



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Selección de un sistema BPMS usando un método de análisis multicriterio. Estudio de caso

Luis Alberto Díaz Sánchez

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería

Bogotá, Colombia

2020

Selección de un sistema BPMS usando un método de análisis multicriterio. Estudio de caso

Luis Alberto Díaz Sánchez

Trabajo Final presentada(o) como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ingeniería de Sistemas

Director (a):

Ph.D., Félix Antonio Cortes

Línea de Investigación:

Toma de decisiones

Sistemas de Información

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Sistemas e Industrial

Ciudad, Colombia

2020

Agradecimientos

En esta sección deseo agradecer a todas las personas que estuvieron a mi lado durante este proceso, tanto en la academia como fuera de ella, y de manera especial:

A mi madre, quien a pesar de ya no estar físicamente conmigo, por ser la razón para emprender este camino, por estar siempre presente en mis pensamientos, ser luz en mis decisiones y ser siempre una razón para obtener nuevos logros

Al profesor Félix Cortés, por su vocación, comprensión, orientación y toda la colaboración brindada desde el primer momento en el que se planteó este trabajo

A mi familia, por ser una parte fundamental en mi formación y enseñarme el valor de trabajar para alcanzar los objetivos

A Rodrigo Romero, por ser parte del grupo de personas que me acompañaron y por su colaboración con la definición del caso de estudio

A Laura Rivera, quien no sólo me apoyó en momentos difíciles sino que me recordó lo importante que era seguir

Resumen

Propósito: el propósito es plantear un modelo para la selección de sistemas BPM en un entorno local. Con base en lo obtenido en la revisión bibliográfica y de la identificación de otros criterios relevantes para el contexto local, el análisis multicriterio se usa como base y se proponen criterios de evaluación para las alternativas disponibles seleccionadas.

Metodología: este trabajo final está basado en el análisis multicriterio de toma de decisiones en el cual se aborda un problema de toma de decisión cuyo punto de partida es una serie de alternativas por evaluar y en donde se requiere adoptar un modelo que se ajuste a la necesidad de evaluar dichas alternativas de acuerdo a los criterios hallados para tal fin. El proceso de jerarquía analítica (AHP, por sus siglas en Ingles), es uno de los métodos derivados que son aplicables para identificar la mejor alternativa estableciendo en este caso un marco de selección sobre una lista de Suites BPM que se encuentren disponibles en el mercado local y sean pertinentes para automatización

Hallazgos: partiendo del proceso de jerarquía analítica los criterios relevantes en la selección de una suite BPM son identificados. Con la lista definitiva de criterios se obtiene un modelo sistemático para la evaluación de alternativas. Tomando como referencia casos de estudio se relacionan estos criterios a situaciones reales. Al usar el modelo AHP se eliminan posibles sesgos y se establecen parámetros cuantitativos que permiten establecer métricas claras de evaluación

Aplicaciones prácticas: la metodología de análisis multicriterio permite conocer y evaluar cuantitativamente una serie de herramientas que implementan procesos BPM útiles para la dependencia seleccionada y de esta forma justificar la adquisición de un sistema de información de estas características. También propone un marco que resulta aplicable a otras herramientas de software que eventualmente pudieran ser adquiridas o implementadas

Originalidad/Valor: dentro de las contribuciones de este trabajo se resalta la aplicación de la metodología para la selección de una herramienta BPM a nivel local. Además, al partir de un contexto local la labor de determinar los criterios, representa un punto de partida para sistemas de información con arquitectura escalable y múltiples roles que requieran ser evaluados más allá de sus características funcionales.

Palabras clave: Sistemas de Información, Gestión de Procesos de Negocio, Toma de decisiones, Selección de Software

Abstract

Purpose: The purpose can be summarized as the proposal of a model for the selection of BPM systems in a local context. Based on what was obtained in the literature review and the identification of other criteria relevant to the local context, the multicriteria analysis is used as the basis. Furthermore, evaluation criteria are proposed for the selected available alternatives.

Methodology: This final work is based on the multicriteria analysis of decision-making in which a decision-making problem is addressed whose starting point is a series of alternatives to evaluate and where it is necessary to adopt a model able to fulfil with the need for evaluate these alternatives according to the criteria found for this purpose. The analytical hierarchy process (AHP) is one of the derivative methods that are applicable to identify the best alternative, establishing in this case a selection framework based on a list of BPM Suites that are available in the local market and those who are relevant for process automation

Findings: Taking the process of analytical hierarchy as a starting point, the relevant criteria in the selection of a BPM suite are identified. With the definitive list of criteria a systematic model for the evaluation of alternatives is obtained. Taking reference case studies, these criteria are related to real situations. When the AHP model is used, possible biases are eliminated and quantitative parameters are established that allow clear evaluation metrics to be established

Practical applications: The multicriteria analysis methodology allows knowing and quantitatively evaluating a series of tools that implement BPM processes useful for the selected dependency and thus justify the acquisition of an information system of these characteristics. It also proposes a framework that is applicable to other software tools that could eventually be acquired or implemented

Originality / Value: Among the contributions of this work, the application of the methodology for the selection of a BPM tool at the local level is highlighted. In addition, if it is seen from a local context viewpoint, the task of determining the criteria represents a starting point for similar information systems, e.g. those with scalable architectures) and multiple roles that need to be evaluated beyond their functional characteristics.

Key words: Information Systems, Business process Management, AHP, Decision Analysis and Software Selection

Este Trabajo Final de Maestría fue calificado en septiembre de 2020 por los siguientes jurados:

Sandra Liliana Rojas Martínez MsC.
Prof. Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial – Facultad de Ingeniería
Universidad Nacional de Colombia

Contenido

	Pág.
Agradecimientos	V
Resumen	VII
Abstract	VIII
Introducción	1
1. Estructura de la propuesta	3
1.1 Antecedentes.....	3
1.1.1 Nivel Nacional	4
1.1.2 Nivel Local	4
1.2 Problema de Investigación.....	5
1.3 Objetivos definidos para el trabajo	5
1.3.1 Objetivo General	6
1.3.2 Objetivos Específicos	6
1.4 Metodología inicial	6
1.5 Factores asociados al interés del Proyecto	8
2. Definición del caso	9
2.1 Aproximación a los requisitos	9
2.1.1 Identificación	9
2.1.2 Necesidades operativas y de integración	10
2.2 Vista general de sistemas de información involucrados	12
2.2.1 Sistema Hermes.....	12
2.2.2 Sistema DNINFOSIA (SIA).....	13
2.2.3 Sistema QUIPU.....	14
2.2.4 Sistema SARA	14
2.3 Requisitos funcionales para una solución	14
3. Suites BPM y Mercado Colombiano	17
3.1 Gestión de Procesos de negocio	17
3.2 Arquitectura de una Suite	19
3.2.1 Arquitectura tradicional.....	21
3.2.2 Arquitectura en la Nube.....	22
3.3 Fabricantes Relevantes	26
3.4 Fabricantes Principales e influencia en nuestro país	37
3.5 Conclusiones del Capítulo	42
4. Análisis de Alternativas	43

4.1	Requisitos a nivel de plataforma.....	43
4.2	Metodologías de selección de Software	46
4.3	Usos posibles de una Suite BPM	50
4.4	Factores relacionados con adopción	52
4.5	Suites BPM Seleccionadas para el Estudio	53
4.5.1	Alternativa S1	53
4.5.2	Alternativa S2	55
4.5.3	Alternativa S3	56
4.6	Conclusiones del Capítulo.....	58
5.	Identificación de Criterios	59
5.1	Criterios encontrados en la literatura para la selección de Software BPM	59
5.1.1	Criterios basados en Integridad	59
5.1.2	Criterios basados en funcionalidad para usuarios generales	60
5.1.3	Criterios basados en Flexibilidad a nivel de herramienta	61
5.2	Lista de Criterios relevantes para el estudio	62
5.2.1	Agrupación de criterios obtenidos de la literatura.....	62
5.2.2	Criterios relevantes según Reportes de Forrester.....	64
5.3	Criterios elegidos.....	65
5.3.1	Criterios de oferta como suite digital	65
5.3.2	Criterios de mercado.....	66
5.3.3	Criterios funcionales	67
5.3.4	Criterios de Apropiación.....	68
5.3.5	Criterios financieros	69
5.3.6	Cluster de Criterios fuente Primaria	70
5.3.7	Cluster de Criterios fuente Secundaria	71
5.4	Conclusiones del Capítulo.....	76
6.	Metodología del estudio	77
6.1	Toma de decisiones	77
6.2	Metodología AHP	79
6.3	Métodos auxiliares	82
6.3.1	Matriz de decisión.....	82
6.3.2	Normalización de datos	83
6.4	Metodología propuesta.....	83
6.4.1	Priorización.....	85
6.4.2	Evaluación.....	86
6.5	Valoración y normalización de criterios	86
6.6	Definición de prioridades para criterios locales.....	89
6.7	Conclusiones del Capítulo.....	90
7.	Resultados	91
7.1	Dispersión de los datos	91
7.1.1	Obtención de pesos según entropía	92
7.2	Jerarquía de criterios y alternativas	94
7.2.1	Prioridades para grupos de criterios	96
7.2.2	Prioridades para criterios separados.....	99
7.3	Cálculo de puntuaciones según prioridades	104
7.4	Conclusiones del Capítulo.....	106
8.	Análisis de la decisión.....	107
8.1	Comparación de ponderaciones.....	107

8.2	Escenarios respecto a la alternativa más apropiada	109
8.3	Flujo de datos propuesto según la alternativa elegida.....	111
8.4	Tareas automatizables en la herramienta elegida.....	113
8.5	Conclusiones del capítulo	116
9.	Conclusiones generales y recomendaciones	117
9.1	Conclusiones	117
9.2	Recomendaciones	119
9.3	Trabajos futuros.....	120
A.	Anexo: Cálculo propuesto para prioridades en Matlab	121
B.	Anexo: cálculo de dominancia	122
C.	Anexo: Metodología para evaluación de criterios	124
D.	Anexo: Resumen de la evaluación de grupos de APIs.....	125
E.	Anexo: cálculo de entropía y dispersión	126
F.	Anexo: Formulario para recolección de datos de valoraciones	128
G.	Anexo: Matrices obtenidas	131
H.	Anexo: Lineamientos para prueba.....	134
I.	Anexo: Búsqueda en Capterra para Software BPM y Script asociado	135
	Bibliografía	140

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1-1: Fases de la metodología empleada para el desarrollo de trabajo	6
Figura 2-1: Medición de datos en distintos niveles, adaptado de (Black, 2010)	9
Figura 2-2: Asociación de datos para una de las plantillas requeridas por el SNIES sobre proyectos y grupos académicos, adaptado a partir del trabajo de especialización (Análisis de la interoperabilidad entre el Sistema de Información HERMES y los Sistemas de Información QUIPU, SIA y SARA de la Universidad Nacional de Colombia, 2018)	11
Figura 2-3: Diagrama de contexto para el sistema Hermes y su interacción con sistemas internos asociados, obtenido de (Daza & Sierra, 2018).....	13
Figura 2-4: flujo de datos para obtención del reporte SNIES, adaptado del trabajo de especialización (Análisis de la interoperabilidad entre el Sistema de Información HERMES y los Sistemas de Información QUIPU, SIA y SARA de la Universidad Nacional de Colombia, 2018).....	15
Figura 3-1: Actividades básicas en BPM, adaptado de (WMP Van Der Aalst, 2013)	17
Figura 3-2: Fases en el ciclo de Vida de BPM que contribuyen a la mejora continua	18
Figura 3-3: Fases ampliadas de BPM. Adaptado de (Meidan, García-García, ..., & 2017)	19
Figura 3-4: Arquitectura mínima deseable de una suite BPM con un motor central de ejecución, módulos de interacción, administración, despliegue e integración (Web Services).....	20
Figura 3-5: Arquitectura de la suite Oracle BPM 11g, basada en un repositorio unificado, una capa media que comunica otros módulos y servicios de integración.....	21
Figura 3-6: Arquitectura del módulo de monitoreo integrado con el de analítica de proceso para una Suite de Oracle en donde se usa la información de métricas de procesos obtenidas de servicios para indicadores y reportes. Tomado de (Buelow, 2010)	22
Figura 3-7: Modelo jerarquizado en niveles de una Suite BPM basada en servicios en la Nube, adaptado de (Jiang, Le, Wang, Sun, & He, 2011).....	25
Figura 3-8: Diagrama conceptual de arquitectura BPM orientada a servicios, elaboración propia a partir de (Mercia, Gunawan, Fajar, Alianto, & Inayatulloh, 2018)	26
Figura 3-9: Clasificación de plataformas BPM para negocios digitales, tomado de Forrester (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015).....	28

Figura 3-10: Mapa con criterios ponderados en términos de oferta para los fabricantes del reporte de Suites Digitales de Forrester, elaboración propia a partir de los datos del reporte (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015) 30

Figura 3-11: Diagrama de barras derivado de los puntajes obtenidos para la oferta de la suite evaluada en parámetros de oferta para cada uno de los fabricantes del reporte de Suites Digitales de Forrester (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015) 31

Figura 3-12: Diagrama de barras derivado de los puntajes obtenidos para la oferta de la suite evaluada en Estrategia para cada uno de los fabricantes del reporte de Suites Digitales de Forrester (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015)..... 32

Figura 3-13: Clasificación de plataformas BPM para Despliegue Profundo, tomado de Forrester (Koplowitz, 2019) 34

Figura 3-14: Mapa de calor para las características de oferta en Suites de despliegue profundo, elaboración propia a partir de datos del reporte Forrester (Koplowitz, 2019) .. 35

Figura 3-15: Diagrama de barras derivado de los puntajes obtenidos para la oferta de la suite evaluada en parámetros de oferta para cada uno de los fabricantes del reporte de Suites para Despliegue Profundo de Forrester (Koplowitz, 2019)..... 36

Figura 3-16: Diagrama de barras derivado de los puntajes obtenidos para la oferta de la suite evaluada en términos de Estrategia para cada uno de los fabricantes del reporte de Suites para Despliegue Profundo (Koplowitz, 2019) 37

Figura 3-17: Cuadro de Gartner para las suites BPM en términos de visión de mercado y habilidad de ejecución 38

Figura 4-1: Segmentos funcionales para una suite BPMS digital, tomado de Forrester (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015) 44

Figura 4-2: Características funcionales de una suite inteligente de BPM (iBPMS), adaptado de (Dunie, Schulte, Cantara, Inc, & 2015)..... 45

Figura 4-3: Categorías de los artículos de la revisión sistemática realizada en 2015, adaptado de la información del artículo de revista (Rojas, Cortes, & Pinzón, 2015) 49

Figura 4-4: Criterios de ejemplo aplicados a la jerarquía base definida en la revisión sistemática para selección de software de 2015, elaboración propia a partir de resultados del artículo (Rojas, Cortes, & Pinzón, 2015) 50

Figura 4-5: Variaciones en productos BPM y herramientas asociadas a cada segmento funcional, tomado de (Davies & Reeves, 2010) 51

Figura 5-1: Criterios basados en flexibilidad centrados en usuario final y funciones de adaptación del software, adaptado de (Wang, Wang, & Mei, 2015)..... 62

Figura 5-2: ponderación porcentual de criterios de oferta para Suites digitales según Forrester..... 64

Figura 5-3: Grupo de criterios como factores subordinados que permiten evaluar las alternativas del problema base que tiene como objetivo determinar la Suite BPM apropiada, elaboración propia 65

Figura 5-4: Criterios elegidos a partir de cuatro categorías, elaboración propia a partir de revisión bibliográfica y reportes empresariales (Koplowitz, 2019), (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015) (Wang, Wang, & Mei, 2015) (Li, Cui, Ma, & Wang, 2012)..... 71

