol de soluciones mediante la imposición de los ingredientes de la solución. A partir de ahí, la resolución sintética solo ha de explorar soluciones en el subconjunto muy restringido de posibilidades que proporcionan dichos ingredientes. Aunque claramente se trata de un método arbitrario cuyo único aval es la aparente analogía del problema con otros resueltos con anterioridad, sin embargo, no está confirmada tal familiaridad problemática toda vez que no ha sido establecido el parentesco modelar salvo, quizá, intuitiva o incluso instintivamente.

La resolución analítica tiene a su favor que realiza las podas del árbol de soluciones solo cuando no hay más remedio en el sentido estrictamente de causalidad formal —evitando las podas prematuras que pueden sustraer las mejores soluciones— y que tanto la intensidad de las podas como su flexibilidad puede controlarse mediante criterios derivados de la elección del modelo, de las motivaciones progresista y facultativa, de las decisiones estructurales, y otras.

C: Estamos interesados en que el informe de proyecto esté en consonancia con la toma de decisiones resolutorias

C1: Rentabilizar el trabajo

La rentabilización del trabajo pasa por minimizar los esfuerzos, automatizando las tareas repetitivas y aprovechando las sinergias entre distintas actividades.

La generación automática de la memoria del proyecto favorece la exploración de soluciones alternativas, la actualización de las revisiones y el control de estas.

La redacción motivada de las decisiones resolutorias contribuye al

refinamiento de las mismas debido a que proporcionan mayor conciencia del alcance que tienen las decisiones y, viceversa, la redacción al mismo tiempo que la toma de decisiones se beneficia de la riqueza de contenido que se deriva de esa concurrencia.

C2: Conocer en todo momento el estado del proyecto

El seguimiento de la resolución requiere la actualización de la memoria simultáneamente con la toma de decisiones mediante recursos técnicos que faciliten la realización de ambas actividades intelectuales —tomar decisiones y redactar— al tiempo que protejan de la dispersión mental para garantizar el mantenimiento de la necesaria atención.

Provenientes de la motivación investigadora

Estado del conocimiento

Mayéutica es el prototipo digital de la investigación contenida en este libro que he titulado "Las proporciones múltiples del conocimiento. Metodología de la creación causal de conocimiento basada en axiomática observacional".

El inicio de esta investigación se remonta al año dos mil seis, motivada por la preparación de los contenidos de la conferencia titulada "Panorámica de la arquitectura de computadores" que impartí en abril de ese año a los estudiantes de último curso de la titulación de Ingeniería Informática de la Universidad de Murcia, gracias a la invitación del profesor José Manuel García Carrasco, por entonces decano de la Facultad de Informática de dicha Universidad (García, 2022).

La presentación oficial de Mayéutica tuvo lugar el 24 de septiembre de 2020 mediante la Lección Inaugural del Acto de Apertura Oficial del Curso Académico 2020 - 2021 de las universidades valencianas, cuya disertación me cupo el honor de pronunciar (García, 2020b).

La motivación investigadora da lugar a los siguientes objetivos:

D: Perseguimos avanzar hacia la proposición autónoma de soluciones a los problemas

D1: Aumentar la parte de justificación objetiva de las soluciones a los problemas a cambio de disminuir la parte arbitraria que proviene de la inspiración de quien diseña

La axiomática observacional de creación del conocimiento establece proporciona la base formal para establecer la coherencia causal de la metodología de resolución de problemas basada en estrategia divide et vincas orientada al modelo del problema y a la arquitectura de la solución.

La clasificación por su observabilidad establece las siguientes cuatro clases de conocimiento: formal, factual, inspirado e inmanente.

La ordenación de las cuatro clases de conocimiento mediante la credibilidad que tiene cada una de ellas establece que el conocimiento formal es el de mayor credibilidad —puede someterse a pruebas de falsación lógica, experimental y por convicción—, le sigue el conocimiento factual —puede someterse a pruebas de falsación experimental y por convicción—, en tercer lugar está el conocimiento inspirado —puede someterse a pruebas de falsación por convicción— y, finalmente, el conocimiento inmanente, que no puede ser falsado.

La falibilidad observacional, pues, establece que la máxima objetividad de la solución resulta de aplicar el método consistente en resolver un problema empezado por su parte formal, continuar la resolución del subproblema factual empíricamente, seguir con la parte inspiracional arbitrariamente y terminar resolviendo instintivamente el subproblema inmanente.

D2: Favorecer la ayuda computerizada al diseño

El método formal causal de resolución de problemas está basado en el paradigma de clasificar los elementos de los problemas y ordenar las acciones para resolver cada uno de ellos. Se concreta en los siguientes pasos:

- 3.Descomposición del problema inicial mediante clasificación por creatividad en los subproblemas análisis, síntesis y verificación. Ordenación causal según esa secuencia: análisis > síntesis > verificación.
- 4.Descomposición del problema analítico mediante clasificación observacional en los subproblemas formal, factual, inspirado e inmanente. Ordenación por credibilidad según esa secuencia: formal > factual > inspirado > inmanente.
- 5.Descomposición del problema factual mediante el alcance de las decisiones en los subproblemas modelar, instrumental y contextual.

Ordenación por la potencia de la solución según esa secuencia: modelar > instrumental > contextual.

6.Descomposición del problema instrumental mediante el rol de las decisiones en los subproblemas arquitectural, estructural y tecnológico. Ordenación inclusiva de la solución según esa secuencia: arquitectural > estructural > tecnológico.

7.Descomposición del problema contextual mediante sistematización en los subproblemas selección, planificación y contingencias. Ordenación por dilación de la solución según esa secuencia: selección > planificación > contingencias.

Provenientes de la motivación facultativa

La motivación facultativa de desarrollo e innovación puede satisfacerse mediante los siguientes objetivos:

E: El proceso de diseño de soluciones a problemas de gran envergadura es complejo

E1: Facilitar un proceso de abstracción complejo para personas poco experimentadas

La estrategia divide et vincas que resulta de aplicar el método formal causal de resolución de problemas produce la siguiente descomposición:

- 1.Problema
- 2.*Análisis* → *Síntesis* → *Verificación*
- 3.*Formal* → *Factual* → *Inspirado* → *Inmanente* → Síntesis → Verificación
- 4.*Formal* → *Modelar* → *Instrumental* → *Contextual* → Inspirado → Inmanente → Síntesis → Verificación
- 5.*Formal* → *Modelar* → *Arquitectural* → *Estructural* → *Tecnológico* → Contextual → Inspirado → Inmanente → Síntesis → Verificación
- 6.*Formal* → *Modelar* → *Arquitectural* → *Estructural* → *Tecnológico* → *Selección* → *Planificación* → *Contingencias* → Inspirado → Inmanente → Síntesis → Verificación

La secuencia formalmente correcta de decisiones de resolución de problemas corresponde a las respuestas que quien resuelve proporciona a las preguntas: por qué, qué, para qué, cómo, con qué y la selección de preguntas contextuales.

Especificación funcional del proyecto Mayéutica

Este paso de la metodología causal que estamos siguiendo para definir el Mayéutica completa su caracterización bajo el enfoque externo al propio proyecto, es decir, visto este en términos de su especificación basada en las funciones que ha de satisfacer, sea cual sea la solución que finalmente lo materialice.

Plataforma de ayuda a la toma de decisiones de diseño en ingeniería

ES Un asistente digital de la metodología de decisiones para resolución de problemas

PARA Asegurar la reproducibilidad de la solución

Y Facilitar la comparación de diferentes soluciones

Y Obtener una solución causalmente consistente con el problema

Y Mejorar el proceso de resolución

Y Rentabilizar el trabajo

Y Conocer en todo momento el estado del proyecto

Y Aumentar la parte de justificación objetiva de las soluciones a los problemas a cambio de disminuir la parte arbitraria que proviene de la inspiración de quien diseña

Y Favorecer la ayuda computerizada al diseño

Y Facilitar un proceso de abstracción complejo para personas poco experimentadas

Consecuencia de la metodología causal de diseño basada en el paradigma "divide et vincas" con estrategia modal, que estamos siguiendo, la especificación funcional tiene estructura sintáctica formalmente de la Lógica. Como tal, podemos enunciar nuestro proyecto funcionalmente mediante una ecuación aritmético-lógica, derivándose de ello la disponibilidad de todo el aparataje de la Matemática para garantizar la corrección del proyecto.

$$PDM = A1(m) \wedge A2(m) \wedge B1(m) \wedge B2(m) \wedge C1(m) \wedge C2(m) \wedge D1(m) \wedge D2(m) \wedge E1(m)$$

El primer nivel de validación del proyecto lo constituye, precisamente, el "Certificado de verificación de objetivos" emitido por el beneficiario.

El acto de recepción de la especificación funcional la convierte en la referencia para la validación de las sucesivas etapas del plan de competitividad, concretamente:

- Verificación de las simulaciones de las especificaciones estructurales de los módulos subproyectos y de sus módulos.
- Verificación de las simulaciones de las especificaciones organizacionales de los módulos subproyectos y de sus módulos.
- Verificación de las simulaciones de las especificaciones tecnológicas de los módulos.
- Verificación experimental de cada módulo aisladamente.
- Verificación experimental de la integración de los módulos en los subproyectos y en el proyecto.

Capítulo 2. Propuesta arquitectural

1. Estructura y organización

Sobre la especificación funcional que hemos obtenido, el diseño causal del proyecto continua utilizando estrategia de "arriba hacia abajo" para decidir la estructura modular y la organización de los módulos.

Cómo estructurar el proyecto Mayéutica

En consonancia causal con los objetivos a lograr, los módulos que conforman el proyecto son los siguientes:

A1: Asegurar la reproducibilidad de la solución

a: Plantear ordenadamente las preguntas decisionales

El orden de las preguntas decisionales establece la secuencia de resolución de los subproblemas.

Es importante responde a las preguntas motivacional —por qué—, modelar —qué— y funcional —para qué— bajo enfoque del consideración del problema una caja negra a fin de que las respuestas contengan información relacionada únicamente con la utilidad de la solución, esto es, de las interacciones que la solución haya de mantener con el resto del Universo. De esa manera, las respuestas estarán libre de restricciones relativas a la composición de la solución ya que las mismas constituirían preconceptos que fuerzan podas prematuras en el árbol de soluciones.

b: Tomar las decisiones de resolución

Lo que corresponde hacer es responder a las cuestiones decisionales.

Cada respuesta viene a ser una sentencia que enuncia un subproblema dentro del proceso de resolución.

La recomendación es que dichas sentencias consistan en oraciones simples para que la descomposición divide et vincas resulte simplificada. Caso de utilizar oraciones compuestas, la equivalencia operacional es la de enunciar subproblemas que consisten en composiciones de otros más simples.

A2: Facilitar la comparación de diferentes soluciones

c: Representar formalmente las soluciones

La formalidad del método seguido hasta este punto proporciona un enunciado para la versión actual del problema que consiste en la conjunción de los objetivos funcionales, expresados cada uno de ellos como una función del modelo.

Por lo tanto, el enunciado de la nueva versión del problema tiene la forma de una sentencia del lenguaje natural que expresa el problema como el modelo concretado a los objetivos decididos. Dicha sentencia consiste en la conjunción de los objetivos.

En términos formales, el enunciado es la ecuación que expresa la conjunción de los objetivos funcionales del modelo.

Sensu stricto, La representación formal se refiere a las ecuaciones aritmético-lógicas que definen los sucesivos enunciados del problema a medida que va siendo esclarecido.

Lo hitos de resolución que corresponden a esos enunciados son los siguientes: modelar, funcional, estructural, ejecucional y resultado.

En la práctica, el único enunciado que tiene interés formal es el de especificación funcional debido a que constituye la referencia rigurosa de verificación de la solución. Los demás, o no aportan mayor información, como la especificación modelar o las expresiones que resultan son extremadamente farragosas y muy poco operacionales.

De ahí, que se recurre a otros sistemas de representación que proporcionan mayor facilidad de manejo y comunicación.

d: Análisis de soluciones propuestas

Esta actividad consiste en los hitos de verificación de la solución.

Se extiende a lo largo de todo el proceso de resolución mediante verificaciones parciales del esclarecimiento aportado en cada punto.

En versiones avanzadas de Mayéutica, incorporará utillería de análisis de grafos.

B1: Obtener una solución causalmente consistente con el problema

a: Plantear ordenadamente las preguntas decisionales

b: Tomar las decisiones de resolución

B2: Mejorar el proceso de resolución

a: Plantear ordenadamente las preguntas decisionales

b: Tomar las decisiones de resolución

d: Análisis de soluciones propuestas

e: Proposición automática de soluciones

Varias de las etapas del proceso de resolución de los problemas admiten o bien tratamiento automático o aporte inferencial a partir de la base de conocimiento que Mayéutica va conformando por la experiencia de resolución de la propia plataforma digital.

C1: Rentabilizar el trabajo

c: Representar formalmente las soluciones

f: Generación de informe de la solución

Aquí va lo del fichero doc de la memoria de ejecución

Asistente de edición que construye la memoria de resolución del problema, a modo de proyecto de ejecución, a partir de las preguntas decisionales y las respuestas a las mismas.

C2: Conocer en todo momento el estado del proyecto

c: Representar formalmente las soluciones

g: Plataforma digital Mayéutica

Es el asistente digital para resolución de problemas mediante el método formal causal.

Proporciona utilidades de usuario, configuración, entorno de trabajo, etc.

D1: Aumentar la parte de justificación objetiva de las soluciones a los problemas a cambio de disminuir la parte arbitraria que proviene de la inspiración de quien diseña

a: Plantear ordenadamente las preguntas decisionales

b: Tomar las decisiones de resolución

d: Análisis de soluciones propuestas

e: Proposición automática de soluciones

D2: Favorecer la ayuda computerizada al diseño

e: Proposición automática de soluciones

E1: Facilitar un proceso de abstracción complejo para personas poco experimentadas

a: Plantear ordenadamente las preguntas decisionales

Cómo organizar los módulos de Mayéutica

El hecho de que todos los objetivos están encaminados a producir efecto sobre la misma entidad, conlleva solapes entre los efectos que subproyectos que han de materializar los objetivos producirán sobre la Plataforma de ayuda a la toma de decisiones de diseño en ingeniería.

Análogamente ocurre a nivel de los módulos, y sus subproyectos asociados, que han de materializar los objetivos.

Las derivas que tales solapes producen en el desarrollo del proyecto son las siguientes:

- Debido a que todos los objetivos (alternativamente módulos) se han establecido tomando como base la realidad actual, cada uno de ellos es independiente de los resultados de cada uno de los otros y por lo tanto, la situación es de consistencia operacional intrínseca. En conclusión, los subproyectos que han de materializar objetivos (módulos) distintos pueden llevarse adelante paralelamente, sin necesidad de sincronización debida a dependencias de datos.
- La potencialidad de solapamiento entre los resultados de los subproyectos requiere realizar la gestión de su vigencia y la planificación del lanzamiento a ejecución de los mismos con criterios de prevención o de evitación de redundancias.
- La terminación del subproyecto de cada objetivo, se deriva de la paralelidad interna de los subproyectos de sus módulos.

2. Componentes

Con qué construir cada módulo del proyecto Mayéutica

a: Plantear ordenadamente las preguntas decisionales

1: Sección motivacional

La sección motivacional corresponde a la revisión de la conjetura inicial mediante la pregunta motivacional —por qué resolver el problema— a fin de completar la conjetura y de transformarla en una expresión con la estructura de una conjunción lógica.

Las motivaciones que consideramos son: preceptivas —provenientes de la conjetura inicial—, progresistas —provenientes del estudio del estado de la técnica, para introducir controladamente la intensidad de innovación— y facultativas —provenientes del estilo del autor que resuelve el problema—.

2: Sección modelar

La sección modelar es la parte del asistente destinada a responder a la pregunta modelar para definir el modelo bajo el cual se persigue resolver el problema.

El formato para el prototipo interactivo de Mayéutica es proponer varias respuestas sencillas a la pregunta "qué es el problema" y proponer el modelo de resolución mediante composición lógica de los anteriores.

Versiones avanzadas dispondrán de utilidades para proponer modelos mediante inferencia semántica basada en la base de conocimiento que genere Mayéutica a medida que resuelva problemas.

3: Sección funcional

La pregunta funcional —para qué—completa la parte de resolución bajo el enfoque de caja negra.

El efecto es haber disminuido la incertidumbre del problema inicial, concretándolo modelarmente —abstracción modelar seguida de concreción funcional—, hasta el nivel que el autor de la resolución decide que es la fenomenología de interacción entre la entidad que representa al problema y el resto del Universo.

La división más intensa en subproblemas consiste en proponer objetivos funcionales para cada una de las motivaciones.

En el prototipo inicial de Mayéutica, recae en el autor de la resolución identificar los objetivos que se repitan para varias motivaciones.

Versiones avanzadas identificarán automáticamente objetivos que tengan el mismo significado.

4. Sección estructural

La sección estructural corresponde a la pregunta "cómo hacer la solución".

Corresponde al punto de vista interno y da cuenta de los módulos de la estructura de la solución, los cuales proporcionan la capacidad funcional para satisfacer los objetivos —arquitectura de la solución—.

5. Sección tecnológica

Esta sección corresponde a la pregunta "con qué hacer la solución".

Tiene la finalidad de establecer los ingredientes que componen cada uno de los módulos estructurales.

Completa el subproblema instrumental, esto es, la solución hasta el nivel de su especificación arquitectural.

6. Sección contextual

Esta sección corresponde a las infinitas preguntas restantes a las que ya han sido formuladas: "cuándo", "cuánto", "dónde", "quién", etc.

La clasificación del contexto con criterio de sistematización establece tres clases de preguntas y su ordenación por el tiempo que puede demorarse contestarlas determina la secuencia a seguir. Son las siguientes:

1. La actividad de selección determina preguntas que decide el autor que han de ser respondidas para establecer el contexto. Las demás preguntas corresponden a la parte no determinista del contexto de resolución —no repercuten en la solución o su repercusión es despreciada—. El efecto es que la selección establece la finitud práctica del contexto.
2. La planificación ordena la secuencia de las preguntas contextuales y con ello la poda del árbol de decisión que establece la resolución del subproblema sintético que materializa la solución. Abarca las preguntas seleccionadas en la actividad precedente.

3. Las contingencias son directrices para proporcionar respuesta a preguntas sobrevenidas durante la resolución del subproblema de síntesis. Son externas a las seleccionadas.