Figura 5-5: Marco de interacción de usuarios de aplicaciones móviles, adaptado de (Gatautis & Tarute, 2017).....	72
Figura 5-6: Criterios medibles depurados en tres categorías, elaboración propia a partir de revisión bibliográfica y reportes empresariales (Koplowitz, 2019), (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015) (Wang, Wang, & Mei, 2015) (Li, Cui, Ma, & Wang, 2012)	73
Figura 6-1: Ejemplo de jerarquía frente a un problema dado, tomado de (Vargas, congress, & 2010).....	79
Figura 6-2: Matriz de decisión, tomado de (Pomerol & Barba-Romero, 2012)	82
Figura 6-3: Marco propuesto para la selección de un sistema BPMS, elaboración propia a partir de revisión de métodos (Rojas, Cortes, & Pinzón, 2015) e identificación de fuentes de información.....	84
Figura 6-4: Subproceso de priorización como parte de la metodología de toma de decisión para el proceso de selección, elaboración propia.....	85
Figura 6-5: Subproceso de evaluación como parte de la metodología de toma de decisión para el proceso de selección, elaboración propia.....	86
Figura 7-1: Representación gráfica para la ponderación de los pesos de los criterios obtenidos por el método de la entropía, elaboración propia a partir del método descrito en (Bakmaz, Bojkovic, & Bakmaz, 2007) para los criterios de la tabla 7-1	93
Figura 7-2: Visualización de jerarquía para los criterios de primer y segundo nivel en para alternativas en Superdecisions, elaboración propia a partir del cluster de la sección 5.3.7	94
Figura 7-3: prioridades para los grupos de criterios, elaboración propia a partir de normalización y aproximación de vector propio (prioridades) para datos de la tabla 7-5. 97	
Figura 7-4: Resultados para la valoración de los grupos de criterios en SuperDecisions, elaboración propia a partir del modelo de la figura 7-1 con los valores de la tabla 7-5....	98
Figura 7-5: Resultados para la valoración de criterios de Suite digital en SuperDecisions, elaboración propia a partir del modelo de la figura 7-1 con los valores de la tabla 7-6..	100
Figura 7-6: Resultados para la valoración de criterios funcionales en SuperDecisions, elaboración propia a partir del modelo de la figura 7-1 con los valores de la tabla 7-8..	101
Figura 7-7: Resultados para la valoración de criterios de apropiación en SuperDecisions, elaboración propia a partir del modelo de la figura 7-1 con los valores de la tabla 7-10	102
Figura 7-8: Representación gráfica de las valoraciones de los criterios según expertos, elaboración propia a partir de los datos de la tabla 7-9	103
Figura 7-9: representación de las puntuaciones normalizadas por suma para los criterios de las alternativas, elaboración propia a partir de la Tabla 6-6	104
Figura 7-10: representación de las puntuaciones normalizadas por el porcentaje del total para criterios de las alternativas, elaboración propia a partir de la Tabla 6-7	105
Figura 8-1: Comparación grafica de los pesos, elaboración a partir de la tabla 8-1.....	108
Figura 8-2: Diagrama de caja para los vectores de pesos de entropía y valoraciones de expertos, elaboración propia a partir de los datos de pesos de la tabla 8-1	109
Figura 8-3: Representación gráfica de las puntuaciones para las alternativas en 9 escenarios distintos en los que un criterio distinto es dominante, elaboración propia a partir de puntuaciones y vectores simulados.....	110

Figura 8-4: Flujo de datos propuesto como proceso con roles y actividades sugeridas para automatización, elaboración propia a partir del levantamiento de información de la sección 2	111
Figura 8-5: configuración parcial para el evento de definición de correo electrónico, elaboración propia a partir del uso de la herramienta	113
Figura 8-6: configuración de un conector en la herramienta para un sistema externo con servicios, elaboración propia a partir de la interacción con la herramienta	114
Figura 8-7: Asistente de virtualización y replicación de datos en la herramienta, elaboración propia a partir de la interacción con la herramienta	115
Figura 8-8: Conector de Excel, elaboración propia a partir del uso de la herramienta...	115

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1-1: Relación entre fases y objetivos. Fuente: Elaboración propia	7
Tabla 2-1: Relación de campos exigidos por la plantilla y los sistemas externos requeridos para su obtención. Fuente: Elaboración propia a partir de la figura 2-2 y trabajo de especialización origen	11
Tabla 3-1: Nivel de control del usuario para los servicios en la nube en modalidades distintas para el fabricante Azure, adaptado de (Modi, 2019).....	24
Tabla 3-2: Fabricantes y Suites evaluadas por Forrester Wave para el estudio de Suites para negocios Digitales, adaptado de (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015)	29
Tabla 3-3: Fabricantes y Suites evaluadas para el estudio de Suites para Despliegue Profundo, adaptado de Forrester (Koplowitz, 2019)	33
Tabla 3-4: Criterios y grados de ponderación para los 2 ejes del reporte de suites inteligentes de Gartner, adaptado de (Gartner INC, 2019)	39
Tabla 3-5: Requerimientos de Sistema de Suites listadas en el reporte de Gartner pertinentes en términos de contar con una versión en la nube y presencia en el mercado Colombiano, elaboración propia a partir de la información de cada fabricante	40
Tabla 4-1: Categorías y funcionalidades derivadas de los requisitos funcionales de una Suite BPM Inteligente, adaptado de (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015)	44
Tabla 4-2: Pasos para selección de una herramienta de software, Adaptado de (Jadhav, technology, & 2009)	46
Tabla 4-3: Ejemplo de metodologías base que se combinan con AHP para selección de software, adaptado de (Rojas, Cortes, & Pinzón, 2015).....	48
Tabla 4-4: Factores de adopción de sistemas desde el punto de vista de un marco TOE, adaptado de (Gabryelczyk, 2018)	52
Tabla 4-5: Características de la alternativa 1 como Suite inteligente, elaboración propia a partir de información del fabricante (nombre omitido por temas de confidencialidad).....	54
Tabla 4-6: Características de la alternativa 2 como Suite inteligente, elaboración propia a partir de información del fabricante (nombre omitido por temas de confidencialidad).....	55
Tabla 4-7: Características de la alternativa 3 como Suite inteligente, elaboración propia a partir de información del fabricante para una versión estándar (nombre omitido por temas de confidencialidad)	57

Tabla 5-1: Categorías asociadas a integridad de una suite, adaptado de (Li, Cui, Ma, & Wang, 2012).....	60
Tabla 5-2: Criterios relacionados con funcionalidad, adaptado de (Silva, Poletto, de Carvalho, & Costa, 2014)	61
Tabla 5-3: Criterios examinados para Suites BPM en categorías generales, adaptado de (García, 2013), (Paradkar, 2018) y otros	63
Tabla 5-4: Criterios de fuente secundaria adaptados para realizar ponderación. Elaboración propia a partir de revisión bibliográfica y reportes empresariales (Koplowitz, 2019), (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015) (Wang, Wang, & Mei, 2015) (Li, Cui, Ma, & Wang, 2012)	74
Tabla 6-1: categorías de decisiones, traducido de (Ishizaka & Nemery, 2013)	78
Tabla 6-2: Escala de Saaty para evaluación	80
Tabla 6-3: Métodos de normalización para un vector de valores, adaptado de (Reina & Cortés, 2015)	83
Tabla 6-4: puntuaciones para los criterios de fuente secundaria, elaboración propia a partir de los datos de los fabricantes	87
Tabla 6-5: Matriz de dominancia para las tres alternativas evaluadas en porcentaje	88
Tabla 6-6: Normalización para la tabla 6-3 por porcentaje del máximo e inversión para las variables a minimizar	88
Tabla 6-7: Normalización para la tabla 6-3 por porcentaje del total y aplicando inversión para las variables a minimizar	89
Tabla 6-8: Ejemplo de matriz resultante de la valoración para grupos de criterios de fuente secundaria.....	90
Tabla 7-1: Entropía de los datos y pesos preliminares según esta definición, elaboración propia a partir del método propuesto en (Bakmaz, Bojkovic, & Bakmaz, 2007)	92
Tabla 7-2: Puntuación según normalización en la suma y pesos por entropía, elaboración propia según resultados secciones 6.4 y 7.1	93
Tabla 7-3: Puntuación según normalización por total y pesos por entropía, elaboración propia según resultados secciones 6.4 y 7.1	94
Tabla 7-4: Aplicación de media geométrica en la matriz de criterios de primer nivel para evaluadores, elaboración propia a partir de datos de la encuesta del anexo F.....	96
Tabla 7-5: Valoración de los grupos de criterios del segundo nivel de la figura 7-1, elaboración propia a partir de la síntesis de datos de la encuesta del anexo F.....	96
Tabla 7-6: Valoración de criterios de suite digital del tercer nivel de la figura 7-1, elaboración propia a partir de la síntesis de datos de la encuesta del anexo F.....	99
Tabla 7-7: Valores para prioridades de criterios de Suite digital, elaboración propia a partir de las valoraciones de la tabla 7-6	99
Tabla 7-8: Valoración de criterios funcionales del tercer nivel de la figura 7-1, elaboración propia a partir de la síntesis de datos de la encuesta del anexo F.....	100
Tabla 7-9: Valores para prioridades de criterios funcionales, elaboración propia a partir de las valoraciones de la tabla 7-8	100
Tabla 7-10: Valoración de criterios de apropiación del tercer nivel de la figura 7-1, elaboración propia a partir de la síntesis de datos de la encuesta del anexo F.....	101

Tabla 7-11: Valores para prioridades de criterios de apropiación, elaboración propia a partir de las valoraciones de la tabla 7-10	102
Tabla 7-12: prioridades de criterios según la valoración de expertos, elaboración propia a partir de los valores de las tablas 7-7, 7-9 y 7-11	103
Tabla 7-13 : Puntuación según normalización en la suma y valoraciones de expertos, elaboración propia según resultados secciones 6-4 y 7-2	105
Tabla 7-14: Puntuación según normalización por total y pesos dados por la valoración de expertos, elaboración propia según resultados secciones 6-4 y 7-2.....	106
Tabla 8-1: comparación prioridades, elaboración a partir de Tabla 7-1 y Tabla 7-12 ...	108
Tabla 8-2: Roles para el flujo de datos automatizado propuesto, elaboración propia a partir del diagrama de la figura Figura 8-3	112

Lista de Símbolos y abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura Término

<i>AHP</i>	Analytic Hierarchy Process / Proceso analítico jerárquico
<i>ANN</i>	<i>Analytic Neural Networks</i> / Redes Neuronales Analíticas
<i>BPM</i>	Business Process Management / Gestión de Procesos de Negocio
<i>BAM</i>	Business Activity Monitoring / Monitoreo de Actividades de Negocio
<i>BPMN</i>	Business Process Model and Notation / Modelo y Notación de Procesos de Negocio
<i>BPMS</i>	Business Process Management Suite / Herramienta software para la gestión de procesos de negocio
<i>BPEL</i>	Business Process Execution Language / Lenguaje de Ejecución de Procesos de Negocio
<i>CBR</i>	Case Based Reasoning / Razonamiento basado en casos
<i>CRM</i>	Customer Relationship management / Gestión de las relaciones con clientes
<i>CSF</i>	Critical Success Factors / Factores críticos de éxito
<i>ERP</i>	Enterprise Resource Planning / Sistema de planificación de recursos Empresariales
<i>FAHP</i>	Fuzzy Analytic Hierarchy Process / Proceso analítico jerárquico difuso
GDPR	General Data Protection Regulation / Reglamento general de protección de datos
HERMES	Nombre dado al sistema de información para apoyo de información de investigación y laboratorios de la Universidad Nacional de Colombia

HKBS	Hybrid Knowledge Base system / Sistemas de bases híbridas de conocimiento
IAAS	Infrastructure as a Service / Infraestructura como Servicio
IT	Information Technology / Tecnologías de Información
MCDA	Multicriteria Decision Analysis / Análisis de decisiones Multicriterio
PAAS	Platform as a Service /Plataforma como Servicio
QSOS	Qualification and Selection of Open Source software / Calificación y Selección de Software Opensource
RBR	Rule Based Reasoning /Razonamiento basado en Reglas
RPA	Robotic Process Automation / Automatización robótica de procesos
SOA	Service Oriented Architecture / Arquitectura Orientada a Servicios
SAAS	Software as a Service / Software como Servicio
SNIES	Sistema Nacional de la educación
TCO	Total Cost of Ownership / Costo Total de Propiedad
TOPSIS	Tecnique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution / Técnica para orden de preferencias por similitud a la solución ideal

Introducción

La aplicación de los sistemas de información abarca múltiples dominios, incluyendo, la implementación de plataformas que puedan soportar procesos de negocios.

La gestión de procesos de negocio en sus inicios, fue concebida bajo el concepto de gestión de flujos (Workflow Management) y su aplicación estuvo centrada principalmente en la automatización de procesos en el cual existía el supuesto de tener un gran número de tareas mecánicas dejando de lado la atención a los factores humanos y de gestión que la automatización no contemplaba enteramente (WMP Van Der Aalst, 2013). Actualmente ha evolucionado al pasar de ser un área relacionada con la reingeniería de procesos (tal como fue formulada en la década de los 90) a ser un factor determinante a nivel operativo y estratégico dentro de las organizaciones, que sigue en constante evolución. Una evidencia de esto, y a su vez, un factor diferenciador respecto a otros sistemas de información es la capacidad de integrar nuevas tecnologías para ampliar su oferta a través de esquemas como la minería de procesos, que permite a un sistema BPM descubrir información de procesos e incorporar dicha información a sus métricas de mejora o a través de nuevas funcionalidades como la robotización de procesos con lo cual se busca poder reducir la interacción humana en procesos repetitivos mediante técnicas de inteligencia artificial y aprendizaje de máquina.

De lo anterior, resulta evidente que el soporte tecnológico para la implementación de BPM en una organización este representado en una herramienta tipo software, que, si bien admite distintos niveles de personalización y ofrece funcionalidades extendidas como las mencionadas en términos de incorporar técnicas de aprendizaje supervisado, ha llevado a clasificarlos en una categoría distinta denominada Sistemas de gestión de procesos de Negocios (BPMS), también referidos como Suites BPM.

La tarea de seleccionar estas herramientas de Software, al tener múltiples características, define un escenario de selección que puede ser considerado desde el punto de vista de toma de decisiones. Como se muestra en la sección 4 del documento,

en el cual se repasan algunas metodologías de selección, varias de ellas se enmarcan en técnicas de Análisis Multicriterio y una buena cantidad de documentos convergen en el proceso analítico jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés). Esta lista de trabajos, se especializan en una gama amplia de sistemas de información que van desde paquetes académicos de software hasta aplicaciones empresariales como los CRM y ERP, no obstante, la revisión de literatura arroja muy pocos resultados en cuanto a la aplicación de metodologías de Selección para Suites BPM.

Para la construcción de un modelo de estas características debe considerarse también que la cantidad de criterios de comparación y las operaciones derivadas pueden ser bastante amplias, así que es conveniente definir aplicaciones tipo software que apoyen la construcción. Con base en lo anterior, a nivel de aplicaciones, para el desarrollo de este trabajo se tienen a disposición herramientas como Matlab, la cual es empleada para el cálculo de ponderaciones, generación de gráficos auxiliares y consolidación de matrices que sirven como insumo para la herramienta que implementa el cálculo de matrices que componen el modelo AHP. En concordancia con lo anterior, se tienen como opciones principales a las aplicaciones Expert Choice y Superdecisions, y posteriormente, se elige esta última al constatar que puede hacerse uso completo para uso personal (esta herramienta es de libre acceso registrándose previamente en el sitio Web). Además, para esta herramienta, creada por Thomas L. Saaty, conocido ampliamente por ser el creador del método AHP, en compañía de Rozann Saaty, se verifica no solamente que existe soporte para proceso analítico jerárquico, sino la existencia de funcionalidades adicionales para toma de decisiones.

El presente documento, posterior a la presentación de la propuesta académica, muestra una contextualización de las Suites BPM en el cual se toma como referencia principal dos estudios de las consultoras más grandes del mercado para definir que fabricantes constituyen la oferta principal, y a partir de eso, se incorporan factores de influencia a nivel local para obtener aquellos que son pertinentes para el contexto local que servirán como las alternativas principales. Posteriormente esta información alimenta los criterios de selección base que permiten la construcción de un modelo sobre el cual debe tomarse una decisión de selección que debe ser analizada en términos de consistencia y posible implementación

1. Estructura de la propuesta

Este trabajo busca abordar de forma sistemática la selección de una herramienta de automatización de procesos, el cual se diferencia de otros sistemas de información no solo por contar con una fuerte asociación a los entornos empresariales al definir lineamientos para la transformación digital de los procesos de una organización, sino que además, permite alinear los objetivos y procesos de negocio (de carácter misional) a la estrategia. Teniendo en cuenta lo anterior, la revisión de fuentes respectiva contempla literatura sobre toma de decisiones, selección de software y gestión de procesos de negocio, en donde se resalta la existencia de objetivos de negocio que, si bien varían dependiendo de la naturaleza de la organización, son aplicables a cualquier tipo y permiten definir indicadores y parámetros de mejora. En esta sección se presenta también el contexto y antecedentes del problema que permiten posteriormente orientar el problema de investigación y establecer una serie de objetivos que se relacionan con las actividades cuyos resultados se traducen en el cuerpo de esta publicación

1.1 Antecedentes

El impacto que los sistemas de información pueden llegar a tener en una organización va más allá de servir como soporte de funciones misionales y no misionales si se tiene en cuenta que la organización en mención puede darles un uso que les permita asumir un rol habilitador en temas estratégicos (Gurbaxani & Whang, 1991). Lo anterior es coherente con la definición dada por Laudon & Laudon (Laudon, Laudon, Vidal Romero Elizondo, & Solares Soto, 2016) según la cual, los sistemas de información están constituidos por un conjunto de componentes interrelacionados que incorporan funciones de captura, almacenamiento, procesamiento y distribución de información, para apoyar la toma de decisiones y el control de una organización.

La aplicación de dichos sistemas incluye diferentes dominios que permiten establecer una clasificación en la literatura. En particular, aquellos que se ocupan de los procesos de negocios, así como de la definición, administración, personalización y evaluación de tareas derivadas se denominan Sistemas de gestión de procesos de negocio (BPMS, por sus siglas en inglés) (Karagiannis & Dimitris, 1995) y responden a la necesidad de servir como soporte a la gestión de procesos de negocio (BPM por sus siglas en inglés), un área que tiene origen en la reingeniería de procesos formulada en la década de los 90 y

que si bien originalmente buscaba hacer énfasis en el uso de la tecnología como un elemento clave en propiciar la gestión y el cambio en los procesos (Chang, 2016) , hoy ha evolucionado a ser un factor determinante a nivel operativo, normativo y estratégico dentro de las organizaciones.

1.1.1 Nivel Nacional

Si bien en la literatura local se tienen estudios sobre la aplicación de sistemas BPMS, se encuentra que varios de ellos hacen alusión a segmentos empresariales como las pymes como el realizado recientemente (Gómez Cepeda, 2019), según el cual es claro que debe hacerse énfasis la definición de factores críticos que puedan ser ponderados en marcos de evaluación, pero no se sugiere un sistema de información que apoye la implementación. Entre los estudios aplicados revisados por instituciones que operan en nuestro país se encuentran sectores como las aseguradoras (Huertas Gómez, 2017) y el sector manufacturero (Mejia, Arias, Mayorga, Rincon, & Martinez, 2011) en donde para el primer caso se encuentra que el enfoque se centra en la identificación y redefinición de procesos partiendo de una herramienta BPMS que ya está implementada y de una herramienta elegida solamente por requisitos funcionales (integración vía Web services) para el segundo caso, en donde no se indaga a profundidad sobre la elección del BPMS y en una de las conclusiones se deja abierta la posibilidad de buscar una integración a nivel de base de datos que en principio podría ser un criterio para el cual otro BPMS tendría una ponderación mayor para su elección.

1.1.2 Nivel Local

Al revisar los trabajos de grado realizados en la facultad referentes a la aplicación de BPM, se encuentra un documento que propone diagramas de proceso referentes a un marco motivacional robusto y extenso (Collazos, 2016) sin hacer alusión a una herramienta BPMS sobre el cual pudiera desarrollarse un esquema de validación complementario al descrito en el documento, y un trabajo que se centra en la transformación de procesos derivados de software hacia una representación en lenguaje BPMN (Cruz Rojas, 2013) cuyo alcance también excluye la implementación de los procesos resultantes dentro de un sistema BPMS.

1.2 Problema de Investigación

Alcanzar los objetivos de negocio de una organización usualmente involucra una serie de roles y procesos que al ser caracterizados, permiten introducir mejoras sustanciales en los indicadores estratégicos de la misma. Los beneficios que se obtienen al implementar BPM dentro de una organización contemplan una serie de factores, entre los cuales, es posible destacar los siguientes (Harvey, 2005):

- Incrementar la Productividad y con esto la satisfacción de los usuarios
- Mayor flexibilidad en el uso de recursos humanos para resolver problemas
- Simplificar regulaciones y servir de soporte en el cumplimiento de estándares

Aun cuando los beneficios mencionados poseen indicadores que son cuantificables, no todas las implementaciones de un sistema de información son exitosas, y ante este panorama, la elección de una herramienta debe reflejar el cumplimiento de una lista de elementos (apoyo de la alta gerencia, satisfacción con los sistemas de información existentes, nivel de alineación con los objetivos, desempeño, cultura de adaptación al cambio, entre otros) que promuevan la creación de un entorno que conduzca a una adopción satisfactoria del sistema.

La selección de un sistema de Información es de suma importancia y su correcta adopción promueve beneficios operativos que pueden incidir en el rumbo estratégico de una organización (más aun tratándose de una herramienta de gestión de procesos), la cual no sólo se limita a áreas tradicionales del sector privado, sino que además, puede ser implementada y evaluada en otros sectores.

1.3 Objetivos definidos para el trabajo

A continuación, se listan los objetivos trazados para el trabajo final en donde se tiene como base una metodología de toma de decisión aplicada a la selección de software

1.3.1 Objetivo General

Aplicar un método de análisis multicriterio como soporte de toma de decisión frente a la viabilidad de implementar un sistema BPMS.

1.3.2 Objetivos Específicos

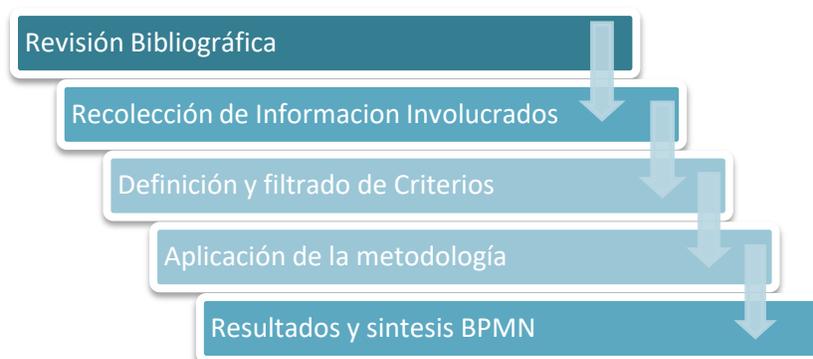
Se tienen los siguientes objetivos específicos:

- (1) Comparar una lista de BPMS disponibles en el mercado colombiano
- (2) Realizar un análisis de alternativas
- (3) Identificar los criterios a tener en cuenta a la hora de seleccionar un sistema BPMS con base en una definición de categorías
- (4) Aplicar una metodología de toma de decisión que se ajuste al problema de selección descrito y permita definir cuál sería el BPMS más apropiado
- (5) Analizar los resultados de la decisión

1.4 Metodología inicial

La metodología empleada consta de 5 fases que se muestran a continuación:

Figura 1-1: Fases de la metodología empleada para el desarrollo de trabajo



Fuente: elaboración propia de acuerdo al planteamiento del proyecto

De las 5 fases mostradas, cabe resaltar que la primera y la tercera fase se realimentan a fin de complementar la información necesaria para llegar a la fase 4 (aplicación de la metodología). La tabla siguiente muestra una relación entre las fases y los objetivos:

Tabla 1-1: Relación entre fases y objetivos. Fuente: Elaboración propia

Fase	Objetivos	Descripción	Resultado esperado
1. Revisión Bibliográfica	1, 2 y 3	Realizar una búsqueda sistemática de información	Estado del Arte y lista de requerimientos
2. Recolección de Información por parte de Involucrados	3	Obtener información por parte de expertos en el sistema de información y en los procesos de la dependencia seleccionada	Información sistematizada para determinar criterios
3. Definición de criterios	2 y 3	Con la recopilación de información determinar criterios para alimentar un modelo de selección	Elementos para alimentar el modelo de selección
4. Aplicación de la Metodología	4	Aplicar el modelo de decisión de acuerdo a las condiciones actuales	Modelo de decisión / Resultados de la selección
5. Resultados análisis de decisión	5	Definir las condiciones para implementación tentativa de la suite y sus beneficios	Modelo de un proceso aplicable / Lineamientos implementación

1.5 Factores asociados al interés del Proyecto

De acuerdo a la experiencia profesional del estudiante de maestría quien actúa como proponente de este trabajo, resulta evidente que la selección de un sistema de Información que pueda ser útil en términos de apoyar la estrategia en una corporación es un tema muy importante en el contexto de la transformación digital de las empresas en el cual no sólo hace parte la integración de tecnologías sino también la incorporación de procesos de mejora continua en un mercado globalizado que cada vez es más ágil y exige factores distintivos para sobrevivir en un mercado competitivo

Adicionalmente, conviene tener en cuenta el carácter estratégico que una herramienta BPM puede tener y para ello un proceso de selección alrededor del software o sistema de información asociado debe ser sistemático, e idealmente, no debe estar limitado a temas presupuestales.

Sobre este último punto, si bien los costos constituyen en algunas ocasiones un factor determinante, sesgar la toma de decisión a este único factor conlleva a tomar decisiones parciales que puede conducir a implementaciones fallidas, lo cual, puede limitar implementaciones futuras al reducir el presupuesto o derivar en otras situaciones que reducen valor y productividad, como por ejemplo, usar una herramienta incorrecta para justificar las malas decisiones en torno a la adquisición de algún software.

Por otra parte, para el estudiante que redacta esta sección en calidad de investigador, existe una perspectiva particular de las herramientas otorgada desde un punto de vista técnico que es importante ampliar entendiendo la presencia de otros factores (y su naturaleza), de tal forma que puedan ser aplicados y resulten pertinentes dentro de una organización a la hora de iniciar un proceso de evaluación y compra de software

2. Definición del caso

En este capítulo se presenta el caso de estudio, el cual no sólo da un contexto de la organización objetivo para la implementación sino que además permite identificar algunas características deseables de la solución.

2.1 Aproximación a los requisitos

El presente trabajo tiene como foco determinar una herramienta que sea factible para atacar problemas específicos derivados del proceso de procesamiento y consolidación de información y que son detectados en una dependencia de la Universidad Nacional de Colombia –Sede Bogotá

2.1.1 Identificación

Contar con información de una organización es clave para determinar el estado actual de la misma y poder tomar decisiones. Para ello, el primer paso es determinar el tipo de información antes de proceder a procesarla. Una clasificación básica se ofrece en la figura siguiente:

Figura 2-1: Medición de datos en distintos niveles, adaptado de (Black, 2010)



La tarea de recopilar y medir además de ser el núcleo de ramas de estudio como la estadística descriptiva (Black, 2010), implica la creación de áreas especializadas para el procesamiento de información. Para el caso de la Universidad, la vicerrectoría académica ha dispuesto para este fin al área de indicadores que no sólo se encarga de elaborar reportes para publicaciones que se divulgan a nivel interno sino que además en el marco de entidades públicas debe recopilar y consolidar información para ser difundida a entidades supervisoras y de orden nacional como el sistema de información SNIES (Análisis de la interoperabilidad entre el Sistemas de Información HERMES y los Sistemas de Información QUIPU, SIA y SARA de la Universidad Nacional de Colombia, 2018). Dadas las necesidades de información, el área tiene varias fuentes de información representados en repositorios y orígenes de datos pertenecientes a sistemas de información de terceros.

2.1.2 Necesidades operativas y de integración

En el área mencionada se tienen las siguientes necesidades derivadas de las operaciones y requerimientos de información:

- Centralizar datos provenientes de orígenes diversos que incluyen bases de datos, archivos de Excel, archivos separados por comas, archivos de texto plano y otros archivos que se exportan de sistemas de información académicos
- Preprocesamiento de datos para archivos en los que existen datos faltantes
- Consolidar archivos que provienen de fuentes que solo admiten descarga parcial de archivos (por ejemplo, en las bases que limitan el número de registros a límites por consulta y por cantidad de registros por día)
- Obtención de datos de plataformas web que no ofrecen la posibilidad de ser consultadas directamente, sino a través de solicitudes GET

De esta última tarea se resalta que para algunos sistemas las solicitudes GET no están soportadas como un servicio y requieren diligenciar campos en un formulario, lo cual obliga a que la tarea sea manual y repetitiva.

Adicionalmente se tienen otro tipo de tareas en las que el equipo debe ajustarse a plantillas en Excel, en donde la plantilla no valida los tipos de datos y por el contrario se deben seguir lineamientos dados en una guía que es difundida por la entidad externa en

un formato PDF. A modo de ejemplo, el siguiente diagrama presenta asociaciones encontradas por los autores del estudio de 2018 para una de las plantillas, en donde al revisar entidades como las marcadas con el sufijo _integrantes resulta evidente que un único sistema de información no puede suministrar todos los datos ya que una sola plantilla puede involucrar campos diversos

Figura 2-2: Asociación de datos para una de las plantillas requeridas por el SNIES sobre proyectos y grupos académicos, adaptado a partir del trabajo de especialización (Análisis de la interoperabilidad entre el Sistema de Información HERMES y los Sistemas de Información QUIPU, SIA y SARA de la Universidad Nacional de Colombia, 2018)

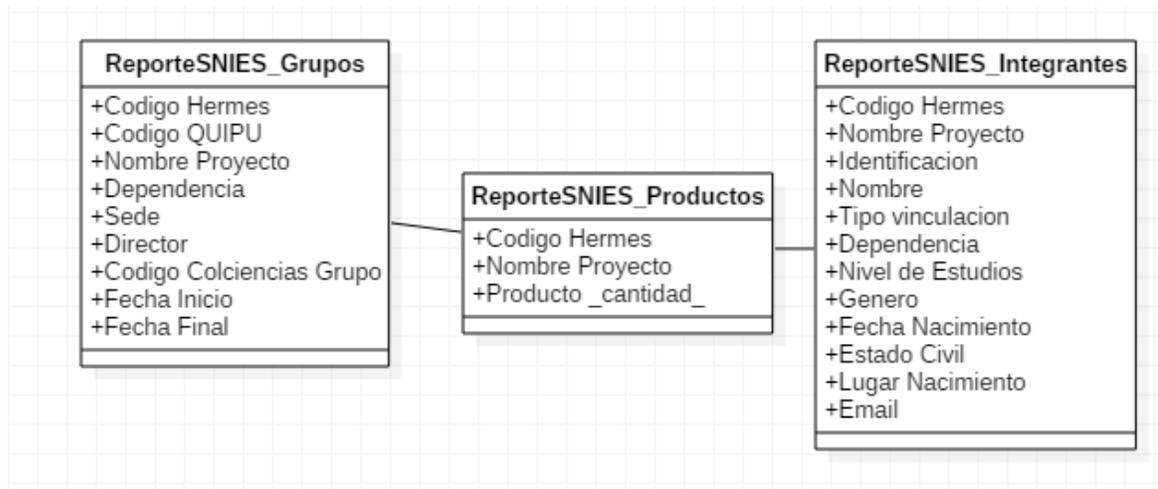


Tabla 2-1: Relación de campos exigidos por la plantilla y los sistemas externos requeridos para su obtención. Fuente: Elaboración propia a partir de la figura 2-2 y trabajo de especialización origen

Campo de tabla	Fuentes Sugeridas	Accesibilidad
Código Hermes	Sistema Hermes	Vía web
Nombre de Proyecto	Sistema Hermes / QUIPU	Vía web / interfaz escritorio
Identificación	Sistema SIA/ CvLac /SARA	Vía web
Nombre	Sistema SIA/ CvLac / SARA	Vía web
Tipo de Vinculación	CvLac (Scienti)	Vía web
Dependencia	CvLac (Scienti)	Vía web
Nivel de estudios	CvLac (Scienti)	Vía web
Genero	CvLac (Scienti)	Vía web
Fecha de nacimiento	CvLac /Registraduria	Vía web
Estado Civil	CvLac (Scienti)	Vía web
Lugar de Nacimiento	CvLac /Registraduria*	Vía web
Email	CvLac / SIA	Vía web

De la tabla 2-1 se evidencia que la gobernanza de los datos es compartida para algunos de los datos que no fueron solicitados originalmente o no eran de diligenciamiento obligatorio en la mayoría de sistemas académicos en años anteriores tal como sucede con la fecha de nacimiento, y por ello pueden requerir de fuentes gubernamentales o de sistemas que no son de libre acceso, lo cual impone restricciones para el equipo de analistas.