La selección de las preguntas contextuales contiene los siguientes dos niveles:

1. Conjunto de preguntas de respuesta obligada en el proyecto de ejecución sintética de la solución: quién —equipo de trabajo—, cuándo —diagrama de ejecución—, cuánto —presupuesto—, para quién —potencial de negocio—, dónde —infraestructura necesaria—.
2. Conjunto de preguntas opcionales que contribuyan favorablemente al proyecto de ejecución de la solución.

b: Tomar las decisiones de resolución

7: Decisiones motivacionales

Las decisiones motivacionales son las respuestas a la pregunta motivacional —por qué resolver el problema— proporcionando cuantas respuestas se consideren pertinentes:

- Las motivaciones preceptivas se obtienen descomponiendo el enunciado de la conjetura inicial en oraciones simples con el mismo significado.
- Las motivaciones progresistas requieren realizar un estudio del estado de la técnica —al nivel de las soluciones que están siendo utilizadas en la práctica— para establecer el umbral actual de las soluciones al problema. Las decisiones que conlleven avance por encima de ese umbral aportan innovación a la solución al problema. De ahí que estas decisiones son las que permiten introducir controladamente la intensidad de innovación.
- Las motivaciones facultativas emanan de la pericia del autor que resuelve el problema. El interés de las mismas es muy diverso, desde aportar la impronta de estilo particular o consideraciones éticas y estéticas, hasta introducir utilidad cercana a la planteada en la conjetura inicial, y otros beneficios que surgen de la especialización.

8: Decisión modelar

Responder a la pregunta modelar para definir el modelo bajo el cual se persigue resolver el problema.

En el prototipo interactivo de Mayéutica, consiste en proporcionar respuestas sencillas a la pregunta "qué es el problema" teniendo en cuenta que cada respuesta define un modelo elemental del problema.

El modelo definitivo bajo el cual resolver el problema lo establece el autor mediante composición lógica de los anteriores.

9: Decisiones funcionales

Responder a la pregunta funcional —para qué—persigue proponer objetivos para satisfacer causalmente las motivaciones.

Al autor de la resolución le corresponde reproducir literalmente objetivos que sean el mismo pero surgidos de motivaciones diferentes.

La manera que Mayéutica protege de los preconceptos en esta sección consiste en responder causalmente a cada motivación pero restringiendo los términos de la respuesta al ámbito del modelo, que es lo único que está establecido en este estado de la resolución.

10. Decisiones estructurales

Responder a la pregunta estructural —cómo— establece los módulos de la solución que proporcionan cada uno de los objetivos funcionales.

Para sortear los preconceptos ha de evitarse toda alusión a los ingredientes.

El contenido de la respuesta ha de consistir, pues, en la capacidad operativa de cada módulo por sí mismo y mediante la interacción con los demás.

El compendio de la capacidad integral es la arquitectura de la solución.

11. Decisiones tecnológicas

Responder a la pregunta estructural —con qué— establece los ingredientes de cada módulo estructural.

La relevancia de que las respuestas estén particularizadas para cada módulo reside en la adecuación de las características de los ingredientes a la operatividad especificada para ese módulo.

12. Decisiones contextuales

Las decisiones sobre el contexto consisten en responder a las preguntas que han sido seleccionadas siguiendo el orden establecido en la planificación.

Es relevante cuidar la coherencia causal al proporcionar las respuestas para soslayar el perjuicio que pueden provocar los preconceptos culturales, técnicos y otros, que eventualmente pueden inducir confusiones en las respuestas sobre calidades, plazos, etc.

Las contingencias constituyen el plan de acción ante incidencias sobrevenidas durante la resolución del subproblema de síntesis.

c: Representar formalmente las soluciones

13. Descripción esencial del problema

Proporciona conocimiento declarativo sobre la naturaleza del problema que va a servir de base para resolverlo. Consiste en los siguientes entregables:

- El acuerdo de confidencialidad —la figura C.1.2 muestra la ventana para cumplimentarlo—.
- El enunciado transitivo que asigna modelo.

14. Especificación funcional del problema

Añade a lo anterior los siguientes entregables:

- Una ecuación aritmético-lógica de suma de objetivos expresados en función del modelo.
- La oración en lenguaje natural equivalente.
- El acta de verificación de la especificación funcional, que constituye la verificación de objetivos.

15. Especificación estructural de la solución

Añade a lo anterior los siguientes entregables:

- El grafo que denominamos ficus estructural de la solución.
- El informe de la solución.
- Los informes de simulaciones modulares y estructurales.

Acuerdo de confidencialidad

Acuerdo de confidencialidad

ENTRE

Empresa a la que pertenece el usuario (Parte A)

Y

Empresa cliente/destinatario (Parte B)

A fecha: 4-01-2022

Reunidos

De una parte, **Responsable Parte A**, actuando en nombre y representación de **Parte A**, con domicilio fiscal en **Dirección Parte A**, y C.I.F. **C.I.F Parte A** en virtud de su condición de **Cargo en la entidad** (en adelante "Parte A").

De otra parte, **Responsable Parte B**, actuando en nombre y representación de **Parte B**, con domicilio fiscal en **Dirección Parte B**, y C.I.F. **C.I.F Parte B** en virtud de su condición de **Cargo en la entidad** (en adelante "Parte B").

Parte A y Parte B recibirán en adelante la denominación de la "Parte" por separado y las "Partes" de forma conjunta.

Se reconocen ambas Partes con capacidad legal suficiente y poder bastante para este acto y, a tal efecto

Manifiestan

I. Que Parte A, durante la prestación de sus servicios a Parte B, puede recibir información confidencial de Parte B o disponer de acceso o de potencial acceso la misma.

II. Que Parte B, durante la recepción de servicios de Parte A, puede recibir información confidencial de Parte A o disponer de acceso o de potencial acceso la misma.

III. Que las Partes desean compartir información con el fin de desarrollar el proyecto **Nombre del proyecto**.

IV. Que las Partes desean proteger la anteriormente mencionada información de su uso y divulgación no autorizado, y a tal efecto, están interesados en firmar el presente Acuerdo de Confidencialidad (en adelante, el Acuerdo) según las siguientes:

Cláusulas

1. Objeto

1. Por medio del presente, Acuerdo las Partes establecen los términos y condiciones que regularán el intercambio de Información Confidencial efectuado por las Partes con motivo de la evaluación de una posible colaboración entre ellas, según se describe en las manifestaciones.

2. Definición de Información Confidencial

1. Por "Información Confidencial" se entiende toda aquella información, oral o escrita, comunicada por una parte ("Parte Emisora") a la otra ("Parte Receptora") incluyendo, entre otras, informaciones de carácter científico, técnico, financiero, legal, fiscal y comercial, métodos y estrategias de negocio, "know how", nombres de posibles clientes y socios, proyectos y operaciones de cualquier carácter propuestas o en fase de estudio, informes, planes, código fuente, proyecciones de mercado y datos, junto con los análisis y documentos de trabajo, negociaciones, comparaciones, estudios y en general, toda la información que las Partes se transmitan ya sea con anterioridad o posterioridad a la firma del presente Acuerdo.

2. Las Partes acuerdan identificar la información intercambiada como Información Confidencial. Las Partes levantarán acta de las reuniones en las que oralmente se intercambie Información Confidencial y marcarán los documentos como Información Confidencial. Sin embargo, la ausencia de dicha identificación no anulará la naturaleza confidencial de dicha información.

3. Obligaciones de las partes

1. Las Partes intercambiarán Información Confidencial para explorar posibles vías de colaboración y se comprometen a tomar las precauciones necesarias y apropiadas para mantener como confidencial la información así definida, y en especial a:

a. Utilizar la Información Confidencial de forma reservada.

b. No divulgar ni comunicar la Información Confidencial facilitada por la Parte Emisora.

c. Impedir la copia o revelación de esa información a terceros, salvo que gocen de aprobación escrita de la Parte Emisora y únicamente en los términos de tal aprobación.

d. Restringir el acceso a la Información Confidencial a sus respectivos empleados, asociados, subcontratados y a cualquier persona que, por su relación con las Partes, pueda o deba tener acceso a dicha información, advirtiéndole de dicho deber de confidencialidad.

Cancelar Aceptar Imprimir

Figura C.1.2. Ventana de edición para cumplimentar el acuerdo de confidencialidad.

16. Proyecto de ejecución

Es el compendio de todo lo anterior completado con la sección contextual.

17. Pruebas de validación

Informe de los resultados de la verificación.

d: Análisis de soluciones propuestas

18. Sección gráfica

Esta sección proporciona la representación gráfica de la solución al problema mediante su ficus estructural incluyendo algunas utilidades de edición, entre ellas el redimensionamiento de la imagen, la

reubicación de los nodos y la aparición sensible de los descriptores de los nodales.

19. Hitos de verificación

Los hitos de verificación son los siguientes:

1. Verificación de objetivos. Corresponde a la comprobación de la consistencia de la especificación funcional del problema con la conjetura inicial. Su formato es el Acta de Verificación que suscriben la parte prescriptora y la parte facultativa. La figura C.1.3 muestra el acta de verificación de la especificación funcional de Mayéutica.
2. Simulación estructural. Comprobación de que la organización de los módulos estructurales satisface la especificación funcional.
3. Simulación modular. Comprobación de que la integración de componentes satisface la especificación de cada módulo.
4. Replanteo. Comprobación de que el contexto satisface la especificación funcional.
5. Validación. Comprobación de que el prototipo sintetizado satisface la especificación funcional.

e: Proposición automática de soluciones

20. Soporte inteligente a la especificación del problema

La especificación funcional puede incorporar instrumentos diversos de ayuda y automatización:

- Soporte inteligente a la motivación. Análisis léxico, sintáctico y semántico de la conjetura inicial para detección de errores e inconsistencias, identificación de palabras clave para ayuda en el estudio del estado de la técnica, y sugerencia inteligente de motivos.
- Soporte inteligente al modelado. Identificación de esencia del problema mediante análisis semántico y basándose en la base de conocimiento de problemas ya resueltos para proponer potenciales modelos del problema, y sugerencia inteligente de modelo acorde con la semántica de la motivación.
- Soporte inteligente a la especificación de objetivos. Inferencia inteligente de los objetivos mediante reescritura de los motivos en función del modelo.

Acta de verificación de encargo

Nombre de la entidad:
Nombre del responsable:

Encargo

Plataforma de ayuda a la toma de decisiones de diseño en ingeniería.

Mayéutica es el proyecto de plataforma digital –prototipo– para facilitar la actividad de tomar decisiones conducentes a resolver los problemas mediante la metodología formal causal. El proyecto está particularizado como un asistente digital para la toma de decisiones de diseño en ingeniería.

El entorno recibe como dato de entrada el encargo que el cliente hace al ingeniero y la salida es el proyecto de ejecución del prototipo, después de un recorrido interactivo sistemático de toma de decisiones. La operativa se fundamenta en la metodología causal de resolución de problemas con enfoque “divide et vinces”, mediante el paradigma de resolución orientada al modelo, dirigido a la arquitectura.

La finalidad es sistematizar el proceso de diseño, aumentando la parte de justificación objetiva de las soluciones a los problemas, subordinando la parte arbitraria que proviene de la inspiración del ingeniero.

En una primera instancia, la plataforma plantea las preguntas oportunas al usuario y recoge las respuestas dando forma a la solución. A largo plazo la finalidad es que la propia plataforma sea capaz de proponer soluciones a partir de unos pocos requerimientos introducidos por el usuario.

1/

1/22 14:11

Especificación funcional

Plataforma de ayuda a la toma de decisiones de diseño en ingeniería
ES Un asistente digital de la metodología de resolución de problemas
PARA *Asegurar la reproducibilidad de la solución*
Y Facilitar la comparación de diferentes soluciones
Y Obtener una solución causalmente consistente con el problema
Y Mejorar el proceso de resolución
Y Rentabilizar el trabajo
Y Conocer en todo momento el estado del proyecto
Y Aumentar la parte de justificación objetiva de las soluciones a los problemas a cambio de disminuir la parte arbitraria que proviene de la inspiración de quien diseña
Y Favorecer la ayuda computerizada al diseño
Y Facilitar un proceso de abstracción complejo para personas poco experimentadas

Verificación del encargo

Salvo las observaciones que hubiera más abajo, la entidad está conforme con la especificación funcional elaborada por la parte facultativa basándose en el enunciado del encargo. La entidad y la parte facultativa acuerdan que la especificación funcional de referencia para la realización del encargo es la versión de este acta libre de observaciones.

Observaciones:

--

Entidad:

Parte facultativa:

Identificación:	Identificación:
Firma:	Firma:
Fecha:	Fecha:

Figura C.1.3. Acta de verificación de la especificación funcional de Mayéutica.

21. Soporte inteligente a la especificación de la solución

La especificación estructural puede incorporar instrumentos diversos de ayuda y automatización:

- Soporte inteligente a la estructura. Inferencia inteligente de los módulos estructurales mediante interpretación de los objetivos.
- Soporte inteligente a la composición. Inferencia inteligente de los ingredientes mediante interpretación de los módulos.
- Asistente para generación del grafo organizacional de la solución basada en el ficus estructural.

22. Optimización inteligente de la solución

Seleccionar automáticamente la mejor solución de entre varias de ellas generadas automáticamente.

f: Generación de informe de la solución

Asistente de edición que construye la memoria de resolución del problema, a modo de proyecto de ejecución, a partir de las preguntas decisionales y de las respuestas a las mismas.

23. Memoria del proyecto de ejecución

Documento de texto que la plataforma genera automáticamente y mantiene actualizado y con control de versiones.

24. Documentos complementarios

Son el compromiso de confidencialidad y el acta de verificación del encargo.

g: Plataforma digital Mayéutica

25. Registro de usuarios

Registro de usuarios y control de acceso mediante identificador y contraseña.

26. Biblioteca de proyectos

Utilidades de creación y eliminación de proyectos, compartir con otros usuarios, y acceso al editor.

27. Entorno de edición

Ventana de toma de decisiones de resolución, ventana del informe, botones de actualización e impresión del informe, de generación del acuerdo de confidencialidad, de generación del acta de verificación y de generación del ficus estructural —figura C.1.4—.

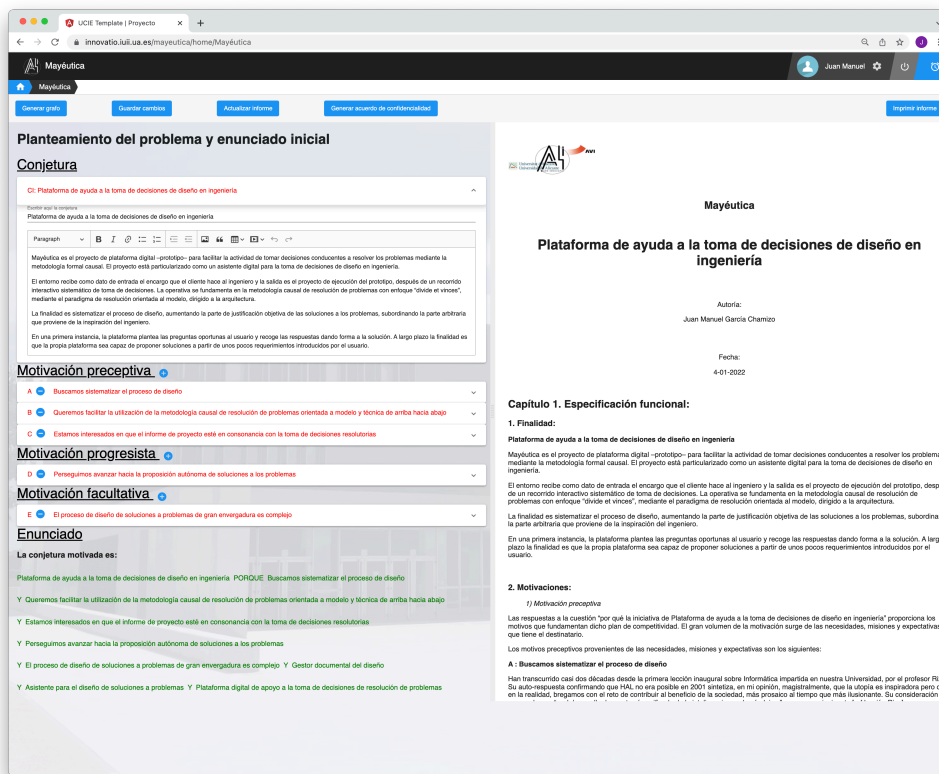


Figura C.1.4. Entorno de trabajo de Mayéutica compuesto por dos subventanas: edición y visualización de la memoria.

3. Grafo del proyecto

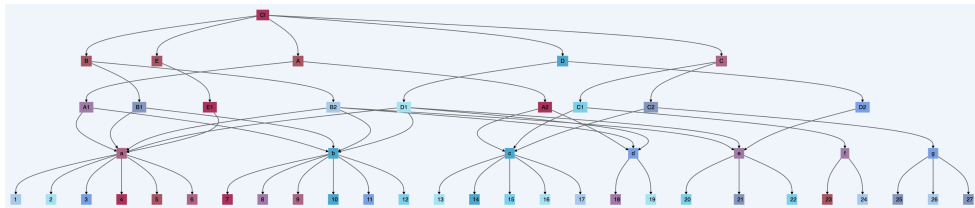


Figura C.1.5. Ficus estructural de Mayéutica.

Caso 2. Definición mayéutica de "enseñar"

Enseñar

**Definición mayéutica del término
"enseñar"**

Autoría:

Juan Manuel García Chamizo

Fecha:

7-01-2022

Capítulo 1. Especificación funcional:

1. Finalidad

Definición mayéutica del término "enseñar"

Mayéutica proporciona un entorno que facilita la definición coherente de los términos.

Para ejemplificarlo, vamos a definir un concepto tan abstracto como es el término "enseñar" en su acepción de instruir.

El diccionario de la RAE establece las siguientes definiciones:

1. tr. Instruir, doctrinar, amaestrar con reglas o preceptos.
2. tr. Dar advertencia, ejemplo o escarmiento que sirva de experiencia y guía para obrar en lo sucesivo.

2. Motivaciones:

Motivación preceptiva

Las respuestas a la cuestión "por qué la iniciativa de Definición mayéutica del término "enseñar" proporciona los motivos que fundamentan dicho plan de competitividad. El gran volumen de la motivación surge de las necesidades, misiones y expectativas que tiene el destinatario.