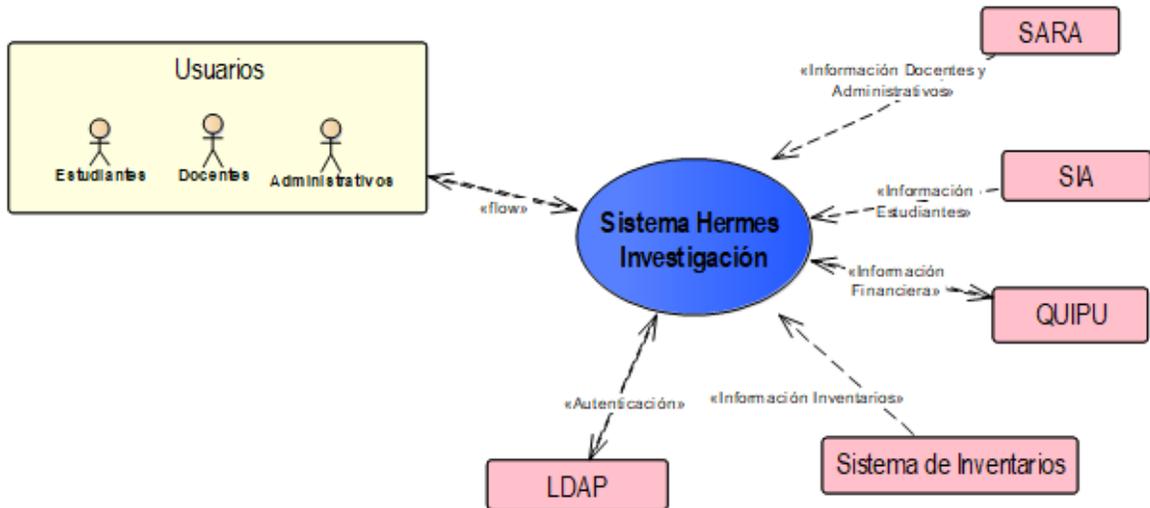
2.2 Vista general de sistemas de información involucrados

Para el problema de reporte de información mencionado en la sección anterior se tiene un conjunto de fuentes de datos compuestas por sistemas de información accesibles dentro del dominio institucional de la Universidad Nacional de Colombia y de algunos sistemas externos cuyo acceso a la información debe solicitarse vía correo o en casos más restrictivos mediante una comunicación escrita cuyo formato de respuesta va desde un archivo de texto plano hasta un backup de base de datos. En esta sección se hace énfasis en el primer grupo de sistemas en donde se tiene al sistema Hermes como sistema principal y sobre el cual se busca a mediano plazo centralizar la información alrededor de su funcionamiento, en donde un directorio activo (LDAP) es usado para la autenticación de usuarios registrados. Vale la pena mencionar que dichos sistemas solo están integrados parcialmente, a pesar de contar con una arquitectura de capas basada en java que eventualmente podría ser usada para una integración a nivel de datos y servicios. Una breve descripción para cada sistema es dada a continuación

2.2.1 Sistema Hermes

La interacción general de este sistema es mostrada a continuación:

Figura 2-3: Diagrama de contexto para el sistema Hermes y su interacción con sistemas internos asociados, obtenido de (Daza & Sierra, 2018)



Tal como se evidencia en la figura 2-3, Hermes como sistema de información propiedad de la Universidad Nacional, es un sistema al que tienen acceso distintos roles dentro de la comunidad académica que es administrado de manera centralizada por la Vicerrectoría de Investigación, en donde se ingresan los registros de actividades como:

- Investigación
- Extensión
- Movilidad
- Convocatorias
- Información de laboratorios
- Datos de propiedad intelectual

2.2.2 Sistema DNINFOSIA (SIA)

El sistema apoya la gestión administrativa y académica de la Universidad al soportar información de cursos, estudiantes y entidades relacionales derivadas. Es administrado por la dirección nacional de información académica que a su vez tiene a cargo la información para el reporte de los Módulos de programas académicos y población.

Según se referencia en el trabajo de especialización que se tiene como fuente principal para esta sección, varios de los problemas con este sistema no provienen de un tema de especificación inicial de requerimientos sino de un cambio en las directrices del ministerio de educación sobre la información requerida que hace que los campos que se cruzan para este sistema cambien de un año a otro y que un reporte construido a partir de consultas de base de datos no sea una solución permanente

2.2.3 Sistema QUIPU

Este es el sistema a la medida (no estandarizado en el mercado, lo cual tiene implícitas una serie de limitaciones en cuanto a exportación de datos) para la programación y gestión de la información que incluye las operaciones financieras y administrativas de la Universidad, cuya administración está a cargo de la Gerencia Administrativa y Financiera, quien a nivel de jerarquía institucional responde por el módulo financiero

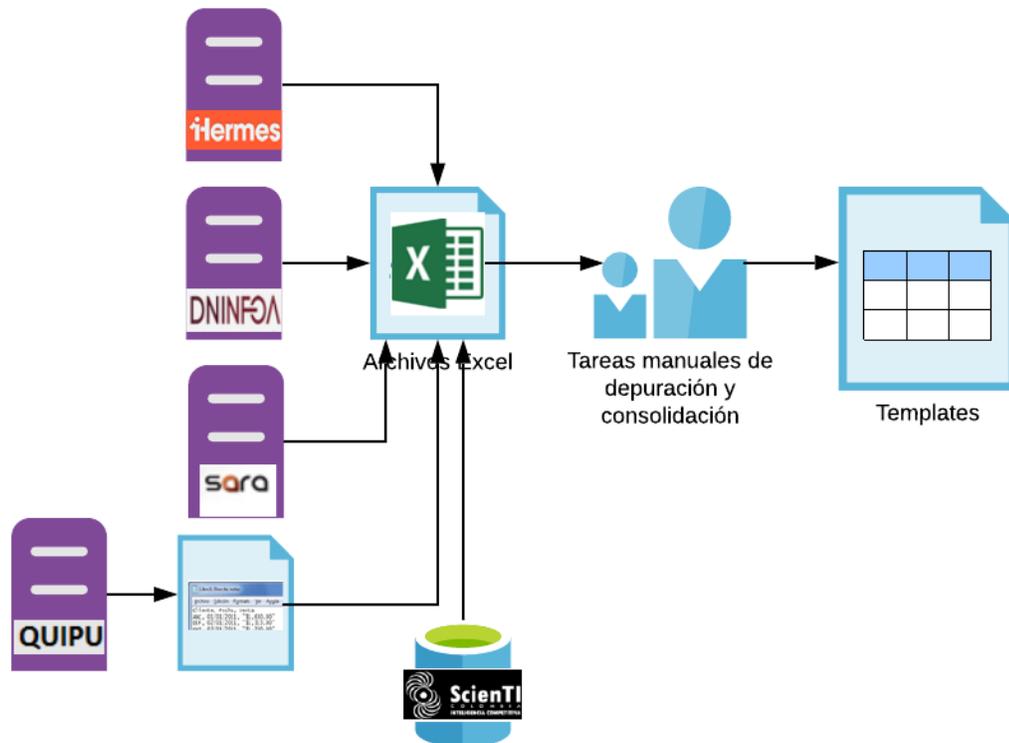
2.2.4 Sistema SARA

Contiene la información de talento humano y es administrada por el grupo de Gestión de la Información de Talento Humano de la Dirección Nacional de Personal. Para obtener la información se recurren a consultas SQL sobre la capa de datos del sistema y por tanto es una necesidad manifiesta establecer una forma de automatizar dicho proceso

2.3 Requisitos funcionales para una solución

Para el problema particular del reporte detallado previamente, el flujo de información desde las fuentes originales hasta la generación de los archivos que el ente externo exige se resume en la figura siguiente:

Figura 2-4: flujo de datos para obtención del reporte SNIES, adaptado del trabajo de especialización (Análisis de la interoperabilidad entre el Sistema de Información HERMES y los Sistemas de Información QUIPU, SIA y SARA de la Universidad Nacional de Colombia, 2018)



De acuerdo a la experiencia profesional del proponente y los limitantes observados, existen una serie de requisitos funcionales que una herramienta BPM puede suplir sobre el escenario mostrado para el caso planteado que incluyen:

- Contar con un integrador de Excel que permita mapear los campos de una aplicación a otra automáticamente y permitir la importación y exportación sobre el mismo tipo
- Ofrecer la posibilidad de virtualizar o replicar datos de una base de datos de Oracle (y de forma opcional de otros motores de bases de datos)
- Exponer una capa de integración (SOA o REST) que permita aprovechar los servicios de los sistemas de información (en caso de existir)

- Ofrecer una interfaz gráfica amigable que sea fácil de usar ya que inicialmente su uso estaría enfocado en una necesidad bastante específica y por ello la herramienta debería ser bastante intuitiva. Además la documentación asociada debería ser de fácil acceso

Adicionalmente se identifican dos características opcionales que podrían ser útiles en términos de optimización:

- Analítica de datos: permitiría ver estadísticas en caso de automatizar tareas
- Automatización de tareas repetitivas: este punto, el cual podría ser manejado a partir de automatización robótica de procesos, podría ser aplicado a las tareas repetitivas y manuales que no pueden ser caracterizadas tales como las consultas por identificadores en las cuales el ID de consulta GET requiere ser obtenido de una página con formularios

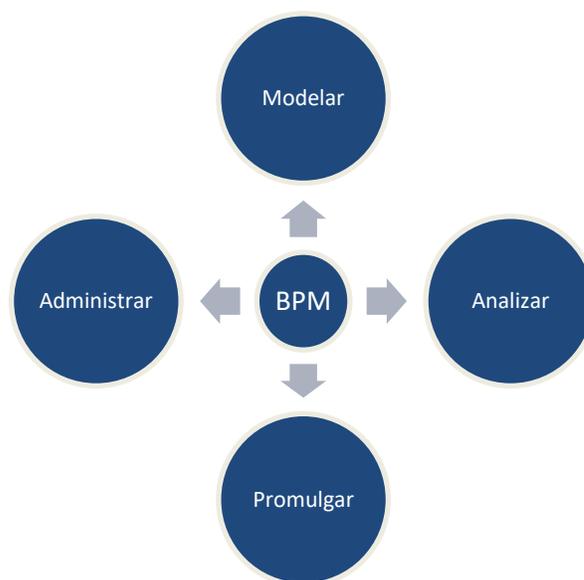
3. Suites BPM y Mercado Colombiano

Este capítulo busca dar una perspectiva general de las herramientas BPM, para lo cual examina en primera instancia la definición de gestión de procesos de negocio, los ciclos soportados por una herramienta partiendo de estas definiciones y las arquitecturas existentes en el mercado. Al revisar las arquitecturas, es posible comparar también modelos de negocio de algunos fabricantes que dentro del contexto de un mundo globalizado buscan soportar la estrategia digital de sus clientes dentro de un mercado compuesto por múltiples sectores que en la última década han aumentado la cantidad de procesos y datos migrados hacia la nube. En relación con los objetivos fijados para este trabajo, el presente capítulo se centra en el primero al definir y establecer una comparación de herramientas BPM tomando como referencia aspectos teóricos y datos de consultoría obtenidos de reportes especializados

3.1 Gestión de Procesos de negocio

Una definición básica de gestión de procesos de negocio consiste en considerarlos como una cadena o secuencia coordinada de actividades en función de la búsqueda de un objetivo de negocio, el cual puede ser un bien o servicio (WMP Van Der Aalst, 2013).

Figura 3-1: Actividades básicas en BPM, adaptado de (WMP Van Der Aalst, 2013)

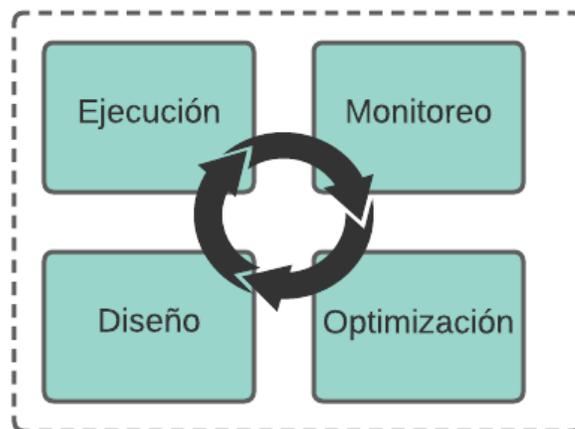


En un sentido más estricto, esta cadena constituye un conjunto de métodos y herramientas enmarcados dentro de un sistema de información que permite analizar y controlar procesos de una organización con el fin de dar valor y alinearlos a los objetivos de negocio. Este conjunto se centra en 4 actividades básicas, mostradas en la figura 3-1. De acuerdo a la figura en mención, visto desde una perspectiva estratégica, la gestión de procesos define un esquema que se compone de cuatro actividades básicas que no sólo hacen referencia a los procesos sino también a actividades e información derivada:

- Modelar: proveer una abstracción de una situación a un proceso
- Promulgar: consiste en controlar y soportar casos concretos
- Analizar: examinar el contexto de una situación para extraer información
- Administrar: seguimiento a procesos y actividades

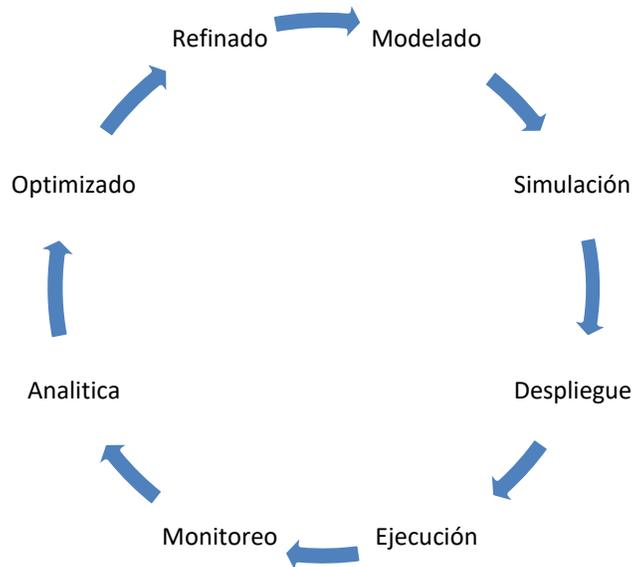
A nivel de procesos, es posible distinguir las siguientes fases en el ciclo de vida, en el cual está implícito el concepto de implementación:

Figura 3-2: Fases en el ciclo de Vida de BPM que contribuyen a la mejora continua



El ciclo anterior se relaciona con un proceso de mejora continua en el sentido de partir de una especificación sobre la cual se ejecuta, se crean indicadores que puedan ser monitoreados y posteriormente mejorados. Finalmente sobre la optimización es posible diseñar un proceso mejorado con lo cual el ciclo puede iterar nuevamente. Un ciclo extendido, derivado de requerimientos de consultoría, se presenta en la figura 3-3, en el cual se resaltan fases que resultan de la madurez como la simulación y la analítica:

Figura 3-3: Fases ampliadas de BPM. Adaptado de (Meidan, García-García, ..., & 2017)



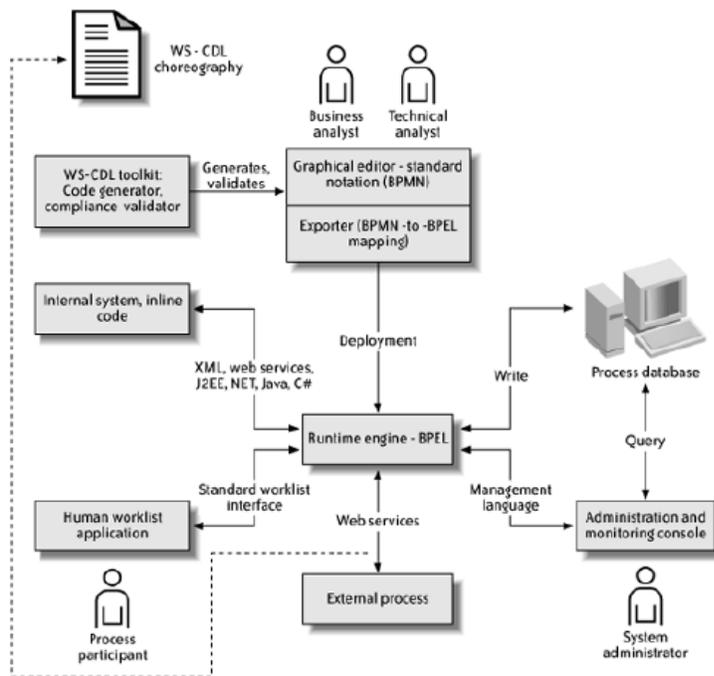
Las fases que se resaltan, según un orden lógico de implementación, se listan a continuación:

- Descubrimiento (fase previa al modelado, implícita en el diagrama)
- Modelado
- Simulación
- Despliegue
- Ejecución
- Monitoreo
- Analítica
- Optimización
- Refinamiento

3.2 Arquitectura de una Suite

Desde un punto de vista funcional, una suite BPM con un buen diseño debe poseer un esquema funcional similar al mostrado en la siguiente estructura (Harvey, 2005):

Figura 3-4: Arquitectura mínima deseable de una suite BPM con un motor central de ejecución, módulos de interacción, administración, despliegue e integración (Web Services)



Fuente: tomado de (Harvey, 2005)

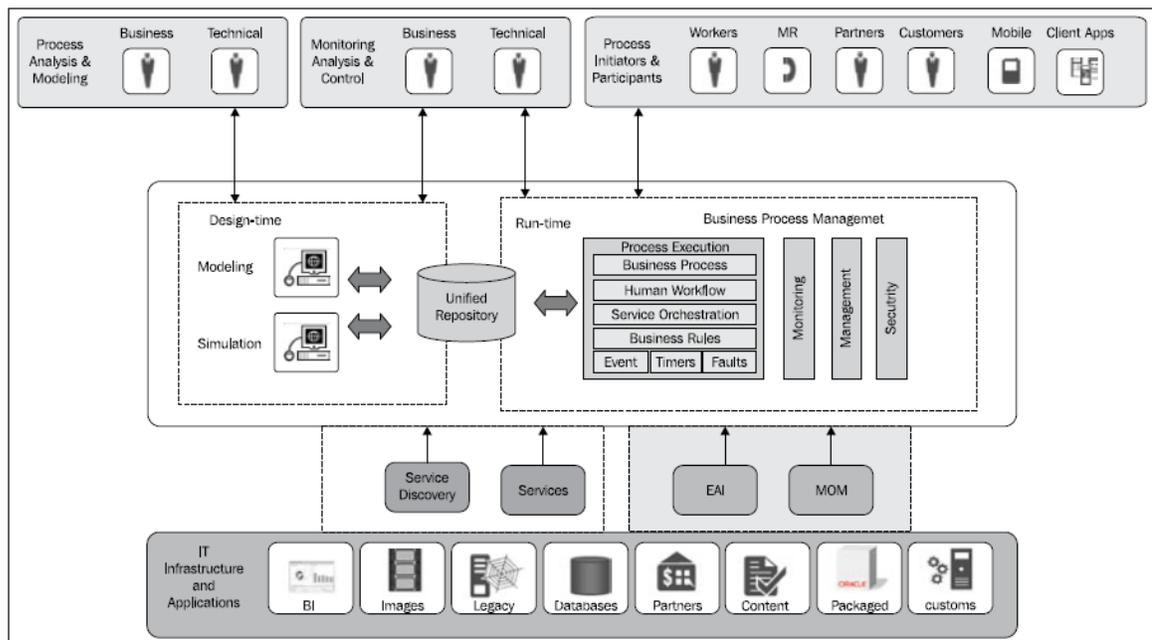
Algunos de los módulos destacados de acuerdo a la figura 3-4 son los siguientes:

- Motor de procesamiento BPEL: es el componente central de la arquitectura y actúa como servidor
- Despliegue: incluye un editor gráfico que cumple con la notación estándar BPMN y un módulo de exportación que permite traducir los diagramas a un lenguaje de ejecución (BPEL) que sea compatible con el motor de procesamiento central
- Módulos de Integración externa: permiten conectar la aplicación con otros sistemas de información, y están basados en servicios Web
- Servicios internos: Permiten la integración interna y trabajar con distintas tecnologías según el tipo de aplicación (mensajería, intercambio de datos, etc)
- Base de datos: Constituye la capa de almacenamiento de datos y dependiendo de la Suite, permite ser administrada de forma independiente a través de una consola o ser manipulada mediante un módulo de reportes

3.2.1 Arquitectura tradicional

La arquitectura mostrada está estructurada en una forma general, y cada fabricante define la interacción de los componentes de acuerdo al tipo de funcionalidades ofrecidas, segmentos de clientes u otros factores. Un ejemplo se tiene en la suite Oracle BPM 11g (Buelow, 2010), en donde la capa media define buena parte de la arquitectura y la interacción de los roles con los módulos está implícito en el diseño de la aplicación, tal como se evidencia en la figura 3-5:

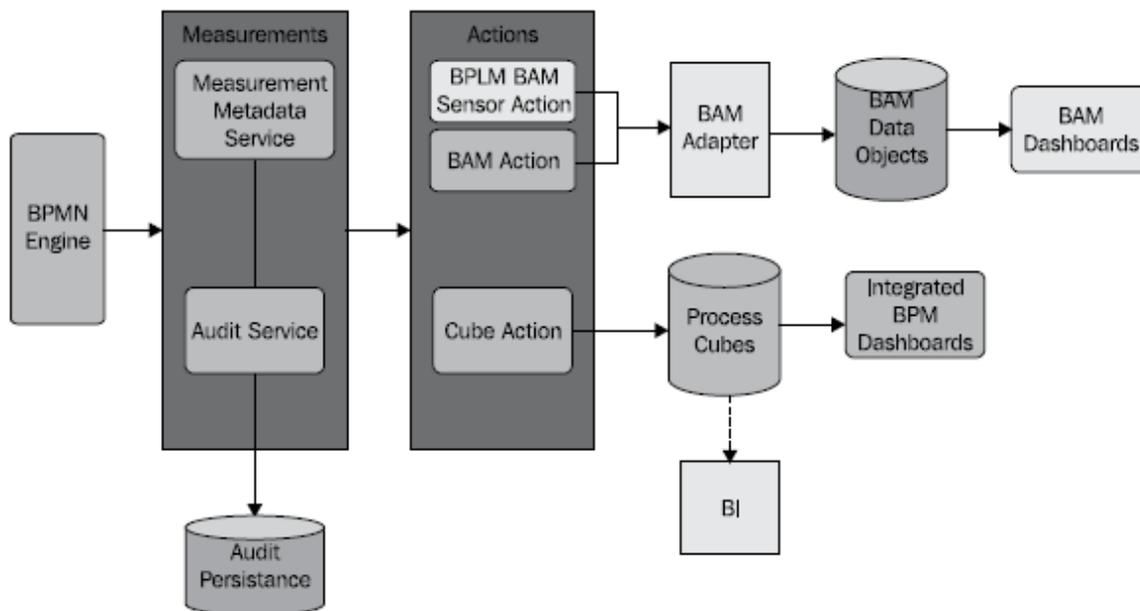
Figura 3-5: Arquitectura de la suite Oracle BPM 11g, basada en un repositorio unificado, una capa media que comunica otros módulos y servicios de integración



Fuente: tomado de (Buelow, 2010)

Existen módulos específicos que se derivan de esta arquitectura (o constituyen herramientas complementarias, de acuerdo a la oferta de cada fabricante) tales como el monitoreo de Actividades de Negocio (BAM), el cual involucra la implementación de un sistema que sirva para dar acceso en tiempo real a los indicadores críticos de desempeño del negocio a fin de mejorar el rendimiento. Como se muestra en la figura siguiente, dicho sistema está soportado en bases de datos y módulos para la obtención de indicadores

Figura 3-6: Arquitectura del módulo de monitoreo integrado con el de analítica de proceso para una Suite de Oracle en donde se usa la información de métricas de procesos obtenidas de servicios para indicadores y reportes. Tomado de (Buelow, 2010)



3.2.2 Arquitectura en la Nube

La arquitectura en la nube está basada en sistemas distribuidos y virtualizados que constan de alta disponibilidad y están conectados a través de redes con redundancia a lo cual pueden añadirse otras características como la escalabilidad y la capacidad de integración relacionados con la gestión de sistemas complejos de TI. Cabe resaltar también que su desarrollo ha permitido esbozar lineamientos para el desarrollo de la próxima generación de la industria que tiene su foco en esta y otras tecnologías tales como el internet de las cosas (IOT por sus siglas en inglés), dispositivos inteligentes y los mismos sistemas BPM (Xu, Xu, & Li, 2018) lo cual se explica en gran parte por los requerimientos de información de las grandes empresas que encuentran en la computación en la nube una alternativa efectiva para los problemas de toma de decisión y manejo de datos que usualmente involucran una costosa infraestructura que debe ser reemplazada a corto y mediano plazo a medida que crece el mercado potencial, obteniendo a su vez gran desempeño y menores costos.

Formalmente, dispone de las siguientes características (Fang, Management, & 2010):

- Diseño de interfaz centrada en el usuario: En este diseño los usuarios pueden mantener sus hábitos de trabajo habituales y funcionalidades como el lenguaje de desarrollo, compilador y sistema operativo se conservan o se presentan como versiones ligeras. La mayoría de los productos de Cloud Computing pueden ser directamente utilizados a través del navegador. Como desventaja, esto puede ocasionar que en algunas oportunidades se presenten funcionalidades reducidas respecto a las versiones de escritorio ya que muchas funcionalidades de las DLL no tienen dicho equivalente en la Web
- Servicio por demanda: Según la demanda dada por un grupo de usuarios, un administrador selecciona los recursos informáticos necesarios según sus demandas que incluyen: instalación de software, configuración de red y configuración de hardware
- Calidad de Servicio: se garantiza calidad de servicio para los usuarios en parámetros como el ancho de banda y capacidad de memoria con una alta disponibilidad
- Sistema de auto gestión: bajo este concepto los recursos de hardware, software y los datos pueden ser configurados y ajustados automáticamente, actuando como una plataforma espejo para los usuarios

Al estar catalogada como servicio, es ofrecida por las compañías a través de 3 modalidades:

- Infraestructura como Servicio (IaaS): en esta capa una serie de recursos básicos de hardware son empaquetados como servicios disponibles para los usuarios. Algunos ejemplos de su implementación incluyen máquinas virtuales, servidores, módulos de almacenamiento, balanceadores de carga, entre otros
- Plataforma como Servicio (PaaS): provee el entorno de aplicación en tiempo real por lo cual se encarga también de administrar recursos para expansión dinámica y tolerancia a fallos de la capa base. Su implementación incluye bases de datos, servidores web, herramientas de desarrollo y otros elementos que sustituyan intercambio en tiempo real

- Software como Servicio (SaaS): Ofrece varios paquetes de software como servicios de tal forma que bajo esta modalidad es posible encontrar aplicaciones como CRM, email, escritorios virtuales, herramientas de comunicación, juegos, entre otros

El nivel de control que un usuario tiene sobre ciertos recursos constituye una de las diferencias de cada uno de los servicios cloud, tal como se muestra en la siguiente tabla en la cual se muestra como a medida que la oferta se expresa en términos de un servicio de más alto nivel, el usuario final pierde control a nivel de recursos:

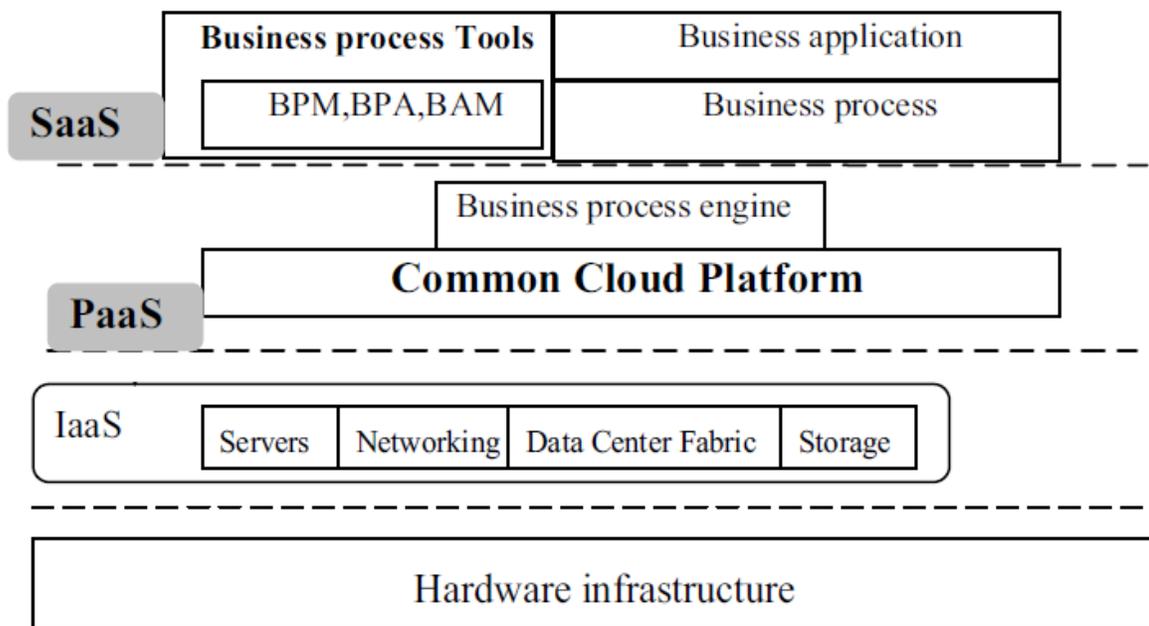
Tabla 3-1: Nivel de control del usuario para los servicios en la nube en modalidades distintas para el fabricante Azure, adaptado de (Modi, 2019)

Recurso	IaaS	PaaS	SaaS
Aplicaciones	Usuario	Usuario	Vendedor
Datos	Usuario	Usuario	Vendedor
Ejecución	Usuario	Vendedor	Vendedor
Capa intermedia	Usuario	Vendedor	Vendedor
Sistema Operativo	Usuario	Vendedor	Vendedor
Virtualización	Vendedor	Vendedor	Vendedor
Servidores	Vendedor	Vendedor	Vendedor
Almacenamiento	Vendedor	Vendedor	Vendedor
Redes	Vendedor	Vendedor	Vendedor

Al hablar de plataformas, es válido extender este concepto a sistemas de información, y de la primera columna es notorio que en cada modalidad existen elementos comunes.