Los motivos preceptivos provenientes de las necesidades, misiones y expectativas son los siguientes:

A: Porque el significado de enseñar es necesario para razonar correctamente sobre sus consecuencias

Tener una concepción correcta y adecuada de un término es indispensable para garantizar que los razonamientos que se elaboren con ese término puedan tener coherencia lógica.

Por ejemplo, es frecuente encontrar definiciones circunstanciales —educación es cuando la maestra enseña—, lo cual convierte a educar en una actividad temporal.

Estrictamente, eso puede ser adecuado si el contexto que requiere utilizar el concepto educar es el de las diferentes actividades que realiza la maestra.

En el común de los contextos, hubieran sido más provechosas otras definiciones menos vinculadas a las circunstancias "quién enseña" y "cuándo enseña" y, en cambio, que incorporaran la naturaleza y los fines de enseñar.

Motivación progresista

La ambición legítima de progreso da lugar a la motivación investigadora para proponer nuevos problemas cuya resolución produzca avance objetivo. Esto corresponde a la primera "I" de la "I+D+I".

El avance objetivo sobre el estado del arte da lugar a la siguiente motivación investigadora:

B: Porque enseñar puede concretarse cuanto se desee

El método formal causal aporta los criterios para expandir progresiva y controladamente la extensión y el grado de detalle de las definiciones. Proporciona, pues, técnicas para detallar una definición a voluntad.

C: Porque definir enseñar mayéuticamente es sistemático

Porque definir enseñar mayéuticamente es sistemático

El ejemplo de definir enseñar evidencia la posibilidad de elaboración sistemática de diccionarios con ayuda de sistemas digitales.

La elaboración de diccionarios utiliza diversas técnicas y estrategias para construir las definiciones, la mayoría de las cuales tienen fuerte componente inspiracional.

Ello da lugar a la formación de círculos viciosos entre las definiciones de términos sinónimos que acaban por esclarecer algunos de los conceptos mediante circunloquios los cuales provocan que la consulta resulte tediosa, ambigua y confusa.

Mayéutica, al proceder sistemáticamente con coherencia causal, hace posible estructurar las definiciones.

La causalidad proporciona el criterio para categorizar familias de términos por las características de cada uno y por las subordinaciones entre ellos.

Motivación facultativa

La impronta de singularidad que adquiere la solución por causa de la inspiración (entendida como compendio de experiencia, estilo, preferencia, etc.) del diseño facultativo constituye la motivación innovadora que comporta valor mediante la mejora de producto o de proceso. Es decir, se trata de desarrollo e innovación para proponer nuevas soluciones que se caracterizan porque producen avance, cuanto menos subjetivo para los intereses que tiene el beneficiario. Esto corresponde a la parte "D+I" del sistema "I+D+I".

El avance subjetivo sobre el estado del arte da lugar a la motivación facultativa de desarrollo e innovación:

D : Porque enseñar definido con coherencia lógica ayuda a aprender

Al tratarse de un método universal lógico, puede utilizarse en todos los casos lo cual tiene la ventaja de potenciar doblemente la adquisición de destreza para utilizarlo: primero, porque se maximiza el ejercicio con ese método y, segundo, porque se impide la confusión con otros.

- Las principales ventajas que se derivan son:
- Rigor lógico sobre la consciencia de las cosas.
- Habilidad para definir que puede ser cercana a lo instintivo.
- Favorecer los esquemas mentales estructurados y los procesos de razonamiento causales.

3. Modelado

La conjetura de partida para crear un objeto, sistema, proceso o, en general, entidad, consiste en un enunciado que trata de diferenciar a esa entidad de cualquiera otra. En la práctica, puede ocurrir que el enunciado definitorio de la entidad sea deficiente debido a un buen número de aspectos, entre ellos, la ambigüedad del lenguaje y el estilo de la proposición. En cambio, sí que es decisivo definir la entidad con precisión y exactitud porque esa definición será la referencia a utilizar para comprobar que la entidad finalmente creada satisface la demanda formulada.

La estructura del enunciado que define la entidad a crear puede ser cualquiera de las posibles estructuras sintácticas que median entre los casos extremos siguientes:

- Definir la entidad implícitamente mediante un nombre, lo cual impone que, para poder ser creada, ya haya conocimiento común sobre la constitución de la entidad.
- Definir la entidad explícitamente diferenciándola de cada una de las otras infinitas entidades del universo, lo cual consiste en una enumeración de las propiedades de la entidad que puede incluso ser inacabable.

Si la primera estructura carece de universalidad, la segunda es poco recomendable (salvo, tal vez, para conceptos inamovibles) cuando de lo que se trata es de creaciones vivas, que afronten el paso del tiempo por medio de cambios de estilo, mejoras, refinamientos y, en suma, todo aquello que produzca competitividad por la vía de la innovación.

Partimos de varias abstracciones del proyecto Enseñar como potenciales modelos y cotejamos sus características para concluir proponiendo un modelo de compendio que maximice las fortalezas, potencie las oportunidades, minimice las debilidades y soslaye las amenazas.

Proposición de potenciales modelos

Dar advertencia, ejemplo o escarmiento

Extraído del diccionario RAE.

Vincula la esencia de enseñar con determinados medios instrumentales —advertencia, ejemplo, escarmiento— y, por lo tanto, excluye otras posibilidades.

Instruir, doctrinar, amaestrar con reglas o preceptos

Extraído del diccionario RAE.

Vincula la esencia de enseñar con determinados recursos instrumentales —reglas, preceptos— y, por lo tanto, excluye otras posibilidades.

El empleo indiscriminado de sinónimos puede producir círculo vicioso entre sinónimos. Por ejemplo, el diccionario RAE define enseñar como instruir e instruir como enseñar.

Para evitar los círculos viciosos se requiere establecer una jerarquía entre los sinónimos.

Comunicar conocimiento nuevo para el destinatario

Recoge la esencia de aportar conocimiento al tiempo que propone hacerlo mediante comunicación como procedimiento universal.

Al restringir la comunicación al conocimiento que es nuevo para el destinatario, incorpora el sesgo que corresponde al efecto de enseñar que llamamos aprender.

Transmitir conocimiento

Recoge la esencia de proporcionar.

Además de enseñar, considera otros casos alejados de ese concepto —informar— e incluso contrarios —engañar—.

Ejercer la docencia

Recoge la esencia profesional de enseñar lo cual excluye, por ejemplo la enseñanza educativa en el seno de la familia.

Además, la sinonimia entre enseñanza y docencia puede incorporar ambigüedad.

Por ejemplo, el diccionario RAE define:

Docencia: Práctica y ejercicio del docente

Docente: Que enseña.

Luego enseñar quedaría definido tautológicamente: ejercer la práctica y el ejercicio del que enseña.

Impartir clase

Recoge la esencia del desarrollo curricular, excluyendo las demás opciones.

Definición del modelo

Comunicar conocimiento

Llegados a este punto podemos establecer que *Enseñar ES comunicar conocimiento*.

Esta definición de enseñar informa de su naturaleza, es decir, de la esencia que diferencia a este término de la mayoría de los demás al tiempo que lo relaciona con otros términos del ámbito de comunicar conocimiento. Proporciona conciencia sobre la existencia y la naturaleza de las cosas o los

hechos, considerados desde un punto de vista externo, es decir, con ignorancia de sus interioridades, en este caso, de los entresijos de enseñar.

Es una definición esencial: solamente da cuenta de la naturaleza de enseñar.

Si denotamos el concepto "Enseñar" como E y el modelo "Comunicar conocimiento" como M, podemos escribir en el lenguaje del simbolismo aritmético-lógico: $E = M$

Denotemos al modelo elegido con el acrónimo " $M_{\text{Enseñar}}$ ".

La metodología causal que estamos siguiendo para definir el proyecto Enseñar, al referenciarlo al modelo, proporciona base para expresar esa primera aproximación mediante el siguiente enunciado:

"Definición mayéutica del término "enseñar"

ES Comunicar conocimiento"

4. Formulación

La finalidad del proyecto Enseñar constituye la causa de la cual han de surgir los fines a lograr mediante la ejecución de la conjetura inicial. Cualquier otra finalidad ajena a la motivación de la conjetura que se propusiera o se suscitara, por muy lícita que fuera, tendría justificación débil y su encaje tendría connotaciones de complementariedad y contravendría la sistematización que tanta robustez confiere a esta propuesta que estamos desarrollando. Lejos de incorporar fines espurios, el método adecuado consiste en refinar la motivación para que las finalidades sobrevenidas, tal vez debidas al progreso de conlleva el paso del tiempo, adquieran causalidad motivacional.

Las respuestas a la cuestión "para qué es Definición mayéutica del término "enseñar"" proporcionan los objetivos o fines que dicho plan ha de satisfacer.

Provenientes de la motivación preceptiva

Los objetivos que se derivan de la motivación del beneficiario son los siguientes:

A: Porque el significado de enseñar es necesario para razonar correctamente sobre sus consecuencias

A1: Para conocer la acción y el efecto de enseñar

Favorece las cualidades individuales y sociales del destinatario.

A2: Para impedir malentendidos sobre enseñar

Por ejemplo, la consideración del escarmiento como estrategia para enseñar —en la acepción del diccionario RAE— puede colisionar con preceptos sobre los derechos del destinatario.

Provenientes de la motivación investigadora

La motivación investigadora da lugar a los siguientes objetivos:

B: Porque enseñar puede concretarse cuanto se desee

B1: Para conocer la acción y el efecto de enseñar

B2: Para controlar el alcance de enseñar

La definición de un término ha de ser suficiente para diferenciar a ese término de todos los demás.

El contenido necesario de la definición ha de garantizar que esa descripción caracteriza exclusivamente a ese término.

Tabla C.2.1. Varios ejemplos de definición sistemática de términos con coherencia lógica causal. La motivación condiciona fuertemente al modelo y a los fines, y estos, a los componentes e ingredientes.

término	motivación	definición				
		modelo	objetivos	estructura	ingredientes	contexto
	por qué	qué	para qué	cómo	con qué	cuánto, quien, cuándo, dónde,...
enseñar	general	comunicar conocimiento	para instruir	mediante materias y teorías	con sistemas digitales y otros	la "señal" Rita en el aula digital
	botánica	solanáceas	para cultivo y alimento	como rizoma tuberoso	con legumento y pulpa feculenta	
patata	nutrición	tubérculo comestible	para aportar hidratos	como asado, cocido, frito o al vapor	con sal y aderezo	
	cocina	tubérculo comestible	para guarnición	como pieza entera, troceada o en láminas		en cualquier latitud y estilo culinario
control escuela	regulación	Automata	para abrir y cerrar compuertas	mediante máquina Mealy	con electrónica	según presupuesto y planificación
tableta digital	General	sistema informático	uso personal	como interfaz y nube y app	con microprocesador y pantalla	por menos de 800 € y peso inferior a 250 gr
pipirrana	nutrición	ensalada	sabrosa, hipocalórica y saludable	como un lecho de hortalizas aliñadas	con tomate, pepino y aceite de oliva	a elaborar en la cocina por el chef justo al servirlo
Iberoamérica	historia	colonia	para apropiarse de los recursos			
	economía	sociedad en desarrollo	para progreso ciudadano y personal			
	política	democracia	para organización territorial			

Una definición ha de tener el contenido necesario, pudiendo ser dicho contenido superior al suficiente.

C: Porque definir enseñar mayéuticamente es sistemático

C1: Para la credibilidad de la definición de enseñar

La definición mayéutica de enseñar aporta la máxima coherencia causal de naturaleza lógica.

C2: Para ganar operatividad

La ayuda de sistemas digitales proporciona alta capacidad operativa, posibilidades de ayuda a la elaboración de definiciones e incluso creación automática de las mismas.

Entre las potenciales utilidades está facilitar la elaboración de diccionarios mediante ayuda digital a la creación de las definiciones y al control de su corrección.

Provenientes de la motivación facultativa

La motivación facultativa de desarrollo e innovación puede satisfacerse mediante los siguientes objetivos:

D: Porque enseñar definido con coherencia lógica ayuda a aprender

D1: Para la credibilidad de la definición de enseñar

D2: Para enseñar mediante la definición de enseñar

Ejemplificar en enseñar la actividad de definir mayéuticamente instruye al destinatario en el razonamiento para adquirir ideas y conceptos sistemáticamente.

El razonamiento sistemático proporciona recursos intelectuales para la corrección y la efectividad.

Ahora tenemos que:

Enseñar ES comunicar conocimiento PARA para conocer la acción y el efecto de enseñar Y para impedir malentendidos sobre enseñar Y para controlar el alcance de enseñar Y para la credibilidad de la definición de enseñar Y para ganar operatividad Y para enseñar mediante la definición de enseñar.

Esta definición de enseñar, además de informar sobre su naturaleza, lo hace también sobre su utilidad.

Proporciona conciencia sobre la existencia y la naturaleza de las cosas o los hechos, considerados desde un punto de vista externo, es decir,

con ignorancia de sus interioridades, en este caso, de los entresijos de enseñar.

Es una definición funcional: además de la esencia, da cuenta de la finalidad, es decir, de la función de enseñar.

En lenguaje del simbolismo aritmético-lógico:

$$E = A1(M) \wedge A2(M) \wedge B2(M) \wedge C1(M) \wedge C2(M) \wedge D2(M)$$

Especificación funcional del proyecto Enseñar

Este paso de la metodología causal que estamos siguiendo para definir el Enseñar completa su caracterización bajo el enfoque externo al propio proyecto, es decir, visto este en términos de su especificación basada en las funciones que ha de satisfacer, sea cual sea la solución que finalmente lo materialice.

Definición mayéutica del término "enseñar"

ES Comunicar conocimiento

PARA Para conocer la acción y el efecto de enseñar

Y Para impedir malentendidos sobre enseñar

Y Para controlar el alcance de enseñar

Y Para la credibilidad de la definición de enseñar

Y Para ganar operatividad

Y Para enseñar mediante la definición de enseñar

Consecuencia de la metodología causal de diseño basada en el paradigma "divide et vincas" con estrategia modal, que estamos siguiendo, la especificación funcional tiene estructura sintáctica formalmente de la Lógica. Como tal, podemos enunciar nuestro proyecto funcionalmente mediante una ecuación aritmético-lógica, derivándose de ello la disponibilidad de todo el aparataje de la Matemática para garantizar la corrección del proyecto.

$$E = A1(M) \wedge A2(M) \wedge B2(M) \wedge C1(M) \wedge C2(M) \wedge D2(M)$$

El primer nivel de validación del proyecto lo constituye, precisamente, el "Certificado de verificación de objetivos" emitido por el beneficiario.

El acto de recepción de la especificación funcional la convierte en la referencia para la validación de las sucesivas etapas del plan de competitividad, concretamente:

- Verificación de las simulaciones de las especificaciones estructurales de los módulos subproyectos y de sus módulos.
- Verificación de las simulaciones de las especificaciones organizacionales de los módulos subproyectos y de sus módulos.
- Verificación de las simulaciones de las especificaciones tecnológicas de los módulos.
- Verificación experimental de cada módulo aisladamente.
- Verificación experimental de la integración de los módulos en los subproyectos y en el proyecto.

Capítulo 2. Propuesta arquitectural

1. Estructura y organización

Sobre la especificación funcional que hemos obtenido, el diseño causal del proyecto continua utilizando estrategia de "arriba hacia abajo" para decidir la estructura modular y la organización de los módulos.

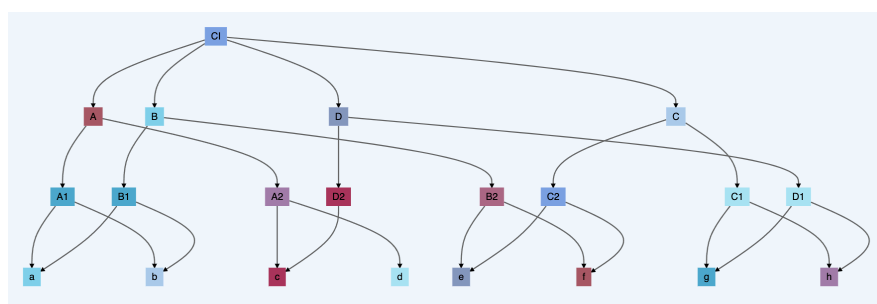


Figura C.2.1. Ficus estructural del término "enseñar".

Cómo estructurar el proyecto Enseñar

En consonancia causal con los objetivos a lograr, los módulos que conforman el proyecto son los siguientes:

A1: Para conocer la acción y el efecto de enseñar

a: Mediante la participación activa del destinatario

b: Mediante el compromiso de aprender

A2: Para impedir malentendidos sobre enseñar

c: Adiestrando en teorías

d: Formando en materias

La nueva definición del término enseñar queda como sigue: *Enseñar ES comunicar conocimiento nuevo PARA instruir adecuadamente al destinatario MEDIANTE formación en materias Y adiestramiento en teorías Y desarrollo del intelecto Y refinamiento de los sentidos.*

Esta definición, además de informar sobre la naturaleza y la función de enseñar, expresa también su estructura en cuatro módulos instrumentales.

Proporciona conocimiento sobre la composición de enseñar añadiendo a lo anterior el punto de vista interno que informa sobre los módulos que conforman enseñar.

En lenguaje del simbolismo aritmético-lógico: $E = a(M) \wedge b(M) \wedge c(M) \wedge d(M)$

B1: Para conocer la acción y el efecto de enseñar

a: Mediante la participación activa del destinatario

b: Mediante el compromiso de aprender

B2: Para controlar el alcance de enseñar

e: Mediante la organización escolar

f: Mediante el desarrollo curricular

C1: Para la credibilidad de la definición de enseñar

g: Refinando los sentidos

h: Desarrollando el intelecto

C2: Para ganar operatividad

e: Mediante la organización escolar

f: Mediante el desarrollo curricular

D1: Para la credibilidad de la definición de enseñar

g: Refinando los sentidos

h: Desarrollando el intelecto

D2: Para enseñar mediante la definición de enseñar

c: Adiestrando en teorías

Cómo organizar los módulos de Enseñar

El hecho de que todos los objetivos están encaminados a producir efecto sobre la misma entidad, conlleva solapes entre los efectos que subproyectos que han de materializar los objetivos producirán sobre la Definición mayéutica del término "enseñar".

Análogamente ocurre a nivel de los módulos, y sus subproyectos asociados, que han de materializar los objetivos.