Un ejemplo de la forma en cómo se pueden articular estos elementos en una plataforma BPM se propone en un artículo (Jiang, Le, Wang, Sun, & He, 2011) según el cual es posible mantener características deseables como un bajo costo y escalabilidad. Este modelo, presentado en la figura 3-7, se centra en la capa SaaS en la cual dicha capa se ocupa de todas las interfaces de usuario, monitoreo y administración. En la capa PaaS se encuentra el motor central y entorno de ejecución, el cual se convierte en un factor clave en la implementación ya que desde allí se maneja la abstracción de objetos de negocio. La administración del módulo IaaS normalmente se relaciona con elementos de red y sistema de almacenamiento. Esta capa que si bien no es presentada completamente al usuario, es muy importante ya que permite planear acciones en términos de escalabilidad y rendimiento

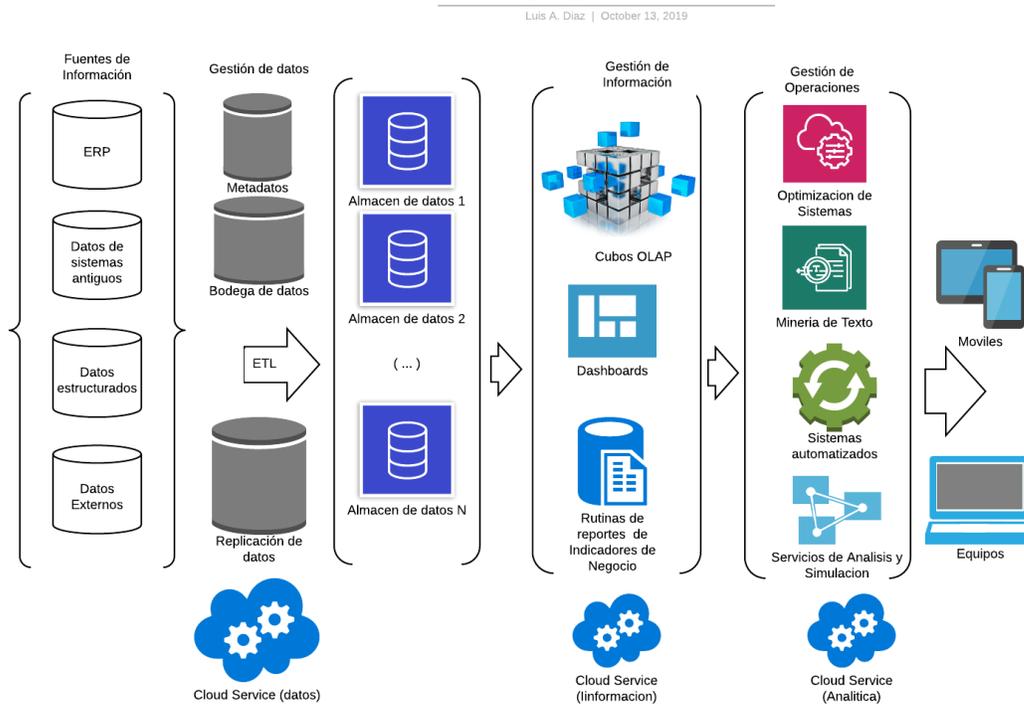
Figura 3-7: Modelo jerarquizado en niveles de una Suite BPM basada en servicios en la Nube, adaptado de (Jiang, Le, Wang, Sun, & He, 2011)



Como se observa en la figura precedente, la capa BPM coincide con el nivel superior al ser el más cercano al usuario y por ello muestra una distribución en servicios adaptados al usuario final tales como herramientas para modelado y simulación de procesos de negocio así como herramientas de monitoreo (BAM) y análisis (BPA). La capa siguiente es decir la de plataforma, se mantiene restringida al usuario ya que con esto se busca que el usuario pueda centrarse en el desarrollo a nivel de operaciones del proceso mientras que la capas inferiores se delegan a un tercero (que dependiendo del proveedor, no necesariamente coinciden con el fabricante).

Cuando se tienen en cuenta las tres capas la complejidad aumenta. Un modelo de este tipo puede incluir además elementos como minería de datos y servicios entre componentes que individualmente operan como plataforma y software bajo un concepto denominado BPM orientado a servicios (Mercia, Gunawan, Fajar, Alianto, & Inayatulloh, 2018), cuyo ejemplo de arquitectura centrada en integración de fases de información, se muestra en la figura siguiente:

Figura 3-8: Diagrama conceptual de arquitectura BPM orientada a servicios, elaboración propia a partir de (Mercia, Gunawan, Fajar, Alianto, & Inayatulloh, 2018)



Como se observa, en las aplicaciones empresariales se tienen distintas fuentes de información que al ser correctamente direccionadas proporcionan indicadores y son insumo para una buena gestión de operaciones, lo cual permite a la gestión de procesos establecer un rol habilitador en términos de permitir la ejecución de servicios para la integración de cada una de las fases (datos, información y operaciones).

3.3 Fabricantes Relevantes

Existen varias fuentes de información entre las cuales se destacan algunas de libre acceso como la plataforma Web Capterra cuya búsqueda arroja más de 350 resultados (Capterra INC, 2019), los cuales se muestran en los anexos. Sobre esta lista vale la pena resaltar que si bien permite aplicar filtros, basa su información en valoraciones individuales sin un estándar, lo cual ocasiona que para muchos registros no exista información completa y por tanto, a nivel general no es posible establecer clasificaciones totalmente fiables ni depuradas a partir de la fuente. En este sentido, conviene buscar

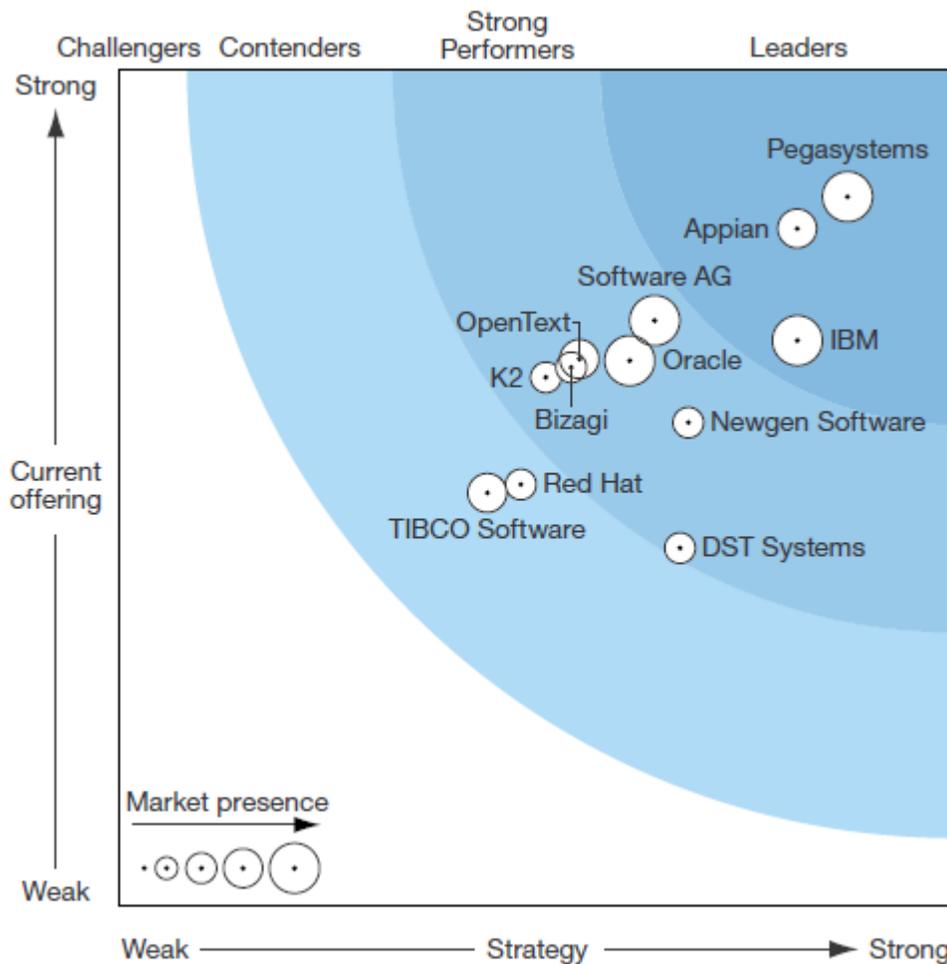
fuentes más especializadas que faciliten refinar los resultados de búsqueda y que consideren factores de mercado. Para ello se tiene en la consultoría empresarial una fuente de información deseable para conocer no sólo los fabricantes sino el mercado potencial de una tecnología o de un sistema de información, soportada en casos de estudio que en varias ocasiones son elaborados conjuntamente con cada fabricante evaluado.

Una de las firmas frecuentemente consultadas para investigaciones de mercado en el sector de tecnologías de información es Forrester Wave (Go forrester, 2019), quien ha definido varias áreas de investigación, incluyendo una denominada tecnología de negocios (Business Technology) que integra información de tecnologías aplicadas a la gestión de procesos de negocio y temas afines como el manejo de orquestaciones (integraciones por capa web) y entrega continua (Go forrester, 2019) . Este tipo de estudios se enuncian como guías para ayudar a seleccionar un aliado de negocio en temas empresariales. La metodología de esta consultora en particular se basa en la interacción de cuatro actores principales:

- Analista: es el encargado de definir los motivos para incluir a los fabricantes y de relacionar el conocimiento con el contexto dado por los clientes
- Investigador asociado: tiene funciones de gestor de proyectos y establece un punto de contacto con los clientes
- Equipo responsable asignado por el vendedor: proporciona la información y servicios ofrecidos por un fabricante
- Clientes: por medio de la difusión de experiencias respecto a un producto, se convierten en una fuente valiosa de información que permiten contrastar los resultados obtenidos de la consultoría interna

La consultora enfoca sus estudios en varias áreas referentes a tecnología, entre las cuales se destaca por supuesto las tecnologías emergentes y herramientas de transformación digital, entre las cuales se incluyen los sistemas BPM. Un estudio de finales de 2015 (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015) muestra 12 proveedores significativos de software BPM que son apropiados para negocios digitales:

Figura 3-9: Clasificación de plataformas BPM para negocios digitales, tomado de Forrester (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015)



Como se observa en la gráfica, la presencia en el mercado se representa por el tamaño de los iconos (círculos), cuya ubicación está dada por dos ejes: la oferta y la estrategia.

En contraste con los cuadrantes de Gartner, en los reportes de Forrester se distinguen 4 áreas circulares cuya ubicación depende proporcionalmente de los dos factores mencionados como ejes y que de menor a mayor se listan a continuación:

- Retadores (Challengers)
- Contendores (Contenders)
- Fuertes ejecutores (Strong performers)
- Líderes (Leaders)

Las suites evaluadas para la figura anterior se listan en la tabla siguiente, en donde se relaciona también su clasificación según la lista anterior:

Tabla 3-2: Fabricantes y Suites evaluadas por Forrester Wave para el estudio de Suites para negocios Digitales, adaptado de (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015)

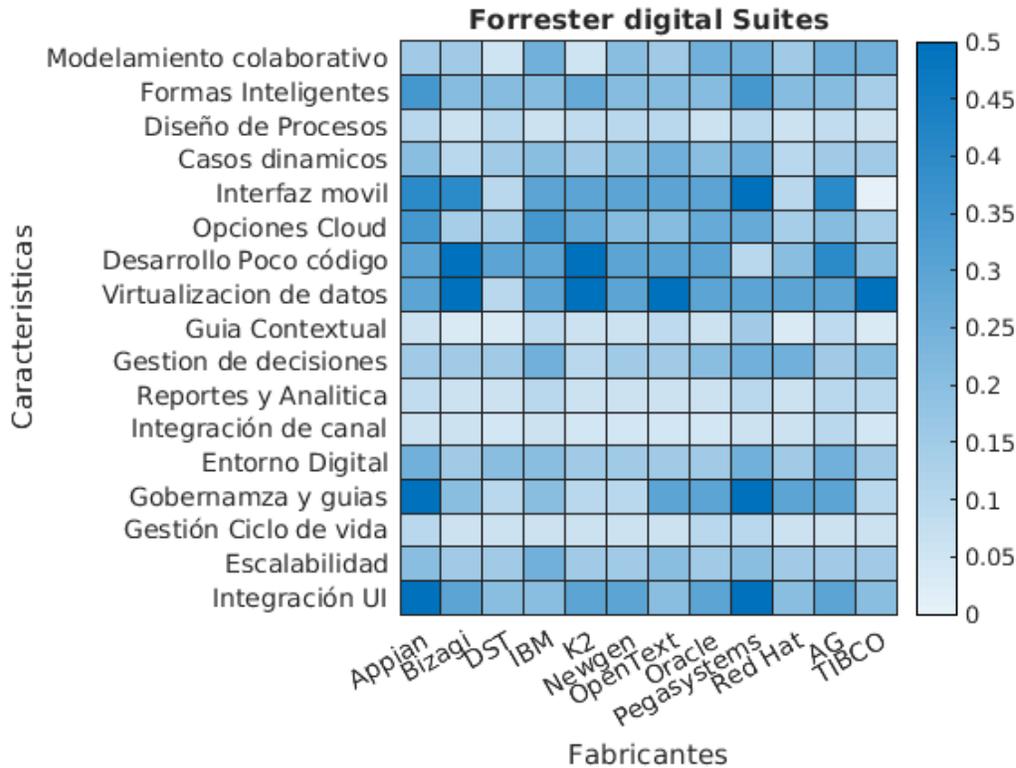
Fabricante	Suite	Clasificación Forrester
Appian	Appian	Líder
Bizagi	Bizagi BPM Suite	Ejecutor Fuerte
DST Systems	AWD	Ejecutor Fuerte
IBM	IBM Business Process Manager	Líder
K2	K2 blackpearl	Ejecutor Fuerte
Newgen Software	Newgen iBPS Suite Omni Flow	Ejecutor Fuerte
OpenText	OpenText Process Suite	Ejecutor Fuerte
Oracle	Oracle BPM Suite	Ejecutor Fuerte
Pegasystems	Pega 7	Líder
Red Hat	Red Hat JBoss BPM Suite	Contendor
Software AG	Agile Process Platform	Ejecutor Fuerte
TIBCO Software	TIBCO ActiveMatrix BPM	Contendor

Para cada Suite, el reporte establece una serie de factores que se ponderan para establecer una calificación en tres áreas principales: Oferta actual, Estrategia y presencia en el mercado. Para la oferta actual, los parámetros de mayor ponderación son:

- Desarrollo usando poco código
- Formas inteligentes y Experiencia de Usuario
- Interfaz Móvil
- Opciones en la nube
- Proceso de Virtualización de datos
- Guías y gobernanza

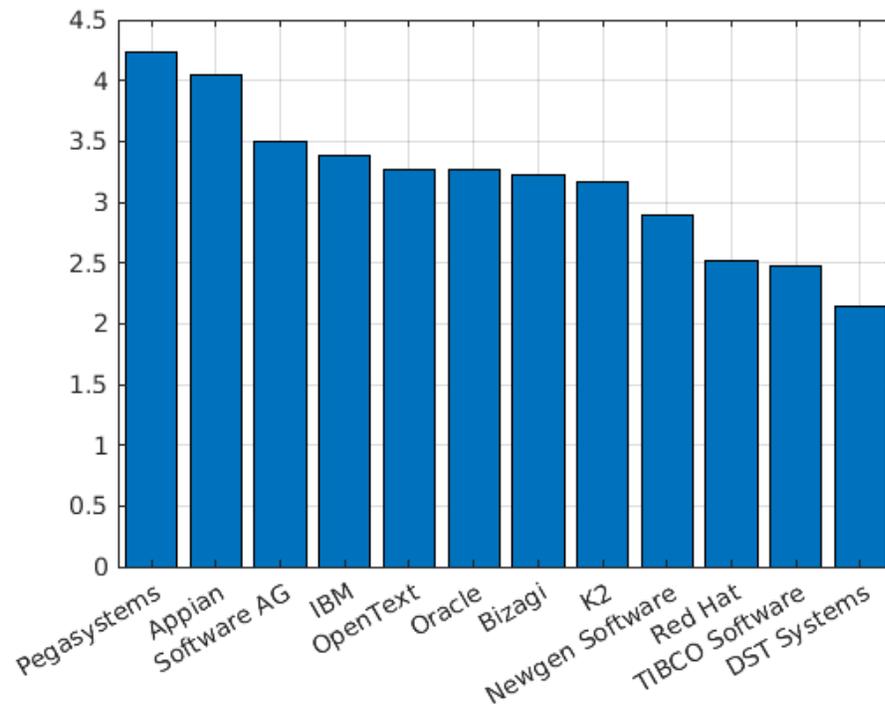
Para los ítems Oferta Actual las calificaciones de acuerdo a los parámetros definidos en la publicación se muestran a continuación:

Figura 3-10: Mapa con criterios ponderados en términos de oferta para los fabricantes del reporte de Suites Digitales de Forrester, elaboración propia a partir de los datos del reporte (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015)



El reporte anterior pondera características relevantes que son exclusivas de las suites inteligentes lo cual explica que elementos funcionales clásicos como el diseño de procesos y los reportes tengan puntuación baja mientras que otros modernos como la virtualización de datos del proceso y el desarrollo con poco código constituyan zonas de alta puntuación. La sumatoria por suite se muestra en la figura siguiente:

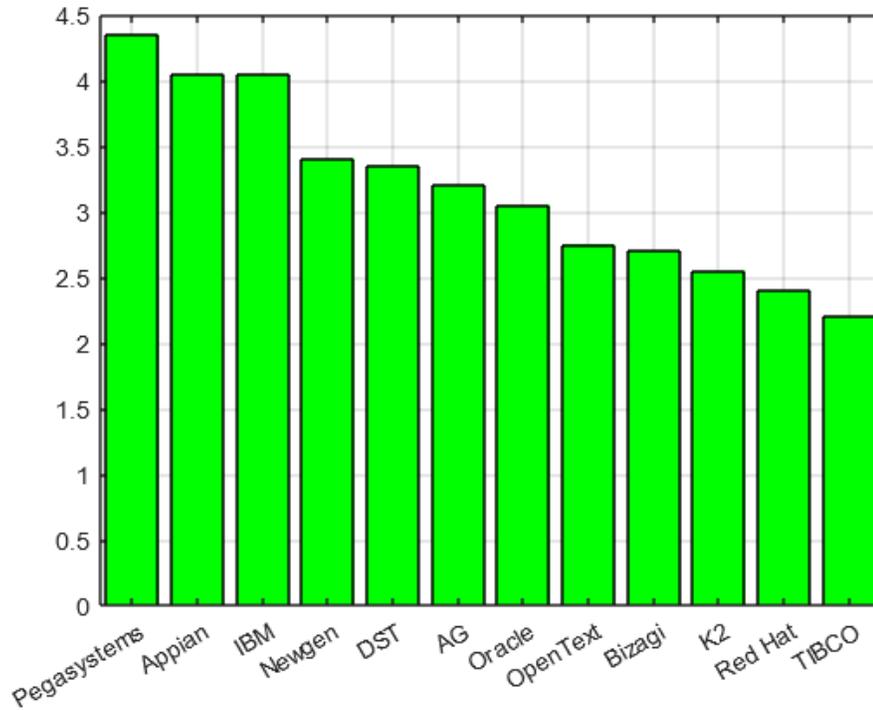
Figura 3-11: Diagrama de barras derivado de los puntajes obtenidos para la oferta de la suite evaluada en parámetros de oferta para cada uno de los fabricantes del reporte de Suites Digitales de Forrester (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015)



Fuente: Elaboración propia a partir de la información de puntajes del reporte

La estrategia es un elemento que por definición se mide por factores comerciales y orientación de los objetivos de negocio, se mide también en términos de disponibilidad de recursos (documentación, distribuidores autorizados, agentes locales, entre otros), aplicaciones asociadas a procesos inteligentes (plantillas) y facilidad de implementación. El precio, que si bien se menciona como parte de la estrategia, se pondera inicialmente como cero y por tanto no afecta la puntuación final, la cual es mostrada para este ítem táctico en la figura siguiente:

Figura 3-12: Diagrama de barras derivado de los puntajes obtenidos para la oferta de la suite evaluada en Estrategia para cada uno de los fabricantes del reporte de Suites Digitales de Forrester (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015)



Fuente: Elaboración propia a partir de la información de puntajes del reporte

Un listado más reciente de la consultora (Koplowitz, 2019), establece una clasificación basada en criterios de “despliegue profundo”, un término que engloba características de Suites inteligentes que poseen la habilidad de ejecutar despliegues rápidos en el contexto de automatización digital de procesos. Más específicamente el reporte habla de fabricantes con suites que contengan las siguientes características:

- Procesos completos y capacidad de ser manejados bajo el esquema de gestión de Casos: estas soluciones deben poder manejar procesos complejos y de larga duración en variables como requisitos regulatorios locales y de seguridad. Adicionalmente debe soportar un manejo de transacciones de alto volumen
- Soporte para tecnologías emergentes: entre estas tecnologías es posible mencionar la automatización robótica de procesos (RPA) y la inteligencia artificial, y la capacidad nativa o la habilidad de integrarse con estas constituyen criterios para posicionarse y manejar procesos complejos

- Arquitectura moderna de aplicación: implica adaptarse a arquitecturas basadas en la nube, aplicación de microservicios y funcionalidades que no requieren un servidor físico. Así mismo, debe proveer capacidades de desarrollo con poco código o, en su defecto, de una curva de aprendizaje muy rápida

Con base en lo anterior, se tiene la siguiente lista de fabricantes, que contrasta parcialmente con la lista de Suites definida para negocios digitales ya que algunos fabricantes como Bizagi e IBM aparecen nuevamente mientras que otros como Auraportal y Bonita son incluidos en el nuevo listado:

Tabla 3-3: Fabricantes y Suites evaluadas para el estudio de Suites para Despliegue Profundo, adaptado de Forrester (Koplowitz, 2019)

Fabricante	Suite	Clasificación Forrester
Appian	Appian	Líder
Auraportal	Auraportal Neon	Contendor
Bizagi	Bizagi Intelligent Process Automation Platform	Líder
Bonitasoft	Bonita	Ejecutor Fuerte
Genpact	Genpact Cora	Contendor
Hyland Software	Hyland OnBase	Contendor
IBM	IBM Digital Business Automation Enterprise; IBM Digital Business Automation on Cloud;	Líder
Kofax	Kofax Intelligent Automation Platform	Ejecutor Fuerte
OpenText	OpenText App Works	Líder
Pegasystems	Pega Infinity	Líder

La ubicación grafica puede verse en la figura siguiente

Figura 3-13: Clasificación de plataformas BPM para Despliegue Profundo, tomado de Forrester (Koplowitz, 2019)



Como se observa, los ejes de la figura son similares a los del reporte anterior, pero tanto la distribución como el número de participantes varían considerablemente. En la figura que aparece como pie, se evidencia un indicador gráfico que representa la respuesta en el mercado. Aunque en la gráfica es comparativa, obedece a los siguientes factores:

- Ingresos generados por plataformas según su uso como suite de despliegue

- Tasa de crecimientos de ingreso
- Número de empresas que son nuevos clientes

En el mismo reporte se citan criterios adicionales de inclusión como capacidad de desplegar muchas aplicaciones en escala y la habilidad de adaptarse a varios escenarios de manejo de casos (manejo de incidentes, investigaciones, peticiones de servicio, entre otros). En cuanto a la puntuación por parámetros de oferta, el reporte se centra en tres características: capacidad de desarrollo de aplicaciones, herramientas de plataforma y administración y las características relacionadas con despliegue de aplicaciones, lo cual se desglosa para cada Suite evaluada y se muestra en el siguiente gráfico:

Figura 3-14: Mapa de calor para las características de oferta en Suites de despliegue profundo, elaboración propia a partir de datos del reporte Forrester (Koplowitz, 2019)

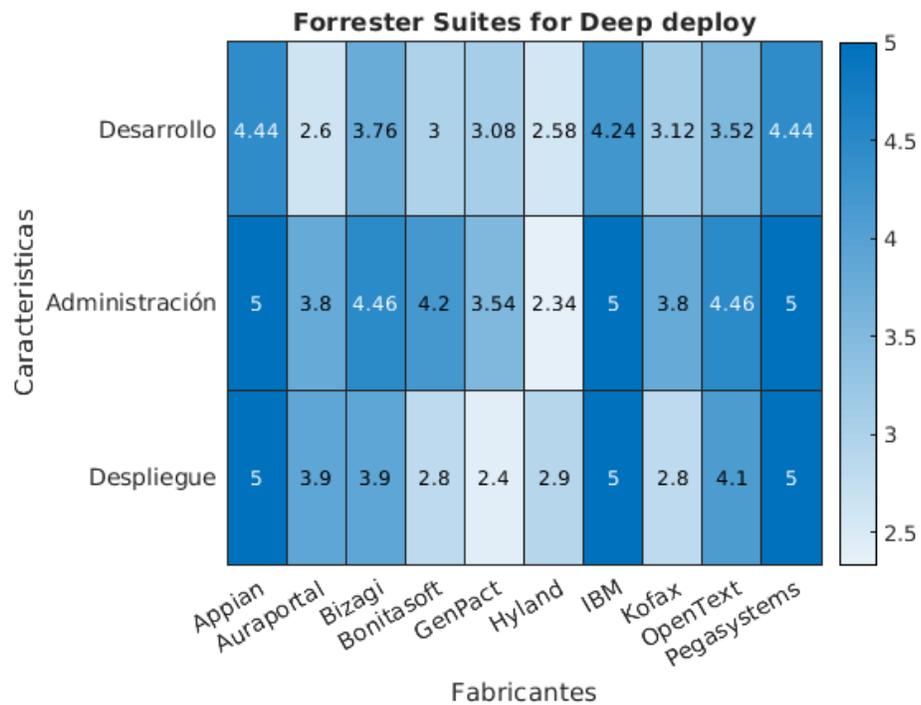
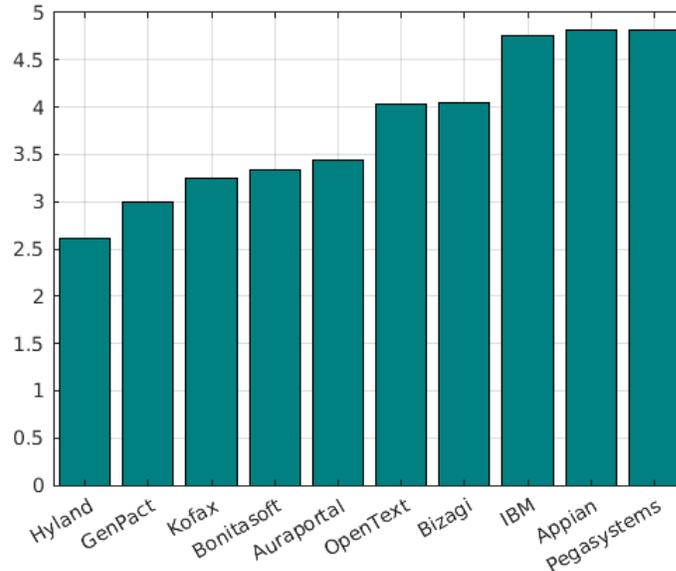
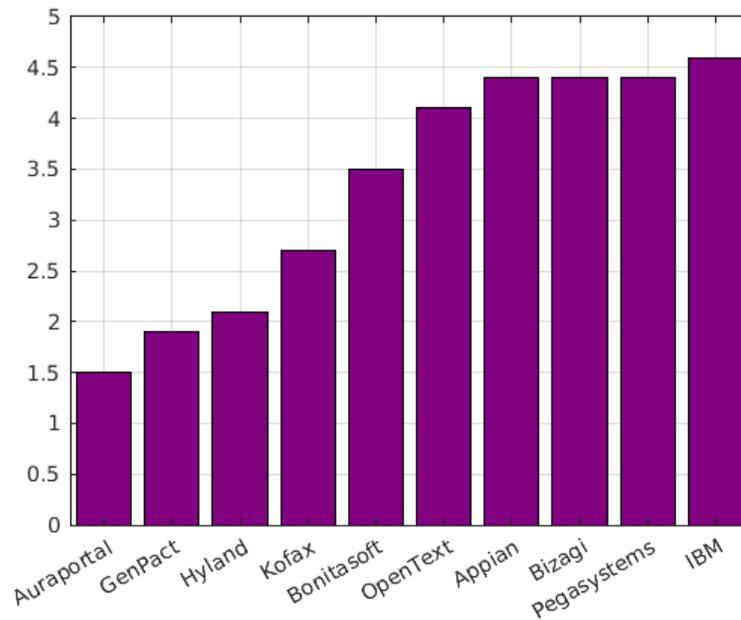


Figura 3-15: Diagrama de barras derivado de los puntajes obtenidos para la oferta de la suite evaluada en parámetros de oferta para cada uno de los fabricantes del reporte de Suites para Despliegue Profundo de Forrester (Koplowitz, 2019)



Respecto a la estrategia, se tienen factores de evaluación explícitos tales como la visión de la compañía, entrenamiento, existencia de una comunidad (foros y expertos), aliados y un modelo comercial consolidado. Los puntajes obtenidos se muestran en la figura siguiente, en donde los factores de evaluación tienen un mismo peso (a diferencia del reporte de Suites digitales en donde existían factores con peso nulo):

Figura 3-16: Diagrama de barras derivado de los puntajes obtenidos para la oferta de la suite evaluada en términos de Estrategia para cada uno de los fabricantes del reporte de Suites para Despliegue Profundo (Koplowitz, 2019)



Se observa una correlación fuerte entre funcionalidades y estrategia con pocos cambios en la ubicación para los distintos fabricantes, así como puntuaciones finales similares para los cuatro primeros lugares. Esto es consistente con poseer factores comunes dentro de las organizaciones y objetivos fijados en torno al mercado objetivo.