Las derivas que tales solapes producen en el desarrollo del proyecto son las siguientes:

- Debido a que todos los objetivos (alternativamente módulos) se han establecido tomando como base la realidad actual, cada uno de ellos es independiente de los resultados de cada uno de los otros y por lo tanto, la situación es de consistencia operacional intrínseca. En conclusión, los subproyectos que han de materializar objetivos (módulos) distintos pueden llevarse adelante paralelamente, sin necesidad de sincronización debida a dependencias de datos.
- La potencialidad de solapamiento entre los resultados de los subproyectos requiere realizar la gestión de su vigencia y la planificación del lanzamiento a ejecución de los mismos con criterios de prevención o de evitación de redundancias.
- La terminación del subproyecto de cada objetivo, se deriva de la paralelidad interna de los subproyectos de sus módulos.

2. Grafo del proyecto

3. Ejemplos

La tabla C.2.1 muestra ejemplos de varias definiciones:

- El término "enseñar" está definido con alto nivel de detalle que incluye su naturaleza modelar, los aspectos instrumentales y los contextuales de enseñar.
- Para el término "patata" constan tres definiciones, cada una de ellas encaminada a diferentes intereses motivacionales: campo de la botánica, sector de la nutrición y sector culinario. El grado de detalle abarca en los tres casos la naturaleza modelar y los aspectos instrumentales de utilidad, estructura y constituyentes.
- Las otras seis definiciones las hemos elaborado como las anteriores, sistemáticamente.

Caso 3. Elaboración de planes de estudio

Estudios Cannabis

Plan de estudios propios de la UA sobre la industria del cannabis

Autoría:

Juan Manuel García Chamizo

Fecha: 13-01-2022

Contenido

Capítulo 1. Especificación funcional

1. Finalidad
Plan de estudios propios de la UA sobre la industria del cannabis
2. Motivaciones
Motivación preceptiva
Motivación progresista
Motivación facultativa
3. Modelado
Proposición de potenciales modelos
Definición del modelo
4. Formulación
Provenientes de la motivación preceptiva
Provenientes de la motivación investigadora
Provenientes de la motivación facultativa
Especificación funcional del proyecto
5. Competencias

Capítulo 2. Especificación arquitectural

1. Estructura y organización
2. Composición

Capítulo 3. Programa docente

1. Contexto de ejecución
Contexto motivacional
Selección
2. Organización escolar
3. Planes de estudio y titulaciones
4. Compatibilidad entre planes de estudio
5. Duración, carga docente y calendario
6. Claustro académico
Dirección
Claustro
7. Precio

Capítulo 1. Especificación funcional

1. Finalidad

Plan de estudios propios de la UA sobre la industria del cannabis

2. Motivaciones

Motivación preceptiva

Las respuestas a la cuestión "por qué la iniciativa de Plan de estudios propios de la UA sobre la industria del cannabis" proporciona los motivos que fundamentan dicho plan.

El gran volumen de la motivación surge de las necesidades, misiones y expectativas que tiene el destinatario.

Los motivos preceptivos provenientes de las necesidades, misiones y expectativas son los siguientes:

A: La industria del cannabis es un sector emergente

Por la expansión reguladora del cultivo y el procesamiento de los aceites esenciales

Por la legalización progresiva del consumo de los derivados en numerosos países

Por el surgimiento de nuevos productos, usos y aplicaciones

B: La demanda de profesionales especializados está creciendo intensamente

Capacitados en toda la cadena de valor

Especialistas en la gerencia empresarial del sector

Técnicos en cada uno de los sectores de producción: semilla, cultivo, extracción, comercio,...

Motivación progresista

La ambición legítima de progreso da lugar a la motivación investigadora para proponer nuevos problemas cuya resolución produzca avance objetivo. Esto corresponde a la primera "I" de la "I+D+I".

El avance objetivo sobre el estado del arte da lugar a la siguiente motivación investigadora:

C: Especialización profesional en todos los eslabones de la cadena productiva

Investigación + Desarrollo + Innovación + Producción + Explotación + Recuperación

D: Formación transdisciplinar

Biología, Salud, Química, Derecho, Agronomía, Automática, Gestión, Producción,...

Motivación facultativa

La impronta de singularidad que adquiere la solución por causa de la inspiración (entendida como compendio de experiencia, estilo, preferencia, etc.) del diseño facultativo constituye la motivación innovadora que comporta valor mediante la mejora de producto o de proceso. Es decir, se trata de desarrollo e innovación para proponer nuevas soluciones que se caracterizan porque producen avance, cuanto menos subjetivo para los intereses que tiene el beneficiario. Esto corresponde a la parte "D+I" del sistema "I+D+I".

El avance subjetivo sobre el estado del arte da lugar a la motivación facultativa de desarrollo e innovación:

E: Oportunidad de liderar mundialmente la formación de profesionales sobre la industria del cannabis

Implicación de los negociados internos de la UA sobre relaciones internacionales

Acuerdos de formación y de transferencia con otras universidades

F: Existencia de un ecosistema local de sector

- La UA tiene licencia de la AEMPS para investigación sobre el cannabis por medio de su UCIE Ars Innovatio
- El PCA alberga empresas internacionales especializadas en cultivo (Cafina) y en procesamiento (MedalChem)
- Otras empresas están interesadas

- Tradición centenaria del cultivo de cáñamo en el Camp d-Elx y en la Vega Baja

G: Ámbito transnacional de competencia

Comercio, legislación, producción, distribución, consumo,...

3. Modelado

La conjetura de partida para crear un objeto, sistema, proceso o, en general, entidad, consiste en un enunciado que trata de diferenciar a esa entidad de cualquiera otra. En la práctica, puede ocurrir que el enunciado definitorio de la entidad sea deficiente debido a un buen número de aspectos, entre ellos, la ambigüedad del lenguaje y el estilo de la proposición. En cambio, sí que es decisivo definir la entidad con precisión y exactitud porque esa definición será la referencia a utilizar para comprobar que la entidad finalmente creada satisface la demanda formulada.

La estructura del enunciado que define la entidad a crear puede ser cualquiera de las posibles estructuras sintácticas que median entre los casos extremos siguientes:

- Definir la entidad implícitamente mediante un nombre, lo cual impone que, para poder ser creada, ya haya conocimiento común sobre la constitución de la entidad.
- Definir la entidad explícitamente diferenciándola de cada una de las otras infinitas entidades del universo, lo cual consiste en una enumeración de las propiedades de la entidad que puede incluso ser inacabable.

Si la primera estructura carece de universalidad, la segunda es poco recomendable (salvo, tal vez, para conceptos inamovibles) cuando de lo que se trata es de creaciones vivas, que afronten el paso del tiempo por medio de cambios de estilo, mejoras, refinamientos y, en suma, todo aquello que produzca competitividad por la vía de la innovación.

Partimos de varias abstracciones del proyecto Mayéutica como potenciales modelos y cotejamos sus características para concluir proponiendo un modelo de compendio que maximice las fortalezas, potencie las oportunidades, minimice las debilidades y soslaye las amenazas.

Proposición de potenciales modelos

- **Estudios homologables**
- **Estudios aplicados**
- **Estudios internacionales**
- **Estudios especializados**
- **Formación transdisciplinar**
- **Formación asistida**
- **Estudios propios**

Definición del modelo

Un plan de aprendizaje mediante estudios universitarios propios transdisciplinarios especializados de orientación aplicada, homologables internacionalmente, basados en formación asistida

El modelo establece la esencia o naturaleza que le reconocemos al problema con vistas a su resolución. En consecuencia, la naturaleza que adquiere la solución proviene del modelo bajo el cual se obtiene dicha solución.

La decisión sobre el modelo constituye la primera poda que el proceso de resolución provoca en el árbol de soluciones. Se toma considerando al problema como una caja negra, es decir, bajo un punto de vista externo al problema, lo cual conlleva que las únicas consideraciones que podemos tener en cuenta son las establecidas en la motivación.

Toda otra consideración tiene connotaciones de constituir una preconcepción que dará lugar a podas artificiosas del árbol de soluciones.

El modelo seleccionado resulta de la composición lógica de los modelos propuestos inicialmente.

La metodología causal que estamos siguiendo para definir el proyecto, al referenciarlo al modelo, proporciona base para expresar esa primera aproximación mediante el siguiente enunciado:

"Plan de estudios propios de la UA sobre la industria del cannabis"

ES Un plan de aprendizaje mediante estudios universitarios propios transdisciplinarios especializados de orientación aplicada, homologables internacionalmente, basados en formación asistida"

Denotemos al problema "Plan de estudios propios de la UA sobre la industria del cannabis" con el acrónimo "PEC" y con sea "m" el modelo:

$$PEC = F(m)$$

4. Formulación

La finalidad del proyecto "Plan de estudios propios de la UA sobre la industria del cannabis" constituye la causa de la cual han de surgir los fines a lograr mediante la ejecución de la conjetura inicial. Cualquier otra finalidad ajena a la motivación de la conjetura que se propusiera o se suscitara, por muy lícita que fuera, tendría justificación débil y su encaje tendría connotaciones de complementariedad y contravendría la sistematización que tanta robustez confiere a esta propuesta que estamos desarrollando. Lejos de incorporar fines espurios, el método adecuado consiste en refinar la motivación para que las finalidades sobrevenidas, tal vez debidas al progreso que conlleva el paso del tiempo, adquieran causalidad motivacional.

Las respuestas a la cuestión "para qué es Plan de estudios propios de la UA sobre la industria del cannabis" proporcionan los objetivos o fines que dicho plan ha de satisfacer.

Provenientes de la motivación preceptiva

Los objetivos que se derivan de la motivación del beneficiario son los siguientes:

A: La industria del cannabis es un sector emergente

A1: Usos del cannabis

A2: Fenomenología del sector

A3: Características específicas del sector

B: La demanda de profesionales especializados está creciendo intensamente

B1: Módulos disciplinares de especialización

B2: Fundamentos de la actividad industrial del cannabis

Provenientes de la motivación investigadora

La motivación investigadora da lugar a los siguientes objetivos:

C: Especialización profesional en todos los eslabones de la cadena productiva

C1: Procesos productivos de especialización

C2: La cadena productiva del cannabis

D: Formación transdisciplinar

D1: Módulos disciplinares de especialización

D2: Equipos transdisciplinares de trabajo

Provenientes de la motivación facultativa

La motivación facultativa de desarrollo e innovación puede satisfacerse mediante los siguientes objetivos:

E: Oportunidad de liderar mundialmente la formación de profesionales sobre la industria del cannabis

E1: Competitividad

E2: Ubicuidad de los estudios

F: Existencia de un ecosistema local de sector

F1: Producción + Explotación + Recuperación (P+E+R)

F2: Investigación + Desarrollo + Innovación (I+D+I)

G: Ámbito transnacional de competencia

G1: Regulación, normativa y legislación internacional

G2: Regulación, normativa y legislación doméstica

G3: Alineamiento con la directrices de los organismos internacionales: EMA, Agenda 2030, etc

G4: Liderazgo competitivo

Especificación funcional del proyecto

Este paso de la metodología causal que estamos siguiendo para definir el proyecto completa su caracterización bajo el enfoque externo al propio proyecto, es decir, visto este en términos de su especificación basada en las funciones que ha de satisfacer, sea cual sea la solución que finalmente lo materialice.

Plan de estudios propios de la UA sobre la industria del cannabis

ES Un plan de aprendizaje mediante estudios universitarios propios transdisciplinarios especializados de orientación aplicada, homologables internacionalmente, basados en formación asistida

PARA Usos del cannabis

Y PARA Fenomenología del sector

Y PARA Características específicas del sector

Y PARA Módulos disciplinares de especialización

Y PARA Fundamentos de la actividad industrial del cannabis

Y PARA Procesos productivos de especialización

Y PARA La cadena productiva del cannabis

Y PARA Módulos disciplinares de especialización

Y PARA Equipos transdisciplinarios de trabajo

Y PARA Competitividad

Y PARA Ubicuidad de los estudios

Y PARA Producción + Explotación + Recuperación (P+E+R)

Y PARA Investigación + Desarrollo + Innovación (I+D+I)

Y PARA Regulación, normativa y legislación internacional

Y PARA Regulación, normativa y legislación doméstica

Y PARA Alineamiento con la directrices de los organismos internacionales: EMA, Agenda 2030, etc.

Y PARA Liderazgo competitivo

Consecuencia de la metodología causal de diseño basada en el paradigma "divide et vincas" con estrategia modal, que estamos siguiendo, la especificación funcional tiene estructura sintáctica formalmente de la Lógica. Como tal, podemos enunciar nuestro proyecto funcionalmente mediante una ecuación aritmético-lógica, derivándose de ello la disponibilidad de todo el aparataje de la Matemática para garantizar la corrección del proyecto.

$$PEC = A1(m) \wedge A2(m) \wedge A3(m) \wedge B1(m) \wedge B2(m) \wedge C2(m) \wedge C3(m) \wedge D1(m) \wedge D2(m) \wedge \\ \wedge E1(m) \wedge E2(m) \wedge F1(m) \wedge F2(m) \wedge G1(m) \wedge G2(m) \wedge G3(m) \wedge G4(m)$$

El primer nivel de validación del proyecto lo constituye, precisamente, el "Certificado de verificación de objetivos" emitido por el beneficiario.

El acto de recepción de la especificación funcional la convierte en la referencia para la validación de las sucesivas etapas del plan de competitividad, concretamente:

- Verificación de las simulaciones de las especificaciones estructurales de los módulos subproyectos y de sus módulos.
- Verificación de las simulaciones de las especificaciones organizacionales de los módulos subproyectos y de sus módulos.
- Verificación de las simulaciones de las especificaciones tecnológicas de los módulos.
- Verificación experimental de cada módulo aisladamente.
- Verificación experimental de la integración de los módulos en los subproyectos y en el proyecto.

5. Competencias

Los objetivos formativos se denominan también "competencias", en el sentido de capacitación sobre la materia formativa.

Es habitual que el ponente del plan de estudios establezca las competencias basándose en el enunciado del plan de estudio, de la revisión del estado del arte y de su propia experiencia profesional.

La comparación entre el método causal y la práctica habitual produce analogías y diferencias:

- La práctica habitual puede asimilarse al método causal con la salvedad de que el modelo es propuesto por el ponente implícitamente, sin que justifique la idoneidad del mismo. La consecuencia es que posiblemente proponga un modelo por similitud con otros problemas de solución conocida —un programa docente, por ejemplo— y, con ello, renuncie a encontrar modelos más adecuados.
- También las competencias son propuestas mediante la práctica habitual utilizando los mismos planteamientos, con cierta improvisación que impide garantizar la completitud de la propuesta. Por lo tanto, el aval del resultado descansa sobre el prestigio del facultativo.

El resultado que produce el método causal bajo el enfoque de la práctica habitual es el siguiente:

- Competencias transversales
 - D2: Equipos transdisciplinarios de trabajo
 - G1: Regulación, normativa y legislación internacional
 - G2: Regulación, normativa y legislación doméstica
- Competencias singulares
 - E1: Competitividad
 - E2: Ubicuidad de los estudios
 - G4: Liderazgo competitivo
- Competencias formativas
 - A1: Usos del cannabis
 - A2: Fenomenología del sector
 - A3: Características específicas del sector
 - B1: Módulos disciplinares de especialización
 - B2: Fundamentos de la actividad industrial del cannabis
 - C1: Procesos productivos de especialización
 - C2: La cadena productiva del cannabis
- Competencias específicas
 - F1: Producción + Explotación + Recuperación (P+E+R)
 - F2: Investigación + Desarrollo + Innovación (I+D+I)

- G3: Alineamiento con la directrices de los organismos internacionales: EMA, Agenda 2030, etc.

Capítulo 2. Especificación arquitectural

1. Estructura y organización

Sobre la especificación funcional que hemos obtenido, el diseño causal del proyecto continua utilizando estrategia de "arriba hacia abajo" para decidir la estructura modular y la organización de los módulos.

Las respuestas a la cuestión "cómo es Plan de estudios propios de la UA sobre la industria del cannabis" proporciona los módulos que componen la estructura del plan de estudio.

Aunque en el caso general se utiliza el término "módulo" para referirse a las partes de la estructura, en el caso particular del plan de estudio, los descriptores que se ajustan a los conceptos son:

- Unidad docente para los módulos formativos.
- Organización docente para los módulos de desarrollo curricular y de gestión de los estudios.

En consonancia causal con los objetivos a lograr, los módulos que conforman el proyecto son los siguientes:

A1: Usos del cannabis

a: Formatos y presentaciones

b: Uso alimentario de semillas

c: Fracciones ricas en CBD para uso clínico

d: Utilización de fibras textiles y biomasa

e: Fracciones ricas en THC para uso lúdico

A2: Fenomenología del sector

f: Procesos industriales

g: Métodos empresariales

A3: Características específicas del sector

h: Arquitectura, estructura y tecnología industrial

i: Funcionalidad empresarial

B1: Módulos disciplinares de especialización

j: Normativa y legislación

k: Comercio y distribución

l: Extracción de productos y fracciones esenciales: flor, semilla, fibra, CBD, HTC, etc.

m: Agronomía del cannabis

n: Ingeniería genética del cannabis

B2: Fundamentos de la actividad industrial del cannabis

o: Trazabilidad de procesos

p: Certificación de la calidad de producto

q: Generalidades técnicas

C1: Procesos productivos de especialización

r: Comercio, distribución, conservación y recuperación de residuos y subproductos

l: Extracción de productos y fracciones esenciales: flor, semilla, fibra, CBD, HTC, etc.

s: Innovación tecnológica y transferencia empresarial

t: Investigación y desarrollo

C2: La cadena productiva del cannabis

u: Armonización y sinergias

v: Coordinación de los procesos de producción

D1: Módulos disciplinares de especialización

j: Normativa y legislación

k: Comercio y distribución

l: Extracción de productos y fracciones esenciales: flor, semilla, fibra, CBD, HTC, etc.

m: Agronomía del cannabis

n: Ingeniería genética del cannabis

D2: Equipos transdisciplinares de trabajo

w: Dirección de equipos de trabajo transdisciplinares

x: Trabajo colaborativo en equipo

E1: Competitividad

y: Maximización de la calidad formativa

z: Adecuación a la demanda

E2: Ubicuidad de los estudios

aa: Colaboración interuniversitaria para actividades presenciales in situ

bb: Formación semipresencial

F1: Producción + Explotación + Recuperación (P+E+R)

cc: Procesamiento del cannabis

dd: Cultivo del cannabis

F2: Investigación + Desarrollo + Innovación (I+D+I)

ee: Métodos y procesos industriales

ff: Agricultura de precisión

n: Ingeniería genética del cannabis

G1: Regulación, normativa y legislación internacional

gg: Regulación internacional del cultivo

hh: Regulación internacional del procesamiento industrial

ii: Regulación internacional del comercio y el consumo

G2: Regulación, normativa y legislación doméstica

jj: Regulación nacional del cultivo

kk: Regulación nacional del procesamiento industrial

ll: Regulación nacional del comercio y el consumo

G3: Alineamiento con la directrices de los organismos internacionales: EMA, Agenda 2030, etc.

mm: ODS 3. Salud y bienestar

nn: ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico

oo: ODS 9. Industria, innovación e infraestructura

pp: ODS 12. Producción y consumo responsables

G4: Liderazgo competitivo**qq: Metodología universal de diseño de soluciones****rr: Gestión de grandes proyectos****2. Composición**

Cada módulo, según su naturaleza, está integrado por los ingredientes que corresponda. Así, los componentes de las unidades docentes son los contenidos formativos —a este nivel, los concretamos en palabras clave— mientras que los módulos de organización docente se componen de actos académicos.

La siguiente tabla muestra la relación de palabras clave que responden a la pregunta "con qué hacer cada módulo".

Palabras clave de las unidades docentes

Unidad docente: palabras clave
a: Formatos y presentaciones: productos derivados, formatos comerciales, envasado y etiquetado.
b: Uso alimentario de semillas: propiedades nutricionales, oligoelementos, efectos beneficiosos, recomendaciones de uso.
c: Fracciones ricas en CBD para uso clínico: propiedades terapéuticas, indicaciones clínicas.
d: Utilización de fibras textiles y biomasa: fibras, elaborados textiles, biomasa, procesos fabriles.
e: Fracciones ricas en THC para uso lúdico...: efectos psicoactivos, propiedades analgésicas, toxicidad, riesgos, uso farmacológico.
f: Procesos industriales: extracción de esencias, elaboración de textiles, selección genética, alimentación, economía circular.
g: Métodos empresariales: sectores de actividad, modelos de negocio.
h: Arquitectura, estructura y tecnología industrial: actividades industriales, sostenibilidad y residuos.
i: Funcionalidad empresarial: cadena productiva, simbiosis de procesos, sector primario, sector secundario, sector terciario.

j: Normativa y legislación: normas, regulaciones, leyes.
k: Comercio y distribución: características comerciales, características de la distribución.
l: Extracción de productos y fracciones esenciales: flor, semilla, fibra, CBD, HTC, etc.: selección de semillas, extracción de fracciones, obtención de fibras, elaboración de biomasa.
m: Agronomía del cannabis: reproducción, fenomenología de los cultivos, características de los sustratos, condiciones agronómicas.
n: Ingeniería genética del cannabis: características genéticas, métodos de selección.
o: Trazabilidad de procesos: certificación de proceso, trazabilidad digital.
p: Certificación de la calidad de producto: certificación de producto, trazabilidad digital.
q: Generalidades técnicas: procesos agrícolas, procesos industriales, procesos comerciales.
r: Comercio, distribución, conservación y recuperación de residuos y subproductos: preparación, conservación, distribución, recuperación
s: Innovación tecnológica y transferencia empresarial: innovación de producto, innovación de proceso, gestión de la transferencia.
t: Investigación y desarrollo: investigación bioquímica, investigación genética, investigación agronómica, investigación de procesos
u: Armonización y sinergias: verticalización de la producción, sectores especializados, subproductos y economía circular.
v: Coordinación de los procesos de producción: gestión empresarial, modernización de procesos, prospección de producto, simbiosis
w: Dirección de equipos de trabajo transdisciplinarios: dirección de negociados, cuadros directivos.
x: Trabajo colaborativo en equipo: equipo de trabajo, conciliación de intereses, jerarquización, colegiamiento.
cc: Procesamiento del cannabis: obtención de derivados de la fibra, obtención de flor, selección de semilla, obtención de alimentos,
dd: Cultivo del cannabis: cultivos para selección de variedades, cultivo de planta madre para flor, cultivo para fibra textil y biomasa.
ee: Métodos y procesos industriales: metodología de investigación genética, bioquímica e industrial.

ff: Agricultura de precisión: arquitecturas para la agricultura de precisión.
gg: Regulación internacional del cultivo: Normas de cultivo de organismos reguladores transnacionales, legislación agrícola de países
hh: Regulación internacional del procesamiento industrial...: Normas de procesamiento de organismos reguladores transnacionales, legislación industrial de países de referencia mundial.
ii: Regulación internacional del comercio y el consumo: Normas de comercio y consumo de organismos reguladores transnacionales, legislación comercial y de consumo de países de referencia mundial.
jj: Regulación nacional del cultivo: Legislación doméstica reguladora del cultivo.
kk: Regulación nacional del procesamiento industrial: Legislación reguladora del procesamiento.
ll: Regulación nacional del comercio y el consumo: Legislación doméstica del comercio y el consumo.
mm: ODS 3. Salud y bienestar: Garantías de vida sana y promoción de la salud para todos en todas las edades.
nn: ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico: Promoción del económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos.
oo: ODS 9. Industria, innovación e infraestructura: Construcción de infraestructuras resilientes, promoción de la industrialización sostenible y fomento de la innovación.
pp: ODS 12. Producción y consumo responsables: Garantía de modalidades de consumo y producción sostenibles.
qq: Metodología universal de diseño de soluciones: Conocimiento del entorno y la comunidad. Mayéutica.
rr: Gestión de grandes proyectos: Destrezas en la utilización del entorno y la comunidad. Mayéutica.

Palabras clave de los módulos de gestión

Módulo de gestión: palabras clave
y: Maximización de la calidad formativa: Evaluación de la calidad docente, recursos de aprendizaje, soporte digital tipo "social"
z: Adecuación a la demanda: Procesos de admisión del alumnado, prospección de demanda profesional.

aa: Colaboración interuniversitaria para actividades presenciales in situ: **Adscripción a organismos especializados en internacionalización,**
 bb: Formación semipresencial: **Clases magistrales, talleres experimentales, complementos videográficos, recursos digitales de aprendizaje, tutorización social learning.**

Las decisiones de diseño del plan de estudio han conducido a una propuesta de contenidos docentes y algunos de los aspectos generales de la organización académica. Dicha propuesta ha sido obtenida a resultas de la resolución del subproblema analítico de modelar y del subproblema analítico instrumental.

El resultado es la composición del plan de estudio bajo el punto de vista interno, esto es, con expresión de los ingredientes que lo componen.

El proceso de proposición del plan de estudio analíticamente se completa con la resolución del subproblema contextual —contenido del capítulo siguiente— el cual proporciona las respuestas a la organización escolar y al desarrollo curricular, es decir, los aspectos que no formando parte intrínseca de los estudios ni de los objetivos formativos, constituyen el contexto de ocurrencia de los estudios.

En términos de la metodología formal causal, cursar el plan de estudio los alumnos viene a corresponder a la solución de lo que llamamos subproblema sintético; y el subproblema contextual hace las veces de receta o programa para cursar los estudios.

3. Ficus de especificación estructural

El método mayéutico de diseño causal, debido a que optimiza aritmético-lógicamente el resultado en fiabilidad y en potencia, proporciona un grafo de causalidad cercano a un árbol algebraico al que han surgido algunas



Figura C.3.1. Ficus estructural del plan de estudios.

raíces aéreas —ficus— que representan a objetivos del proyecto que abarcan a más de un motivo.

El análisis del ficus estructural permite verificar la completitud y coherencia de la especificación estructural del plan de estudios.

Capítulo 3. Programa docente

1. Contexto de ejecución

Bajo el formalismo que establece el método causal, en general, el contexto de ejecución resulta de responder a todas las preguntas sobre la actividad sintética docente —las preguntas distintas a las consabidas de motivadora, modelar e instrumentales—.

En el caso particular de esta propuesta, los módulos de gestión que han resultado de la motivación "E: Oportunidad de liderar mundialmente la formación de profesionales sobre la industria del cannabis" tienen precedencia causal sobre los demás aspectos contextuales por decisión de diseño de la solución.

Contexto motivacional

El módulo de gestión "y: Maximización de la calidad formativa" da lugar a las siguientes propuestas:

- Evaluación de la calidad docente —por desarrollar—.
- Recursos de aprendizaje —por desarrollar—.
- Soporte digital tipo "social learning". La plataforma digital "Escuela piramidal" y el entorno inteligente de aprendizaje "Adaptive Learning".

El módulo de gestión "z: Adecuación a la demanda" conlleva que el perfil del alumnado objetivo el del mundo de habla hispana. Da lugar a las siguientes propuestas:

- Procesos de admisión del alumnado —por desarrollar—.
- Prospección de demanda profesional —por desarrollar—.

El módulo de gestión "aa: Colaboración interuniversitaria para actividades presenciales in situ" sugiere la adscripción de la gestión académica al IUESAL dado que es el organismo de nuestra Universidad con mayor penetración en el sistema universitario de habla hispana.

La finalidad es desarrollar una red de universidades colaboradoras para dar visibilidad a los estudios y para que contribuyan a la actividad docente.

El módulo de gestión "bb: Formación semipresencial" —por desarrollar—.

Las acciones mayéuticas formales para resolver el problema contextual son las siguientes:

- "Selección" de las preguntas que van a establecer el contexto de síntesis de la actividad.
- "Planificación" de las decisiones sobre el contexto. En ausencia de criterio formal universal para organizar la resolución del problema contextual, proceder a establecer ad hoc la secuencia de poda del árbol de soluciones.
- "Contingencias" para establecer las decisiones que correspondan ante el surgimiento de incidencias durante la síntesis del resultado, esto es, en tiempo de realización de los estudios.

Selección

Esta sección contiene la selección de las preguntas contextuales que van a ser tenidas en cuenta para la elaboración del desarrollo curricular, junto con el orden de precedencia entre ellas. Las preguntas a considerar para establecer el programa docente son las siguientes:

6. ¿Cuál es la organización escolar?
7. ¿Cuáles son los planes de estudio?
8. ¿Qué compatibilidad hay entre los diferentes planes de estudio?
9. ¿Cuánto dura cada plan de estudios?
10. ¿Qué carga docente tiene cada materia?
11. ¿Cuándo se imparten los estudios?
12. ¿Quién imparte los estudios?
13. ¿Cuánto dinero cuestan los estudios?

2. Organización escolar

Este apartado proporciona la respuesta a la pregunta contextual nº 1: ¿cuál es la organización escolar?

Las unidades docentes se organizan en asignaturas, y estas en campos y en módulos para acomodar los estudios dentro de las prácticas docentes usuales de organización escolar y de desarrollo curricular.

Las asignaturas —elementos de organización docente formados por bloques de unidades docentes con afinidad temática— resultan de agrupar las unidades docentes.

La tabla de agrupamiento de las unidades docentes en asignaturas es:

Agrupamiento de las unidades docentes en asignaturas-1

Unidad docente	Asignatura
u: Armonización y sinergias	AP
v: Coordinación de los procesos de producción	
dd: Cultivo del cannabis	APCC
ff: Agricultura de precisión	
mm: ODS 3. Salud y bienestar	BS
nn: ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico	
p: Certificación de la calidad de producto	CCP
k: Comercio y distribución	CD
w: Dirección de equipos de trabajo transdisciplinarios	
x: Trabajo colaborativo en equipo	
r: Comercio, distribución, conservación y recuperación de residuos y subproductos	CDCRRP
l: Extracción de productos y fracciones esenciales: flor, semilla, fibra, CBD, HTC y otros	EPFE
a: Formatos y presentaciones	FEUP
c: Fracciones ricas en CBD para uso clínico	
e: Fracciones ricas en THC para uso lúdico	
f: Procesos industriales	

g: Métodos empresariales	
h: Arquitectura, estructura y tecnología industrial	
i: Funcionalidad empresarial	FINC
q: Generalidades técnicas	
oo: ODS 9. Industria, innovación e infraestructura	
pp: ODS 12. Producción y consumo responsables	
s: Innovación tecnológica y transferencia empresarial	
t: Investigación y desarrollo	IDITI
ee: Métodos y procesos industriales	
m: Agronomía del cannabis	
n: Ingeniería genética del cannabis	IGAC
qq: Metodología universal de diseño de soluciones	
rr: Gestión de grandes proyectos	MDGGP
j: Normativa y legislación	NL
cc: Procesamiento del cannabis	PC
b: Uso alimentario de semillas	
d: Utilización de fibras textiles y biomasa	PU
gg: Regulación internacional del cultivo	
jj: Regulación nacional del cultivo	RC
ii: Regulación internacional del comercio y el consumo	
ll: Regulación nacional del comercio y el consumo	RCC
hh: Regulación internacional del procesamiento industrial	
kk: Regulación nacional del procesamiento industrial	RPI

o: Trazabilidad de procesos	TP
-----------------------------	----

La tabla de asignaturas es:

Código	Asignatura
FEUP	Fracciones esenciales, sus usos y presentaciones
PU	Productos y sus usos
FINC	Fundamentos de la industria y el negocio del cannabis
NL	Normativa y legislación
CD	Comercio y distribución
EPFE	Extracción de productos y fracciones esenciales: flor, semilla, fibra, CBD, HTC y otros
IGAC	Ingeniería genética y agronomía del cannabis
TP	Trazabilidad de procesos
CCP	Certificación de la calidad de producto
CDCRRP	Comercio, distribución, conservación y recuperación de residuos y subproductos
IDITI	I+D+I y transferencia industrial
AP	Armonización de la producción
PC	Procesamiento del cannabis
APCC	Agricultura de precisión y cultivo del cannabis
RC	Regulación del cultivo
RPI	Regulación del procesamiento industrial
RCC	Regulación del comercio y el consumo
BS	Beneficios sociales
MDGGP	Metodología de diseño y gestión de grandes proyectos

Los campos —bloques de asignaturas con afinidad temática— resultan de agrupar las asignaturas por afinidad.

La tabla de agrupamiento de las asignaturas en campos es:

Código	Asignatura	Campo
EPFE	Extracción de productos y fracciones esenciales: flor, semilla, fibra, CBD, HTC y otros	A
IGAC	Ingeniería genética y agronomía del cannabis	
PC	Procesamiento del cannabis	
APCC	Agricultura de precisión y cultivo del cannabis	
BS	Beneficios sociales	B
CD	Comercio y distribución	C
CDCRR P	Comercio, distribución, conservación y recuperación de residuos y subproductos	
AP	Armonización de la producción	
FINC	Fundamentos de la industria y el negocio del cannabis	G
IDITI	I+D+I y transferencia industrial	
RC	Regulación del cultivo	
RPI	Regulación del procesamiento industrial	
RCC	Regulación del comercio y el consumo	
MDGGP	Metodología de diseño y gestión de grandes proyectos	N
NL	Normativa y legislación	
TP	Trazabilidad de procesos	
CCP	Certificación de la calidad de producto	II
FEUP	Fracciones esenciales, sus usos y presentaciones	

PU	Productos y sus usos	U
----	----------------------	---

La tabla de campos es:

Código	Campo
U	Usos
G	Generalidades
N	Normativa
C	Comercio
A	Agronomía e industria
B	Beneficio social

Los módulos docentes —bloques de organización docente— resultan de agrupar las asignaturas con fines del desarrollo curricular.

La tabla de agrupamiento de las asignaturas en módulos es:

Código	Módulo
GPPC	Generalidades sobre los procesos productivos del cannabis
	Fundamentos de la industria y el negocio del cannabis
	Regulación del cultivo
	Regulación del procesamiento industrial
	Metodología de diseño y gestión de grandes proyectos
	I+D+I y transferencia industrial
AIC	Agronomía e industria del cannabis

	Ingeniería genética y agronomía del cannabis
	Extracción de productos y fracciones esenciales: flor, semilla, fibra, CBD, HTC y otros
	Agricultura de precisión y cultivo del cannabis
	Procesamiento del cannabis
GCUC	Generalidades sobre el comercio y usos del cannabis
	Fundamentos de la industria y el negocio del cannabis
	Regulación del comercio y el consumo
	Productos y sus usos
	Metodología de diseño y gestión de grandes proyectos
	Armonización de la producción
CUC	Comercio y usos del cannabis
	Fracciones esenciales, sus usos y presentaciones
	Comercio y distribución
	Comercio, distribución, conservación y recuperación de residuos y subproductos
GNRC	Generalidades sobre normativa y regulación del cannabis
	Fundamentos de la industria y el negocio del cannabis
	Regulación del cultivo
	Regulación del procesamiento industrial
	Metodología de diseño y gestión de grandes proyectos
	Regulación del comercio y el consumo
NC	Normativa y regulación del cannabis
	Certificación de la calidad de producto
	Trazabilidad de procesos

	Beneficios sociales
	Normativa y legislación

La tabla de módulos es:

Código	Módulo
GPPC	Generalidades sobre los procesos productivos del cannabis
AIC	Agronomía e industria del cannabis
GCUC	Generalidades sobre el comercio y usos del cannabis
CUC	Comercio y usos del cannabis
GNRC	Generalidades sobre normativa y regulación del cannabis
NC	Normativa y regulación del cannabis

3. Planes de estudio y titulaciones

Este apartado proporciona la respuesta a la pregunta contextual nº 2: ¿cuáles son los planes de estudio?

Los estudios y las correspondientes titulaciones se obtienen mediante la combinación de módulos.

La propuesta es la siguiente:

- Un plan de estudio de Master Universitario.
- Dos planes de estudio de Especialista Universitario.
- Tres planes de estudio de Experto Universitario.

Las relaciones entre los planes de estudios es la que muestra la siguiente tabla:

Plan de Estudios Propios	
Estudios	Código
Master universitario en industria y negocio del cannabis	MUINC
Especialista universitario en industria del cannabis	EsUIC
Experto universitario en procesos productivos del cannabis	ExUPPC
Experto universitario en normativa y regulación sobre el cannabis	ExUNRC
Especialista universitario en negocio del cannabis	EsUNC
Experto universitario en comercio y usos del cannabis	ExUCUC
Experto universitario en normativa y regulación sobre el cannabis	ExUNRC

Los módulos que componen cada plan de estudio de Experto Universitario son los siguientes:

Código	Módulo
ExUPPC	Experto universitario en procesos productivos del cannabis
	Generalidades sobre los procesos productivos del cannabis
	Agronomía e industria del cannabis
ExUCUC	Experto universitario en comercio y usos del cannabis
	Generalidades sobre el comercio y usos del cannabis
	Comercio y usos del cannabis
ExUNRC	Experto universitario en normativa y regulación sobre el cannabis

	Generalidades sobre normativa y regulación del cannabis
	Normativa y regulación del cannabis

4. Compatibilidad entre planes de estudio

Este apartado proporciona la respuesta a la pregunta contextual nº 3: ¿Qué compatibilidad hay entre los diferentes planes de estudio?

La compatibilidad se establece por asignaturas dado que esta es la unidad de gestión de la docencia. La tabla siguiente proporciona la respuesta.

Tabla de convalidaciones	
Materia convalidable	
	Fundamentos de la industria y el negocio del cannabis
	Regulación del cultivo
	Regulación del procesamiento industrial
	Regulación del comercio y el consumo
	Metodología de diseño y gestión de grandes proyectos
Materia NO convalidable	
	Fracciones esenciales, sus usos y presentaciones
	Productos y sus usos
	Certificación de la calidad de producto
	Trazabilidad de procesos

Tabla de convalidaciones	
Materia convalidable	
	Ingeniería genética y agronomía del cannabis
	Extracción de productos y fracciones esenciales: flor, semilla, fibra, CBD, HTC y otros
	Comercio y distribución
	Normativa y legislación
	Beneficios sociales
	Armonización de la producción
	I+D+I y transferencia industrial
	Comercio, distribución, conservación y recuperación de residuos y subproductos
	Agricultura de precisión y cultivo del cannabis
	Procesamiento del cannabis

La compatibilidad se establece por asignaturas dado que esta es la unidad de gestión de la docencia. La tabla siguiente proporciona la respuesta.

La carga docente de las diferentes titulaciones es la siguiente:

Plan de Estudios Propios				
Estudios	Créditos			
	Con validables	No con validables	Trabajo Fin Master	TOTAL
Master universitario en industria y negocio del cannabis	10	38	12	60
Especialista universitario en industria del cannabis	7,5	26	-	33,5
Experto universitario en procesos productivos del cannabis	7,5	13	-	20,5
Experto universitario en normativa y regulación sobre el cannabis	7,5	13	-	20,5
Especialista universitario en negocio del cannabis	6	27,5	-	33,5
Experto universitario en comercio y usos del cannabis	6	14,5	-	20,5
Experto universitario en normativa y regulación sobre el cannabis	7,5	13	-	20,5

5. Duración, carga docente y calendario

Este apartado proporciona la respuesta a las preguntas contextuales siguientes:

- nº 4 : ¿Cuánto dura cada plan de estudios?
- nº 5 : ¿Qué carga docente tiene cada materia?
- nº 6 : ¿Cuándo se imparten los estudios?

Las tres tablas siguientes resumen respectivamente los planes de estudio de los títulos de Experto Universitario, con detalle de módulos, asignaturas y

unidades docentes; así como para cada uno de ellos, la carga docente, el período docente y si es convalidable.

Experto universitario en procesos productivos del cannabis						
	Campo	Créditos	Semestre	Convalidable	Tipo	
GENERALIDADES SOBRE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DEL CANNABIS		10			Módulo	
Fundamentos de la industria y el negocio del cannabis						
	Generalidades	1,5	2	Sí	Asignatura	
	Funcionalidad empresarial	0,2	2	Sí	Ud. formativa	
	Arquitectura, estructura y tecnología industrial	0,2	2	Sí	Ud. formativa	
	Métodos empresariales	0,2	2	Sí	Ud. formativa	
	Procesos industriales	0,2	2	Sí	Ud. formativa	
	Generalidades técnicas	0,2	2	Sí	Ud. formativa	
	ODS 9. Industria, innovación e infraestructura	0,25	2	Sí	Ud. formativa	
	ODS 12. Producción y consumo responsables	0,25	2	Sí	Ud. formativa	
Regulación del cultivo						
	Generalidades	2	2	Sí	Asignatura	
	Regulación internacional del cultivo	1	2	Sí	Ud. formativa	
	Regulación nacional del cultivo	1	2	Sí	Ud. formativa	
Regulación del procesamiento industrial						
	Generalidades	2	2	Sí	Asignatura	
	Regulación internacional del procesamiento industrial	1	2	Sí	Ud. formativa	
	Regulación nacional del procesamiento industrial	1	2	Sí	Ud. formativa	
Metodología de diseño y gestión de grandes proyectos						
	Generalidades	2	2	Sí	Asignatura	
	Metodología universal de diseño de soluciones	1	2	Sí	Ud. formativa	
	Gestión de grandes proyectos	1	2	Sí	Ud. formativa	
I+D+i y transferencia industrial						
	Generalidades	2,5	2	No	Asignatura	
	Investigación y desarrollo	0,5	2	No	Ud. formativa	
	Innovación tecnológica y transferencia empresarial	0,5	2	No	Ud. formativa	
	Métodos y procesos industriales	1,5	2	No	Ud. formativa	
AGRONOMÍA E INDUSTRIA DEL CANNABIS		10,5			Módulo	
Ingeniería genética y agronomía del cannabis						
	Agronomía e industria	3	1	No	Asignatura	
	Ingeniería genética del cannabis	1,5	1	No	Ud. formativa	
	Agronomía del cannabis	1,5	1	No	Ud. formativa	
Extracción de productos y fracciones esenciales: flor, semilla, fibra, CBD, HTC y otros						
	Agronomía e industria	3	1	No	Asignatura	
	Agronomía e industria	3	1	No	Ud. formativa	
Agricultura de precisión y cultivo del cannabis						
	Agronomía e industria	3	1	No	Asignatura	
	Agronomía e industria	1	1	No	Ud. formativa	
	Agronomía e industria	2	1	No	Ud. formativa	
Procesamiento del cannabis						
	Agronomía e industria	1,5		No	Asignatura	
	Agronomía e industria	1,5	1	No	Ud. formativa	
convalidables		7,5				
no convalidables		13				
Total créditos		20,5				

Dada la motivación globalmente instrumental de los estudios, el criterio ha sido establecer la duración de cada titulación en los umbrales que están regulados, salvo ajustes finos de raíz organizativa.

Experto universitario en comercio y usos del cannabis					
	Campo	Créditos	Semestre	Convalidable	Tipo
GENERALIDADES SOBRE EL COMERCIO Y USOS DEL CANNABIS		10			Módulo
Fundamentos de la industria y el negocio del cannabis					
	Generalidades	1,5	2	Sí	Asignatura
	Funcionalidad empresarial	0,2	2	Sí	Ud. formativa
	Arquitectura, estructura y tecnología industrial	0,2	2	Sí	Ud. formativa
	Métodos empresariales	0,2	2	Sí	Ud. formativa
	Procesos industriales	0,2	2	Sí	Ud. formativa
	Generalidades técnicas	0,2	2	Sí	Ud. formativa
	ODS 9. Industria, innovación e infraestructura	0,25	2	Sí	Ud. formativa
	ODS 12. Producción y consumo responsables	0,25	2	Sí	Ud. formativa
Regulación del comercio y el consumo					
	Generalidades	2,5	2	Sí	Asignatura
	Regulación internacional del comercio y el consumo	1,25	2	Sí	Ud. formativa
	Regulación nacional del comercio y el consumo	1,25	2	Sí	Ud. formativa
Productos y sus usos					
	Usos	2	1	No	Asignatura
	Utilización de fibras textiles y biomasa	1	1	No	Ud. formativa
	Uso alimentario de semillas	1	1	No	Ud. formativa
Metodología de diseño y gestión de grandes proyectos					
	Generalidades	2	2	Sí	Asignatura
	Metodología universal de diseño de soluciones	1	2	Sí	Ud. formativa
	Gestión de grandes proyectos	1	2	Sí	Ud. formativa
Armonización de la producción					
	Comercio	2	1	No	Asignatura
	Coordinación de los procesos de producción	1	1	No	Ud. formativa
	Armonización y sinergias	1	1	No	Ud. formativa
COMERCIO Y USOS DEL CANNABIS		10,5			Módulo
Fracciones esenciales, sus usos y presentaciones					
	Usos	3,5	1	No	Asignatura
	Fracciones ricas en THC para uso lúdico	1,25	1	No	Ud. formativa
	Fracciones ricas en CBD para uso clínico	1,25	1	No	Ud. formativa
	Formatos y presentaciones	1	1	No	Ud. formativa
Comercio y distribución					
	Comercio	4	1	No	Asignatura
	Comercio y distribución	2	1	No	Ud. formativa
	Trabajo colaborativo en equipo	1	1	No	Ud. formativa
	Dirección de equipos de trabajo transdisciplinares	1	1	No	Ud. formativa
Comercio, distribución, conservación y recuperación de residuos y subproductos					
	Comercio	3	2	No	Asignatura
	Comercio, distribución, conservación y recuperación de residuos y subproductos	3	2	No	Ud. formativa
convalidables		6			
no convalidables		14,5			
Total créditos		20,5			

Experto universitario en normativa y regulación sobre el cannabis					
	Campo	Créditos	Semestre	Convalidable	Tipo
GENERALIDADES SOBRE NORMATIVA Y REGULACIÓN DEL CANNABIS		10			Módulo
Fundamentos de la industria y el negocio del cannabis					
	Generalidades	1,5	2	Sí	Asignatura
	Funcionalidad empresarial	0,2	2	Sí	Ud. formativa
	Arquitectura, estructura y tecnología industrial	0,2	2	Sí	Ud. formativa
	Métodos empresariales	0,2	2	Sí	Ud. formativa
	Procesos industriales	0,2	2	Sí	Ud. formativa
	Generalidades técnicas	0,2	2	Sí	Ud. formativa
	ODS 9. Industria, innovación e infraestructura	0,25	2	Sí	Ud. formativa
	ODS 12. Producción y consumo responsables	0,25	2	Sí	Ud. formativa
Regulación del cultivo					
	Generalidades	2	2	Sí	Asignatura
	Regulación internacional del cultivo	1	2	Sí	Ud. formativa
	Regulación nacional del cultivo	1	2	Sí	Ud. formativa
Regulación del procesamiento industrial					
	Generalidades	2	2	Sí	Asignatura
	Regulación internacional del procesamiento industrial	1	2	Sí	Ud. formativa
	Regulación nacional del procesamiento industrial	1	2	Sí	Ud. formativa
Metodología de diseño y gestión de grandes proyectos					
	Generalidades	2	2	Sí	Asignatura
	Metodología universal de diseño de soluciones	1	2	Sí	Ud. formativa
	Gestión de grandes proyectos	1	2	Sí	Ud. formativa
Regulación del comercio y el consumo					
	Generalidades	2,5	2	Sí	Asignatura
	Regulación internacional del comercio y el consumo	1,25	2	Sí	Ud. formativa
	Regulación nacional del comercio y el consumo	1,25	2	Sí	Ud. formativa
NORMATIVA Y REGULACIÓN DEL CANNABIS		10,5			Módulo
Certificación de la calidad de producto					
	Normativa	2,5	1	No	Asignatura
	Certificación de la calidad de producto	2,5	1	No	Ud. formativa
Trazabilidad de procesos					
	Normativa	3	1	No	Asignatura
	Trazabilidad de procesos	3	1	No	Ud. formativa
Beneficios sociales					
	Beneficio social	2	2	No	Asignatura
	ODS 3. Salud y bienestar	1	2	No	Ud. formativa
	ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico	1	2	No	Ud. formativa
Normativa y legislación					
	Normativa	3	1	No	Asignatura
	Normativa y legislación	3	1	No	Ud. formativa
convalidables		7,5			
no convalidables		13			
Total créditos		20,5			

6. Claustro académico

Dirección

Este apartado proporciona la respuesta a la pregunta contextual nº 7: ¿Quién imparte los estudios?

El equipo directivo tiene la siguiente composición:

- Director: Francisco Javier Ferrández Pastor
- Coordinador académico: Roque Moreno Fonseret
- Coordinador científico: Juan Manuel García Chamizo

Claustro

—por desarrollar—.

7. Precio

Este apartado proporciona la respuesta a la pregunta contextual nº 8: ¿Cuánto dinero cuestan los estudios?

—por desarrollar estudio de costes y plan de negocio—.

Caso 4. Especificación de un parque científico

Parque científico boliviano

Creación del parque científico de Cochabamba

Autoría:

Juan Manuel García Chamizo

Fecha: 11-01-2022

Capítulo 1. Especificación funcional

1. Finalidad

Creación del parque científico de Cochabamba

2. Motivaciones

Motivación preceptiva

Las respuestas a la cuestión "por qué la iniciativa de Plataforma de ayuda a la toma de decisiones de diseño en ingeniería" proporciona los motivos que fundamentan dicho plan de competitividad. El gran volumen de la motivación surge de las necesidades, misiones y expectativas que tiene el destinatario.

Los motivos preceptivos provenientes de las necesidades, misiones y expectativas son los siguientes:

A: Porque la UCB está comprometida en promover y apoyar a las empresas intensivas en conocimiento

Art 96 de la constitución.

B: Porque ha sobrevenido la necesidad de dar respuesta a la eclosión de iniciativas de parques científicos bolivianos

C: Porque la UCB está comprometida con el desarrollo del territorio

Art 104 de la constitución.

Motivación progresista

La ambición legítima de progreso da lugar a la motivación investigadora para proponer nuevos problemas cuya resolución produzca avance objetivo. Esto corresponde a la primera "I" de la "I+D+I".

El avance objetivo sobre el estado del arte da lugar a la siguiente motivación investigadora:

D: Porque es estratégico para la UCB avanzar en la "tercera misión" del sistema universitario

El análisis del estado de la técnica confirma que la situación en el territorio boliviana de creación de parques científicos tiene estilo de ser una moda durante la última década.

El Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, anunció en 2012 la creación del primer parque científico de Bolivia. Propone los tópicos conceptuales que recogería cualquier prontuario y, precisamente por eso, se trasluce que la iniciativa carece de elementos fundamentales de credibilidad, el más notorio de los cuales es que se trata de una iniciativa surgida unilateralmente desde los intereses de una de las instituciones indispensables. Ese hiperprotagonismo de la autoridad administrativa minimiza el protagonismo de los demás organismos necesarios —sistema de I+D+I, sistema de P+E+R y sector inversor— lo cual pone en riesgo la viabilidad del proyecto por falta de realismo. <https://www.bolivia.com/noticias/autonoticias/DetalleNoticia46716.asp>

Al inicio de 2022, el grado de materialización consiste en alguna alusión esporádica en medios de difusión y en una página web testimonial mínima, sin contenido, cuyos textos están escritos en futuro. [http://200.105.139.167/index.php?option=com_content&view=category&](http://200.105.139.167/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=248&Itemid=757)

[layout=blog&id=248&Itemid=757](http://200.105.139.167/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=248&Itemid=757)

Uropolis es el proyecto de parque científico e incubadora de empresas de base tecnológica y museo temático, de la Universidad Técnica de Oruro, realizado por Néstor Dennis García Ocaña en 2012. <https://pdfslide.tips/documents/parque-cientifico-tecnologico-oruro.html>

La materialización ha consistido en una presentación generalista. <https://fdocuments.ec/reader/full/parque-cientifico-tecnologico-oruro>

La iniciativa para Sucre surge del Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural. El proyecto de Parque Nacional Tecnológico se plantea como una alternativa de desarrollo regional. En su primera fase se nutre de iniciativas institucionales puntuales. Esa concepción incorpora un sesgo que apunta a ser limitante de la viabilidad como parque científico.

<https://www.uasb.edu.bo/novedades/uasb-lidera-proyecto-de-parque-tecnologico-nacional/>

El Pleno del Congreso ha aprobado en 2021 la creación del Parque Científico-Tecnológico de Madre de Dios, que estará bajo la administración de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Su finalidad de fortalecer la investigación, la innovación, el desarrollo tecnológico, la transferencia tecnológica, la mejora de la productividad y competitividad empresarial y la generación de valor agregado a los recursos naturales y productos de la región. <https://comunicaciones.congreso.gob.pe/noticias/de-necesidad-publica-creacion-del-parque-cientifico-tecnologico-de-madre-de-dios/>

La falta de materialización de resultados hasta el presente en todo el territorio boliviano a pesar de las numerosas iniciativas sugiere la existencia de causas que están siendo ignoradas. En efecto, diseñar y desarrollar un parque científico es un proyecto ambicioso, complejo, de gran envergadura, y con singularidades frente a las fórmulas más convencionales del desarrollo territorial que requiere extremar el rigor para garantizar el éxito.

Más aún, la trivialización que destila la proliferación de iniciativas no consumadas puede haberse convertido en una debilidad que conviene tener en cuenta. En este sentido, las propuestas analizadas están inspiradas en la realidad de parques científicos exitosos que ya existen.

Ello, que proporciona criterios eficaces en general, comporta también preconcepciones drámaticas que asumen que las especificaciones del pasado siguen estando vigentes y que lo seguirán estando durante las decenas venideras.

Entre esos preconceptos no deseables:

- Ignorar los ODS de la Agenda 2030 —los parques anteriores a su promulgación, obviamente, no la tienen en cuenta— merma las expectativas de apoyo internacional y renuncia a la fortaleza que representa la biodiversidad boliviana.
- Ignorar la especial casuística de ubicación de las zonas francas portuarias bolivianas en territorio extranjero soslaya la viabilidad de la industria pesada frente a encaminarse a producción compatible con el transporte aéreo y con el negocio de la tecnología intangible del conocimiento. Ello, junto a la opción de crear puertos secos en el territorio nacional para agilizar la logística del mercado internacional.

- Ignorar el acondicionamiento de la legislación propia para corregir las amenazas burocráticas y para crear oportunidad orientándola a la cultura emprendedora y a incentivar las inversiones en I+D+I y la transferencia de esta a la subcadena P+E+R, puede mermar la seguridad jurídica y producir desconfianza empresarial.
- Ignorar la fractura que mantiene desconectados a los eslabones centrales de la cadena productiva es, a ciencia cierta, causa de inviabilidad.

Como referencia de iniciativa empresarial de gran envergadura, véase el "Proyecto AE-20L. Área Empresarial de la Provincia de Alicante" y la estrategia para implicar activamente a todos los agentes del sector productivo mediante su participación en el diseño del proyecto y la contemplación de los intereses de cada una de las partes.

<http://hdl.handle.net/10045/118265>

La Comunitat Valenciana se ha colocado a la vanguardia en legislación para desarrollo de su tejido productivo mediante la Ley 14/18. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2018/BOE-A-2018-8949-consolidado.pdf>

E: Porque el parque científico propicia las sinergias

El análisis del estado del arte sobre los parques científicos en territorio boliviano confirma que las diversas iniciativas que han ido planteándose en todos los territorios tienen en común la superficialidad:

- Necesidad de que los ponentes avalen conocimiento profundo de la casuística de la cadena productiva —I+D+I+P+E+R— y aporten experiencia exitosa de su participación en iniciativas similares.
- Además de realizar análisis optimistas superficiales sobre las oportunidades más evidentes, completados con valoraciones grandilocuentes de las fortalezas de los actores, es indispensable acometer estudios preliminares profundos para caracterizar con rigor esos mismos factores al tiempo que detectar las debilidades y las amenazas para poder contrarrestarlas.
- Toma en consideración de la sistémica holística que exhiben las soluciones más avanzadas, especialmente en lo tocante a ubicuidad de las empresas, sinergia entre sectores, logística empresarial, vertebración del territorio, sostenibilidad y conciliación social.

Motivación facultativa

La impronta de singularidad que adquiere la solución por causa de la inspiración (entendida como compendio de experiencia, estilo, preferencia, etc.) del diseño facultativo constituye la motivación innovadora que comporta valor mediante la mejora de producto o de proceso. Es decir, se trata de desarrollo e innovación para proponer nuevas soluciones que se caracterizan porque producen avance, cuanto menos subjetivo para los intereses que tiene el beneficiario. Esto corresponde a la parte "D+I" del sistema "I+D+I".

El avance subjetivo sobre el estado del arte da lugar a la motivación facultativa de desarrollo e innovación:

F: Porque es estratégico para la UCB consolidar su actividad investigadora

G: Porque es trascendental fortalecer la cadena productiva

3. Modelado

La conjetura de partida para crear un objeto, sistema, proceso o, en general, entidad, consiste en un enunciado que trata de diferenciar a esa entidad de cualquiera otra. En la práctica, puede ocurrir que el enunciado definitorio de la entidad sea deficiente debido a un buen número de aspectos, entre ellos, la ambigüedad del lenguaje y el estilo de la proposición. En cambio, sí que es decisivo definir la entidad con precisión y exactitud porque esa definición será la referencia a utilizar para comprobar que la entidad finalmente creada satisface la demanda formulada.

La estructura del enunciado que define la entidad a crear puede ser cualquiera de las posibles estructuras sintácticas que median entre los casos extremos siguientes:

- Definir la entidad implícitamente mediante un nombre, lo cual impone que, para poder ser creada, ya haya conocimiento común sobre la constitución de la entidad.
- Definir la entidad explícitamente diferenciándola de cada una de las otras infinitas entidades del universo, lo cual consiste en una enumeración de las propiedades de la entidad que puede incluso ser inacabable.

Si la primera estructura carece de universalidad, la segunda es poco recomendable (salvo, tal vez, para conceptos inamovibles) cuando de lo que se trata es de creaciones vivas, que afronten el paso del tiempo por medio de cambios de estilo, mejoras, refinamientos y, en suma, todo aquello que produzca competitividad por la vía de la innovación.

Partimos de varias abstracciones del proyecto Mayéutica como potenciales modelos y cotejamos sus características para concluir proponiendo un modelo de compendio que maximice las fortalezas, potencie las oportunidades, minimice las debilidades y soslaye las amenazas.

Proposición de potenciales modelos

Un entorno para albergar empresas

Un organismo especializado en innovación y transferencia

Definición del modelo

Un ecosistema empresarial especializado en promover la innovación empresarial y la transferencia productiva

El modelo establece la esencia o naturaleza que le reconocemos al problema con vistas a su resolución. En consecuencia, la naturaleza que adquiere la solución proviene del modelo bajo el cual se obtiene dicha solución.

La decisión sobre el modelo constituye la primera poda que el proceso de resolución provoca en el árbol de soluciones. Se toma considerando al problema como una caja negra, es decir, bajo un punto de vista externo al problema, lo cual conlleva que las únicas consideraciones que podemos tener en cuenta son las establecidas en la motivación.

Toda otra consideración tiene connotaciones de constituir una preconcepción que dará lugar a podas artificiosas del árbol de soluciones.

El modelo seleccionado resulta de la composición lógica de los modelos propuestos inicialmente.

La metodología causal que estamos siguiendo para definir el proyecto, al referenciarlo al modelo, proporciona base para expresar esa primera aproximación mediante el siguiente enunciado:

"Creación del parque científico de Cochabamba"

ES Un ecosistema empresarial especializado en promover la innovación empresarial y la transferencia productiva"

Denotemos al problema "Creación del parque científico de Cochabamba" con el acrónimo "PCC" y con sea "m" el modelo:

$$PCC = F(m)$$

4. Formulación

La finalidad del proyecto Mayéutica constituye la causa de la cual han de surgir los fines a lograr mediante la ejecución de la conjetura inicial. Cualquier otra finalidad ajena a la motivación de la conjetura que se propusiera o se suscitara, por muy lícita que fuera, tendría justificación débil y su encaje tendría connotaciones de complementariedad y contravendría la sistematización que tanta robustez confiere a esta propuesta que estamos desarrollando. Lejos de incorporar fines espurios, el método adecuado consiste en refinar la motivación para que las finalidades sobrevenidas, tal vez debidas al progreso de conlleva el paso del tiempo, adquieran causalidad motivacional.

Las respuestas a la cuestión "para qué es Plataforma de ayuda a la toma de decisiones de diseño en ingeniería" proporcionan los objetivos o fines que dicho plan ha de satisfacer.

Provenientes de la motivación preceptiva

Los objetivos que se derivan de la motivación del beneficiario son los siguientes:

A: Porque la UCB está comprometida en promover y apoyar a las empresas intensivas en conocimiento

A1: Para proporcionar el soporte científico - técnico que indispensablemente ha de tener un parque científico

A2: Para favorecer las expectativas profesionales de los egresados

A3: Para imbricarse más profundamente en la sociedad en que está inmersa

B: Porque ha sobrevenido la necesidad de dar respuesta a la eclosión de iniciativas de parques científicos bolivianos

B1: Para ganar liderazgo en el sistema universitario boliviano

B2: Para liderar el desarrollo local

B3: Para desarrollar el primer parque científico boliviano exitoso

C: Porque la UCB está comprometida con el desarrollo del territorio

C1: Para liderar el desarrollo local

C2: Para contribuir a la generación de riqueza

C3: Para subsanar la brecha entre I+D+I y P+E+R

Provenientes de la motivación investigadora

La motivación investigadora da lugar a los siguientes objetivos:

D: Porque es estratégico para la UCB avanzar en la "tercera misión" del sistema universitario

D1: Para liderar el desarrollo local

D2: Favorecer la ayuda computerizada al diseño

D3: Para subsanar la brecha entre I+D+I y P+E+R

E: Porque el parque científico propicia las sinergias

E1: Para obtener los beneficios de la economía circular

E2: Para implantar la digitalización

E3: Para acceder a las economías de escala

E4: Para afrontar los retos de la globalización

Provenientes de la motivación facultativa

La motivación facultativa de desarrollo e innovación puede satisfacerse mediante los siguientes objetivos:

F: Porque es estratégico para la UCB consolidar su actividad investigadora

F1: Para desarrollar las infraestructuras universitarias de apoyo a la I+D+I

F2: Para ofrecer estudios de tercer ciclo

F3: Para realizar investigación de primera nivel

F4: Para materializar la productividad investigadora

G: Porque es trascendental fortalecer la cadena productiva

G1: Para implantar la sociedad del conocimiento

G2: Para desarrollar el primer parque científico boliviano exitoso

G3: Para subsanar la brecha entre I+D+I y P+E+R

G4: Para afrontar los retos de la globalización

G5: Para materializar la productividad investigadora

Especificación funcional del proyecto

Este paso de la metodología causal que estamos siguiendo para definir el proyecto completa su caracterización bajo el enfoque externo al propio proyecto, es decir, visto este en términos de su especificación basada en las funciones que ha de satisfacer, sea cual sea la solución que finalmente lo materialice.

Creación del parque científico de Cochabamba

ES Un ecosistema empresarial especializado en promover la innovación empresarial y la transferencia productiva

PARA Para proporcionar el soporte científico - técnico que indispensablemente ha de tener un parque científico

Y Para favorecer las expectativas profesionales de los egresados

Y Para imbricarse más profundamente en la sociedad en que está inmersa

Y Para ganar liderazgo en el sistema universitario boliviano

Y Para liderar el desarrollo local

Y Para desarrollar el primer parque científico boliviano exitoso

Y Para contribuir a la generación de riqueza

Y Para subsanar la brecha entre I+D+I y P+E+R

Y Para obtener los beneficios de la economía circular

Y Para implantar la digitalización

Y Para acceder a las economías de escala

Y Para afrontar los retos de la globalización

Y Para desarrollar las infraestructuras universitarias de apoyo a la I+D+I

Y Para ofrecer estudios de tercer ciclo

Y Para realizar investigación de primera nivel

Y Para materializar la productividad investigadora

Y Para implantar la sociedad del conocimiento

Y Para subsanar la brecha entre I+D+I y P+E+R

Consecuencia de la metodología causal de diseño basada en el paradigma "divide et vincas" con estrategia modal, que estamos siguiendo, la especificación funcional tiene estructura sintáctica formalmente de la Lógica. Como tal, podemos enunciar nuestro proyecto funcionalmente mediante una ecuación aritmético-lógica, derivándose de ello la disponibilidad de todo el aparataje de la Matemática para garantizar la corrección del proyecto.

$$PDM = A1(m) \wedge A2(m) \wedge A2(m) \wedge B1(m) \wedge B2(m) \wedge C2(m) \wedge C3(m) \wedge E1(m) \wedge \\ \wedge E2(m) \wedge E3(m) \wedge E4(m) \wedge F1(m) \wedge F2(m) \wedge F3(m) \wedge F4(m) \wedge G1(m)$$

El primer nivel de validación del proyecto lo constituye, precisamente, el "Certificado de verificación de objetivos" emitido por el beneficiario.

El acto de recepción de la especificación funcional la convierte en la referencia para la validación de las sucesivas etapas del plan de competitividad, concretamente:

- Verificación de las simulaciones de las especificaciones estructurales de los módulos subproyectos y de sus módulos.
- Verificación de las simulaciones de las especificaciones organizacionales de los módulos subproyectos y de sus módulos.
- Verificación de las simulaciones de las especificaciones tecnológicas de los módulos.
- Verificación experimental de cada módulo aisladamente.
- Verificación experimental de la integración de los módulos en los subproyectos y en el proyecto.

5. Ficus de especificación funcional

El método mayéutico de diseño causal, debido a que optimiza aritmético-lógicamente el resultado en fiabilidad y en potencia, proporciona un grafo de causalidad cercano a un árbol algebraico al que han surgido algunas raíces aéreas —ficus— que representan a objetivos del proyecto que abarcan a más de un motivo.

El análisis del ficus estructural permite verificar la completitud y coherencia de la especificación funcional del proyecto.

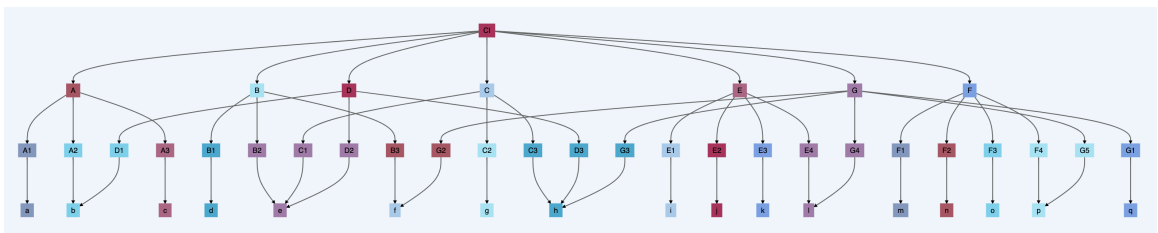


Figura C.4.1. Ficus estructural de especificación funcional del parque científico.

Referencias

Bibliografía

- Agre, G. P. (1982). The concept of problem. *Educational Studies*, 13(2), 121-142. DOI 10.1207/s15326993es1302_1.
- Aldasoro Alustiza, J. C., Cantonnet Jordi, M. L., & Cilleruelo Carrasco, E. (2012). La vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva en los estándares de gestión de la calidad en I+D+i. *International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management*, 1162-1168.
- Allègre, C. (2000). *Dios frente a la Ciencia*. Ediciones Península, 2000.
- Álvarez Pérez, A. (1966). *Enciclopedia intuitiva, sintética y práctica. Tercer grado*. Miñón.
- Amesbury, R. (2014). 'Religion' as a Philosophical Problem: Historical and Conceptual Dilemmas in Contemporary Pluralistic Philosophy of Religion. *Sophia*, 53(4), 479-496. DOI 10.1007/s11841-013-0394-9.
- Animah, I., & Shafiee, M. (2018). A framework for assessment of technological readiness level (TRL) and commercial readiness index (CRI) of asset end-of-life strategies. *Safety and Reliability—Safe Societies in a Changing World*, 1767-1773. CRC Press.
- Antognazza, M. (2015). The Benefit to Philosophy of the Study of Its History. *British Journal For the History of Philosophy*, 23(1), 161-184. DOI 10.1080/09608788.2014.974020.
- Arcaini, P., Gargantini, A., Riccobene, E., & Scandurra, P. (2011). A model-driven process for engineering a toolset for a formal method. *Software: Practice & Experience*, 41(2), 155-166. DOI 10.1002/spe.1019.
- Batchelor, R. (1994). *Henry Ford, mass production, modernism, and design*. Manchester University Press.
- Belo, C. (2009). Esencia y existencia en Avicena y Averroes. *Al-Qanṭara*, 30(2), 403-426.
- Belousek, D. (1998). Falsification, the Duhem-Quine thesis, and scientific realism: From a phenomenological point of view [Article]. *Journal of the British Society For Phenomenology*, 29(2), 145-161. DOI 10.1080/00071773.1998.11665442.

- Beraza Garmendia, J. M. & Rodríguez Castellanos, A. (2007). La evolución de la misión de la universidad. *Revista de Dirección y Administración de Empresas* 14, 25-56.
- Bernabé, A. (2008). *Fragmentos presocráticos, de Tales a Demócrito*. Lingua.
- Bibel, W. (2014). Artificial Intelligence in a historical perspective. *AI Communications*, 27(1), 87-102. DOI 10.3233/AIC-130576.
- Born, M. & Born, H. (1971). *Ciencia y conciencia en la era atómica*. Alianza Editorial.
- Brickhouse, T. C. (2000). *The philosophy of Socrates*. Westview Press.
- Calvo Martínez, T. (2001). *Aristóteles y el aristotelismo*. Ediciones Akal.
- Carroll, N. (2011). History and the Philosophy of Art. *Journal of the Philosophy of History*, 5(3), 370-382. DOI 10.1163/187226311X599862.
- Castel, E. (2001). *Gran diccionario de mitología egipcia*. Aldebarán.
- Castillo, J. & Paton, J. (2013). Las estrategias regionales de innovación y especialización inteligentes (RIS3), nueva etapa de la política regional europea en el apoyo a la innovación empresarial. *P3T, Journal of Public Policies and Territory*, 2(4), 17-23.
- Cervantes Saavedra, M. (1978). *El ingenioso hidalgo Don Quijote de la Mancha*. Biblioteca Cervantes Virtual.
- Chalmers, A. (2006). *¿Qué es esa cosa llamada Ciencia?* Siglo XXI de España editores.
- Chang, A. (2017). Banking consolidation and small firm financing for research and development. *Applied Economics*, 49(1), 51-65. DOI 10.1080/00036846.2016.1192271
- Chapman, S. (2008). *Language and empiricism. After the Vienna Circle*. Palgrave MacMillan. DOI 10.1057/9780230583030.
- Comer, D. E. et al. (1989). Computing as a Discipline. *Communications of the Acm*, 32(1), 9-23. DOI 10.1145/63238.63239
- Cooper, S. B. & Van Leeuwen, J. (Eds.). (2013). *Alan Turing: His work and impact*. Elsevier.
- Crowther, K. (2015). Decoupling emergence and reduction in physics. *European Journal For Philosophy of Science*, 5(3), 419-445. DOI 10.1007/s13194-015-0119-8
- Curcio, V. (2013). *Henry Ford*. Oxford University Press.

- Deeptimahanti, D. K. and Babar, M. A. (2009). An Automated Tool for Generating UML Models from Natural Language Requirements, *IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering*, 680-682, DOI 10.1109/ASE.2009.48.
- Dellana, S., & Kros, J. (2014). An exploration of quality management practices, perceptions and program maturity in the supply chain. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(6), 786-806. DOI 10.1108/IJOPM-03-2013-0105.
- Descartes, R. (2004). *Discurso del método*. Ediciones Colihue SRL.
- Dimech, D. (2021). Hume is the Enemy of Pyrrho. *Philosophy*, 96(4), 651-674. DOI 10.1017/S0031819121000188.
- Draghici, M. (2013). A kuhnian reconstruction of Kant's concept of "copernican revolution". *Revue Roumaine de Philosophie*, 57(2), 215-238.
- Ekmekci, P. E. & Arda, B. (2020). History of Artificial Intelligence. *Artificial Intelligence and Bioethics*, 1-15. DOI 10.1007/978-3-030-52448-7_1.
- Elena, A. & Ordoñez, J. (1996). De la Revolución Científica a la Revolución Industrial: la dimensión tecnológica del newtonianismo. *Hispania* 56(193), 541-564.
- Fernández Laguna, V. (2011). *Teoría Básica de Conjuntos*. Anaya.
- Feyerabend, P. (1996). *Killing time: the autobiography of Paul Feyerabend*. University of Chicago Press.
- Feyerabend, P. (2007). *Tratado contra el método*. Tecnos.
- Feynman, R. P. (2000). *El placer de descubrir*. Editorial Crítica.
- French, C. F. (2015). Rudolf Carnap: Philosophy of Science as Engineering Explications. *Recent Developments in the Philosophy of Science: EPSA13 Helsinki, 1*, 293-303. DOI 10.1007/978-3-319-23015-3_22.
- García Chamizo, J. M. & Nieto Hidalgo, M. (2015). Formalización algebraica del método de arriba hacia abajo de diseño tecnológico. *Informes Técnicos de la Universidad de Alicante*. <http://hdl.handle.net/10045/47233>
- García Chamizo, J.M. (2020). *Proyecto AE-20L. Área Empresarial de la Provincia de Alicante*. Universidad de Alicante. <http://hdl.handle.net/10045/118265>

- García Chamizo, J. M. (2020b) Diseño formal de arquitecturas computacionales. El proyecto OzonoTecnía. *Lecciones Inaugurales de la Universidad de Alicante*. <http://hdl.handle.net/10045/114387>
- García Chamizo, J.M. (2022) Panorámica de la arquitectura de computadores. *Informes Técnicos de la Universidad de Alicante*. <http://hdl.handle.net/10045/125959>
- García-Peñalvo, F. J. (2016). La socialización como proceso clave en la gestión del conocimiento. *Education in the Knowledge Society*, 17(2), 7-14. DOI 10.14201/eks2016172714.
- García Rodríguez, M. (2018). The discourse on the end: history, art and philosophy [Article]. *Daimon. Revista Internacional de Filosofía*, (73), 151-165. DOI 10.6018/daimon/258121.
- Glock, H. (2009). Concepts: where subjectivism goes wrong. *Philosophy*, 84(1), 5-29. DOI 10.1017/S0031819109000011.
- González, M. C. & Stigol, N. (2012). La filosofía y su historia: un debate abierto. *Revista De Filosofía*, 37(2), 151-170. DOI 10.5209/rev_RESF.2012.v37.n2.41073
- González García, E. (2020). La Enciclopedia Álvarez: recurso adoctrinador de una identidad nacional esencialista (1945-1964). *Historia y Memoria de la Educación*, 12, 137-165. DOI 10.5944/hme.12.2020.26081.
- González Posada, F., González Redondo, F., & Hernando González, A. (2021). Leonardo Torres Quevedo: Pioneer of Computing, Automatics, and Artificial Intelligence. *IEEE Annals of the History of Computing*, 43(3), 22-43. DOI 10.1109/MAHC.2021.3082199.
- Grayling, A. C. (2019). *The history of philosophy*. Penguin UK.
- Habermas, J. (1987). *Teoría de la acción comunicativa*. Taurus.
- Hamati-Ataya, I. (2014). Transcending objectivism, subjectivism, and the knowledge in-between: the subject in/of 'strong reflexivity'. *Review of International Studies*, 40(1), 153-175. DOI 10.1017/S0260210513000041.
- Hankinson, R. J. (2020). The sceptical inquirer. The possibility and coherence of a 'Sceptical Method'. *History of Philosophy & Logical Analysis*, 23(1), 74-99. DOI 10.30965/26664275-02301007.

- Henriques, G. (2003). The tree of knowledge system and the theoretical unification of psychology. *Review of General Psychology*, 7(2), 150-182. DOI: 10.1037/1089-2680.7.2.150.
- Hessen, J. (1966). Teoría del conocimiento. Espasa Calpe.
- Hume, D. (2015). *Investigación sobre el conocimiento humano*. Alianza Editorial.
- Jakubczak, M. (2012). Why didn't Siddhartha Gautama become a samkhya philosopher, after all?. *Hindu and Buddhist ideas in dialogue: Self and no-self*, 29-45.
- Kasavin, I. (2015). Philosophical realism: the challenges for social epistemologists. *Social Epistemology*, 29(4), 431-444. DOI 10.1080/02691728.2014.971913.
- Klare, M. T. (2020). *Guerras por los recursos. El futuro escenario del conflicto global*. Ediciones LAVP.
- Kornienko, A. A. (2015). The concept of knowledge society in the ontology of modern society. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 166, 378-386. DOI 10.1016/j.sbspro.2014.12.540.
- Kuhn, T. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica.
- Kuhn, T. S. (1988). Possible worlds in History of Science. *Possible Worlds in Humanities, Arts and Sciences*, 14, 9-32.
- Kulikov, S. (2018). Wittgenstein studies and contemporary pyrrhonism [Article]. *Philosophia*, 46(4), 929-941. DOI 10.1007/s11406-018-9946-0.
- Lakatos, I., Feyerabend, P. & . & Motterlini, M. (2010). *For and against method*. University of Chicago Press. DOI 10.7208/9780226467030.
- Landry, M. (1995). A note on the concept of 'problem'. *Organization studies*, 16(2), 315-343. DOI: 10.1177/017084069501600206.
- Liu, J. (2007). Computing as an evolving discipline: 10 observations. *Computer*, 40(5). DOI 10.1109/MC.2007.165.
- Llinàs, J. L. (2017). Los límites del racionalismo en Descartes. *Enrahonar* (59), 11-33. DOI 10.5565/rev/enrahonar.1180.
- López Férrez, J. A. (1986). Hipócrates y los escritos hipocráticos: origen de la medicina científica. *Epos. Revista de Filología*, (2), 157-175.

- López Trujillo, M., & Marulanda Echeverry, C. E. (2010). Buenas practicas en socializacion del conocimiento. *Entre Ciencia e Ingeniería* (8), 37-51.
- Malanowski, N., Tubke, A., Dosso, M. & Potters, L. (2021). Deriving new anticipation-based policy instruments for attracting research and development and innovation in global value chains to Europe. *Futures*, 128, DOI 10.1016/j.futures.2021.102712.
- Martos Valderrama, G. (2017). Revolución científica:: un acercamiento crítico a la actualidad del pensamiento científico Kuhniano. *Fragmentos de Filosofía* (15), 3-19.
- Matthews, M. R. (2014). *Science teaching: the contribution of history and philosophy of science*. Routledge.
- McGlynn, A. (2014). *Knowledge first?* 1-227. Palgrave Macmillan. DOI 10.1057/9781137026460.
- Mejlgaard, N. & Bloch, C. (2012). Science in Society in Europe. *Science and Public Policy*, 39(6), 695-700. DOI 10.1093/scipol/scs087.
- Méndez-Porras, A., Hidalgo, M., Garcia-Chamizo, J., Jenkins, M. & Porras, A. (2015). A Top-Down Design Approach for an Automated Testing Framework. *Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence: Sensing, Processing, and Using Environmental Information*, 9454, 37-49. DOI 10.1007/978-3-319-26401-1_4.
- Mir Mauri, M., & Casadeús Fa, M. (2008). UNE 166002:2006: Estandarizar y sistematizar la I+D+I. La norma y la importancia de las TIC en su implementación. *DYNA-Ingeniería e Industria*, 83(6). 325-331. DOI 10.6036/1479.
- Misak, C. (2019). Ramsey, Pragmatism, and the Vienna Circle. *European Journal of Pragmatism and American Philosophy*, 11(1). DOI 10.4000/ejap.1504.
- Morin, E. (2003). *Educar en la era planetaria*. Editorial Gedisa.
- Morón et al. (2015) Impacto de la metodología Lean en la mejora de procesos asistenciales y niveles de satisfacción en la atención de pacientes en un laboratorio clínico. *Revista de calidad asistencial*, 30(6), 289-296. DOI: 10.1016/j.cali.2015.09.001.
- Mosleh, A. & Bier, V. M. (1996). Uncertainty about probability: a reconciliation with the subjectivist viewpoint. *IEEE Transactions on*

- Systems, Man & Cybernetics, Part A (Systems & Humans)*, 26(3), 303-310. DOI 10.1109/3468.487956.
- Munakata, T. (2008). *Fundamentals of the new artificial intelligence: neural, evolutionary, fuzzy and more*. Springer Science & Business Media.
- Muñoz Cañavate, A. (2009). La información para la empresa y el sistema de I+D+I. El caso de la Región Valenciana. *Revista general de información y documentación*, 19(1), 121-144.
- Nebrija, A. (2012). *Gramática de la lengua castellana*. Linkgua Ediciones.
- Needham, P. (2000). Duhem and Quine (Ontology) [Article]. *Dialectica*, 54(2), 109-132. DOI 10.1111/j.1746-8361.2000.tb00196.x.
- Nieto Cánovas, C. (2007). *Conjeturas sobre el conocimiento. Una teoría actual*. Publicaciones Universidad de Alicante, 2007, ISBN 978-84-7908-937-5.
- Nieto Hidalgo, M., Ferrández Pastor, F., Valdivieso Sarabia, R., Mora-Pascual, J. & García Chamizo, J. M. (2015). Vision based extraction of dynamic gait features focused on feet movement using RGB camera. *Ambient Intelligence for Health, AmIHealth 9456*, 155-166. DOI 10.1007/978-3-319-26508-7_16.
- Nieto Hidalgo, M. (2017). *Gait analysis using computer vision for the early detection of elderly syndromes. A formal proposal*. (Doctoral dissertation, Universidad de Alicante). <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/65535>.
- Ordoñez Delgado, S. (2011). Creación y erudición científica en la España Moderna y Contemporánea. Aproximación desde los criterios actuales de evaluación de la actividad científica. *La Ciencia española. Estudios*, 289-314. Publican Ediciones.
- Ortega y Gasset, J. (1930). *Misión de la Universidad*. Revista de Occidente.
- Pendlebury, M. (2011). Objectivism versus realism. *Philosophical forum*, 42(1), 79-104. DOI 10.1111/j.1467-9191.2010.00379.x.
- Perceval, J. M., & Fornieles Alcaraz, J. (2008). Confucio contra Sócrates: la perversa relación entre la investigación y la acreditación. *Anàlisi: quaderns de comunicació i cultura*, (36) 213-224.
- Peterson, S. (2011). *Socrates and Philosophy in the Dialogues of Plato*. Cambridge University Press.

- Plaza, I., Igual, R., Medrano, C. & Rubio, M. A. (2013). From Companies to Universities: Application of R&D&I Concepts in Higher Education Teaching. *IEEE Transactions on Education*, 56(3), 308-315. DOI 10.1109/TE.2012.2218247.
- Polya, G. (2004). *How to solve it: A new aspect of mathematical method* (Vol. 85). Princeton university press.
- Popper, K. R. (1968). Epistemology without a knowing subject. *Studies in Logic and the Foundations of Mathematics*, 52, 333-373. Elsevier. DOI 10.1016/S0049-237X(08)71204-7.
- Popper, K. R. (1980). *La Lógica de la investigación científica*. Tecnos.
- Pritchard, D. (2009). *Knowledge*. Palgrave Philosophy Today.
- Psillos, S. (2000). Rudolf Carnap's 'Theoretical concepts in science' [Article]. *Studies in History and Philosophy of Science*, 31(1), 151-172. DOI 10.1016/S0039-3681(99)00031-X.
- Rábade Romeo, S. (1995). *Teoría del conocimiento*. Ediciones AKAL.
- Raibulet, C., Arcelli Fontana, F. & Zanoni, M. (2017). Model-Driven Reverse Engineering Approaches: A Systematic Literature Review. *Ieee Access*, 5, 14516-14542. DOI 10.1109/ACCESS.2017.2733518.
- Rizo Aldeguer, R. (2001). *2001, componentes inteligentes artificiales: lección inaugural curso académico 2001-2002*. Universidad de Alicante. <https://web.ua.es/es/protocolo/documentos/lecciones/leccion-inaugural-2001-02.pdf>
- Rodríguez García, S. E. (2020). Hacia una filosofía fenomenológica de la religión. *Investigaciones Fenomenológicas*, 17, 239-272.
- Rodríguez Pinzón, E. M. (2013). De las guerras por el agua, a la gobernanza del agua. *Economía exterior: estudios de la revista Política Exterior sobre la internacionalización de la economía española*, (65), 133-140.
- Romizi, D. (2012). the Vienna Circle's "Scientific world-conception": philosophy of science in the political arena. *Hopos. The Journal of the International Society For the History of Philosophy of Science*, 2(2), 205-242. DOI 10.1086/666659.
- Ruscio, D., Franzago, M., Malavolta, I. & Muccini, H. (2017). Envisioning the future of collaborative model-driven software engineering. *Proceedings of the 2017 IEEE/ACM 39th International Conference*

- on *Software Engineering Companion (Icse-C)*, 219-221. DOI 10.1109/ICSE-C.2017.143.
- Santágueda Villanueva, M., & Gómez, B. (2021). Los modelos de enseñanza de los problemas de aligación en las enciclopedias escolares españolas. *Boletim de Educação Matemática*, 35, 365-388. DOI 10.1590/1980-4415v35n69a17.
- Schaffner, K. F. (1993). Theory structure, reduction, and disciplinary integration in biology [Article]. *Biology & Philosophy*, 8, 319-347. DOI 10.1007/BF00860432.
- Shao, X. F., Liu, W., Li, Y., Rauf Chaudhry, H., & Yue, X G.. (2021). Multistage implementation framework for smart supply chain management under industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 162. DOI 10.1016/j.techfore.2020.120354.
- Shemmer, Y., & Bex-Priestley, G. (2021). Disagreement without belief. *Metaphilosophy*, 52(3-4), 494-507. DOI 10.1111/meta.12489.
- Schlick, M. (1974). *General theory of knowledge*. Springer Science & Business Media.
- Solana-Garzón, J. M., & Herrera-Capdevilla, P. (2020). Estrategia sectorial de innovación para el encadenamiento productivo. *Revista Científica Anfibios*, 3(2), 29-36. DOI 10.37979/afb.2020v3n2.70.
- Soon, Q. H. & Udin, Z. M. (2011). Supply chain management from the perspective of value chain flexibility: an exploratory study. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 22(4), 506-526. DOI 10.1108/17410381111126427.
- Stadler, F. (2011). The road to Experience and Prediction from within: Hans Reichenbach's scientific correspondence from Berlin to Istanbul. *Synthese*, 181, 137-155. DOI 10.1007/s11229-009-9595-8.
- Stadler, F. (2015). An overview of the Vienna Circle. *The Vienna Circle*, 4, 367-396. DOI 10.1007/978-3-319-16561-5_11.
- Swerdlow, N. M. (2004). An essay on Thomas Kuhn's first scientific revolution, The Copernican Revolution. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 148(1), 64-120.
- Tarski, A. (1944). The semantic conception of truth: and the foundations of semantics. *Philosophy and phenomenological research*, 4(3), 341-376.

- Turing, A. M. (1948). Intelligent machinery, a heretical theory. *The Turing test: Verbal behavior as the hallmark of intelligence*, 105.
- Valor Yébenes, J.A. *Metodología de la investigación científica*. Editorial Biblioteca Nueva, 2000.
- Vanzo, A. (2016). Empiricism and Rationalism in Nineteenth-Century Histories of Philosophy. *Journal of the History of Ideas*, 77(2), 253-282. DOI 10.1353/jhi.2016.0017.
- Vidal Durango, J., Martínez Carazo, P. C. & Alfaro Tanco, J. A. (2017). Experiencias de innovación docente para la consolidación de una cultura de I+D+i. *Working Papers on Operations Management*, 8, 125-139. DOI 10.4995/wpom.v8i0.7191.
- Vlasits, J. (2020). Pyrrhonism and the dialectical methods. The aims and argument of outlines of Pyrrhonism II. *History of Philosophy & Logical Analysis*, 23(1), 225-252. DOI 10.30965/26664275-02301013.
- Vrahimis, A. (2020). Scientism, social praxis, and overcoming metaphysics: a debate between logical empiricism and the Frankfurt school. *Hopos. The Journal of the International Society For the History of Philosophy of Science*, 10(2), 562-597. DOI 10.1086/710184.
- Wilson, E. O. (1999). *Consilience: The unity of knowledge*. Vintage.
- Zaid, G. (2016). Origen práctico de la filosofía. *Letras libres*, 15.

Enlaces web

Los enlaces han sido verificados el 17 de agosto de 2022.

- Ansys (2021) <https://www.ansys.com>
- APDK (2021) <https://www.apd.es/metodologia-kanban/>
- APDS (2021) <https://www.apd.es/metodologia-scrum-que-es/>
- Autodesk (2021) <https://www.autodesk.es>
- AVI (2022) <https://innoavi.es/es/>
- BOE. (2014). Ley 27/2014 de 27 de noviembre del Impuesto sobre Sociedades, Art. 35. BOE» núm. 288. <https://www.boe.es/boe/dias/2014/11/28/pdfs/BOE-A-2014-12328.pdf>
- Canvas (2021) <https://modelocanvas.net>
- Comsol (2021) <https://www.comsol.com/comsol-multiphysics>
- Cortina (2009) <http://hdl.handle.net/10016/8514>
- C-Folder (2021) <https://blogs.sap.com/2013/10/01/sap-cfolder-standard-and-custom-functionality-scope/>
- Educaweb (2021). <https://www.educaweb.com/profesion/asistente-disenador-67/>
- ESADE (2021). https://player.vimeo.com/video/593173519?dnt=1&app_id=122963&h=9f78cbaa2e
- García Chamizo, J.M. (2021). Mayéutica. <https://innovatio.iuii.ua.es/mayeutica/welcome>
- Kaizen (2021) <https://es.kaizen.com/evolucion-de-kaizen>
- Kanban (2021) <https://kanbantool.com>
- Lean (2021) <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/165994/Garc%C3%ADa%20-%20Introducción%20a%20la%20metodolog%C3%ADa%20Lean.pdf?sequence=1>
- Lengua Española, D. (2001). Real academia española. <https://dle.rae.es/>
- Maplesoft (2021) <https://www.maplesoft.com/products/maplesim/>
- Mathworks (2021) <https://la.mathworks.com/products/matlab.html>
- Morate (2014) https://oa.upm.es/28993/1/FERNANDO_MAS_MORATE.pdf
- Patran (2021) <https://www.mssoftware.com/product/patran>
- Progresslean (2021) <https://www.progresslean.com/metodologia-agile/>

Proyectosagiles (2021) <https://proyectosagiles.org/que-es-scrum/>

Simulia (2021) <https://www.3ds.com/es/productos-y-servicios/simulia/>

Solidworks, (2021) <https://www.solidworks.com/domain/design-engineering>

Wearemarketing (2021) <https://www.wearemarketing.com/es/blog/que-es-la-metodologia-agile-y-que-beneficios-tiene-para-tu-empresa.html>