3.4 Fabricantes Principales e influencia en nuestro país

En consultoría de Sistemas de información, se tiene como otro de los principales referentes a la consultora Gartner (Gartner INC, 2019), la cual, para el caso de las herramientas BPM, estableció la siguiente clasificación a finales del año anterior:

Figura 3-17: Cuadro de Gartner para las suites BPM en términos de visión de mercado y habilidad de ejecución



Como se observa en el cuadro de la consultora existen más de 20 fabricantes clasificados en distintos cuadrantes según su posición en el mercado, los cuales se describen brevemente a continuación:

- Retadores (Challengers): son competidores que han logrado establecerse de forma relativamente rápida y cuyo desarrollo está basado en una gran inversión económica, sin ser necesariamente adoptadores tempranos
- Líderes (Leaders): por definición, poseen una tradición que les ha otorgado un reconocimiento en términos de marca. Tienen productos posicionados con un gran margen de penetración en los mercados principales

- Visionarios (Visionaries): estos participantes poseen factores de diferenciación contruidos a partir de innovación y desarrollo de nuevos productos
- Competidores de nicho (Niche Players): su oferta está constituida en el desarrollo de productos especiales con características útiles a sectores específicos o poco explorados dentro de las empresas con más trayectoria en el mercado

En cuanto a los criterios que constituyen los 2 ejes se tiene un resumen con el grado de ponderación en la siguiente tabla:

Tabla 3-4: Criterios y grados de ponderación para los 2 ejes del reporte de suites inteligentes de Gartner, adaptado de (Gartner INC, 2019)

Eje	Criterio de Evaluación	Ponderación
Compleitud de la Visión	Entendimiento del Mercado	Alta
	Estrategia de Mercadeo	Alta
	Estrategia de ventas	Media
	Estrategia de oferta de producto	Alta
	Modelo de Negocio	Media
	Estrategia de Industria	Baja
	Innovación	Alta
	Estrategia Geográfica	Baja
Habilidad de Ejecución	Producto o servicio	Alta
	Viabilidad	Media
	Precio /ejecución de Ventas	Alta
	Respuesta del mercado	Media
	Ejecución de Mercadeo	Media
	Experiencia de cliente	Alta
	Operaciones	Media

La encuesta en la que se basa el reporte que define estos cuadrantes tiene en cuenta el nivel de participación de cada fabricante en distintos países, no obstante, cabe resaltar que los criterios mencionados están orientados a entornos empresariales tradicionales, es decir, no se evalúa a fondo su aplicación dentro por sector específico debido a que los casos de estudio base que son tomados como referencia, son en su mayoría

proporcionados por las mismas empresas con las cuales se desarrolla conjuntamente la consultoría y frecuentemente se refieren a grandes clientes del sector privado y de sectores habituales en la economía como banca y comercio.

Al tener en cuenta aquellos que poseen un gran impacto y presencia en nuestro país (bien sea a nivel de proyectos realizados o a nivel de aliados de negocio que distribuyan sus productos), es posible filtrar estos resultados. A continuación se muestra una tabla que recopila los resultados en torno a 5 de las versiones o líneas de producto BPMS de los fabricantes más relevantes, que incluyen los 4 cuadrantes anteriores y que a nivel de requerimientos de sistema, cubren una gran porción del mercado:

Tabla 3-5: Requerimientos de Sistema de Suites listadas en el reporte de Gartner pertinentes en términos de contar con una versión en la nube y presencia en el mercado Colombiano, elaboración propia a partir de la información de cada fabricante

Fuente	Licencia	Versión Cloud	Sistemas operativos	Bases de datos soportadas
(TIBCO Software Inc)	Propietaria	Si (Cloud Active Apps)	Si (CentOs, HP UX, IBM AIX, Windows server, Suse, OEL linux, Solaris ,RHEL)	DB2, SQL server, oracle
(Bizagi Inc, Bizagi 11.2 Suite)	Freemium	Si (Bizagi Cloud)	Windows	Oracle /SQL server
(BonitaSoft Inc)	LGPL	Via amigolog (third Party)	Windows Server, RHEL, Ubuntu, MAC OS	SQL Server, MySQL, Oracle, PostgreSQL
(Oracle Inc)	Propietaria	Si (Integration Cloud version)	Solaris, OEL, RHEL, Windows Server, HP UX, IBM Z os, MAC, IBM AIX	DB2, Oracle, SQL Server, MySQL, PostgreSQL, Sybase
(IBM Inc)	Propietaria	Si (Multicloud version)	AIX, RHEL, Ubuntu, Suse, Windows Server	DB2

A nivel de alianzas e implementaciones activas, se excluirían del cuadro anterior a TIBCO e IBM (bajo su marca tradicional y no bajo sus adquisiciones recientes) ya que si bien son líderes no solo en IBPMS sino en otras herramientas de software como CRM y ALM, en cuanto a suites BPM su presencia no es dominante en términos regionales. Otros fabricantes que vale la pena mencionar y que no están reseñados en la tabla anterior son los siguientes:

- Auraportal: a pesar de no contar con una sede física en nuestro país, actualmente tiene implementaciones a nivel estatal en entidades como el Ministerio de Minas y Empresas Públicas de Medellín, reportando en este último caso mejoras significativas en el servicio y la relación con el personal interno, así como los clientes y los proveedores (AuraPortal INC, 2019). No obstante, debe tenerse en cuenta también que la herramienta ofrecida por este fabricante posee desventajas que pueden traducirse en motivos excluyentes para estudios de factibilidad ya que según la documentación que acompaña la especificación por cuadrantes (Gartner INC, 2019) entre las observaciones de la consultora referidas como advertencias se encuentran una interfaz poco intuitiva que reduce las probabilidades de obtener beneficio de la herramienta en etapas tempranas de adopción del software y que a la fecha de esta consulta, si bien permite desplegar una solución a la Nube a través de Microsoft Azure, las opciones de administración al desplegar en la nube son menores en comparación a otras herramientas.

- Red Hat: su esquema tradicional incluye productos de libre distribución tales como JBPM para servidores físicos y productos individuales con soporte nativo en la nube como Red Hat Decision Manager (Red Hat Inc, 2019), no obstante, el reporte Gartner se enfoca principalmente en su nueva suite denominada Process Automation Manager (anteriormente comercializada bajo el nombre JBoss BPM suite), una herramienta que además de automatizar procesos e implementar el manejo de reglas de negocios está basada en microservicios (Red Hat Inc [US], 2019). Algunas de las características incluyen modelamiento en estándar BPMN, desarrollo nativo en la nube compatible con la plataforma Openshift, motor de reglas de negocio robusto y escalable, herramientas para problemas de optimización complejos y soporte de la comunidad de desarrolladores JBPM, es decir, sobre todas las funcionalidades base del producto original. En nuestro

país, dispone de varios aliados de negocios e implementaciones a nivel de sistema operativo y módulos especializados en instituciones como el SENA

3.5 Conclusiones del Capítulo

La oferta de Suites en el mercado global es extensa, sin embargo, existen una serie de factores que limitan la oferta local que van desde el mercado objetivo de las suites, hasta factores de licenciamiento, distribución y requisitos de sistema. Adicionalmente, se observa que en los últimos años la estrategia de los fabricantes de BPM ha cambiado al punto de considerar arquitecturas en la nube, y satisfacer nuevos requisitos de plataforma lo cual obliga a que puedan integrarse con nuevas tecnologías relacionadas con la analítica de Información y modelos predictivos. En virtud de lo anterior, es conveniente revisar la pertinencia de la elección de una suite desde la perspectiva estratégica y de adaptación a nuevos contextos empresariales.

Teniendo como referencia factores regionales, las implementaciones que relacionan casos de éxito en nuestro país son un punto de referencia para evaluar la pertinencia de adquirir una Suite de un determinado fabricante, así como la presencia de aliados y oficinas que proporcionen canales de atención directos en caso de requerir soporte o demostraciones de producto. No obstante, aun cuando la presencia del fabricante deriva en beneficios para el comprador, estos son solo una parte de los factores que deben ser tenidos en cuenta para la selección. De igual forma, la presencia de un fabricante como líder en los distintos reportes no constituye una sugerencia directa a adquirir dicho producto ya que la utilidad de una suite viene determinada por factores que van más allá de la presencia en el mercado por lo cual una recomendación es guiarse por casos de éxito a nivel local en sectores específicos.

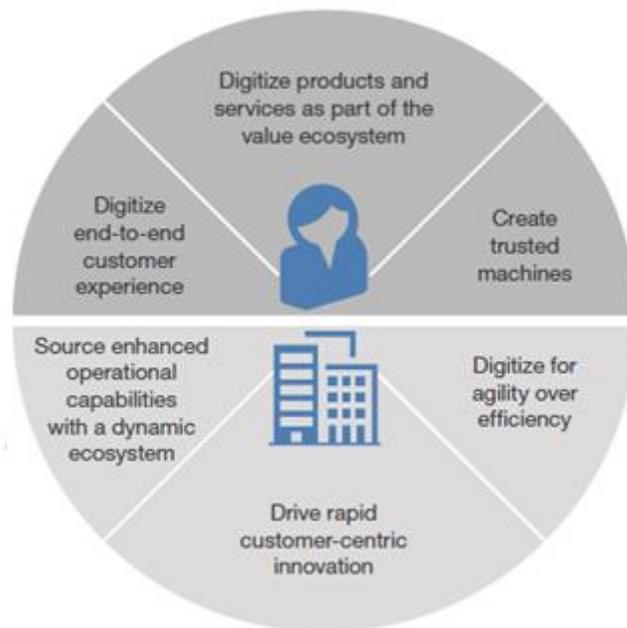
4. Análisis de Alternativas

En este capítulo se analizan las alternativas partiendo desde el punto de vista de Selección de software y considerando también cómo un BPMS constituye un sistema de información que tiene componentes que van más allá del componente tecnológico dentro de una organización, por lo cual se toman los requisitos de las suites desde el punto de vista de una plataforma. Sumado a lo anterior, es evidente a partir de la revisión de arquitectura del capítulo anterior cómo las tendencias actuales muestran una fuerte orientación a la computación en la nube, razón por la cual la infraestructura física ha dejado de ser un factor decisivo, así como factores asociados como la instalación y los sistemas operativos soportados para los servidores sobre los cuales son adecuados los ambientes. En este punto es necesario tener en cuenta que al ser el costo total de propiedad (TCO, por sus siglas en inglés) un factor recurrente en términos de descartar alternativas de selección de una Suite (Štemberger, Bosilj-Vukšić, & Jaklić, 2009), se plantea considerar Suites cuyos costos de licenciamiento no sean un factor posterior para su descarte. Finalmente, al examinar los objetivos reportados en la propuesta para este trabajo final, el presente capítulo se relaciona directamente con el segundo objetivo específico y en concordancia con lo anterior, al final de este capítulo se definen las alternativas de selección en donde se realiza una contextualización base a nivel de usuario final.

4.1 Requisitos a nivel de plataforma

De manera adicional a algunos requisitos de sistema que fueron mostrados en una tabla de la sección anterior, se tienen los siguientes requisitos que definen a su vez funcionalidades esperadas en cada uno de ellos

Figura 4-1: Segmentos funcionales para una suite BPMS digital, tomado de Forrester (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015)



Las siguientes categorías se desprenden de la figura anterior:

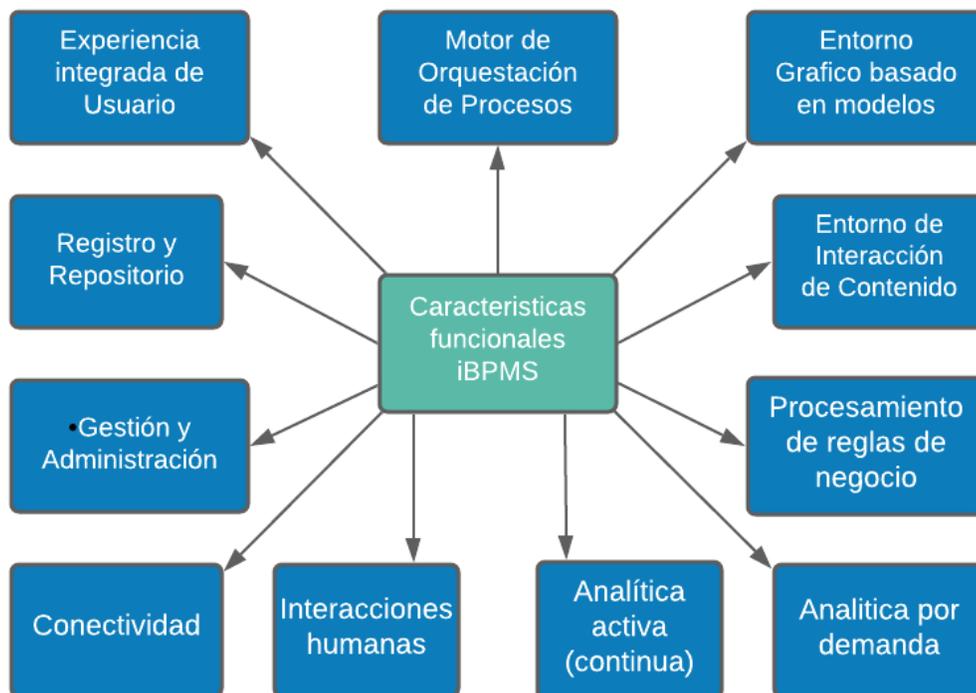
Tabla 4-1: Categorías y funcionalidades derivadas de los requisitos funcionales de una Suite BPM Inteligente, adaptado de (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015)

Categoría	Ejemplo /Funcionalidad
Digitalización de la experiencia del usuario final	Formas inteligentes Aplicaciones móviles Entorno de trabajo digital
Digitalización de productos y servicios para agregar valor	Métricas de cliente Portabilidad de la interfaz de usuario Integración de canales
Trusted Machines	Guía Contextual Gestión de decisiones
Digitalizar promoviendo agilidad sobre eficiencia	Flujos de proceso Manejo dinámico de casos Gestión de ciclo de Vida
Innovación rápida centrada en el cliente	Modelamiento colaborativo BPM en modo Plataforma como Servicio Desarrollo con poco código Gobernanza
Fuente mejorada de capacidades operacionales	Aplicaciones de Procesos inteligentes Soporte de Microservicios Virtualización de datos de proceso

De acuerdo a lo anterior, una suite actual además de ser flexible y ofrecer un entorno de interacción intuitivo debe tener una arquitectura que integre servicios y una versión cloud. Así mismo, debe ser adaptativa y para ello requiere tener un enfoque de innovación rápida centrada en el usuario final que obliga a no depender de una arquitectura tradicional monolítica y, tal como se deriva de usar servicios, ofrecer arquitecturas distribuidas y colaborativas que faciliten el desarrollo sobre la plataforma ofrecida.

En cuanto a características específicas asociadas a una suite inteligente, un estudio complementario (Dunie, Schulte, Cantara, Inc, & 2015) define las siguientes características deseables:

Figura 4-2: Características funcionales de una suite inteligente de BPM (iBPMS), adaptado de (Dunie, Schulte, Cantara, Inc, & 2015)



Las características mencionadas incluyen las siguientes tecnologías o implementaciones:

- Motor de Orquestación de Procesos (BPEL, XML)
- Entorno Gráfico basado en modelos
- Entorno de Interacción de Contenido
- Interacciones humanas
- Analítica por demanda (BI)
- Analítica Activa Continua (BAM)
- Procesamiento de Reglas de Negocio (XPATH)
- Conectividad (REST, SOA)
- Gestión y Administración
- Registro/Repositorio
- Experiencia integrada de Usuario (interfaces, UI)

4.2 Metodologías de selección de Software

Desde la perspectiva de la selección de software, existen metodologías que sugieren enfoques estructurados para la selección. Una aproximación básica realizada a partir de una revisión de literatura en términos de paquetes genéricos de software (Jadhav, technology, & 2009) propone una serie de pasos que se listan en la siguiente tabla:

Tabla 4-2: Pasos para selección de una herramienta de software, Adaptado de (Jadhav, technology, & 2009)

Pasos para selección de un paquete genérico de Software
Determinar la necesidad de comprar el sistema teniendo en cuenta la disponibilidad de software potencial, de acuerdo a las características y capacidades de software proporcionadas por el proveedor
Elaborar una lista corta de los paquetes candidatos
Eliminar la mayoría de los paquetes de software que no poseen una característica indispensable o no son compatibles con el hardware existente, sistema operativo, o motores de bases de datos requeridos por el sistema
Usar una técnica de evaluación para establecer métricas sobre los paquetes restantes y obtener una puntuación o clasificación general
Realizar un examen detallado obteniendo una copia de prueba del software y realizar una evaluación empírica
Negociar los términos de un posible contrato especificando el precio del software, número de licencias, calendario de pagos, especificación funcional, reparación y responsabilidades de mantenimiento incluyendo el calendario para la entrega y, así mismo, opciones para rescindir cualquier acuerdo
Compra e implementación del software más apropiado

A pesar de que la tabla anterior proporciona un marco sólido a nivel de evaluación, trabajos relacionados más recientes muestran cómo es posible clasificar los resultados de búsqueda en la literatura a partir de etiquetas que definen categorías de metodologías como las siguientes (Rojas, Cortes, & Pinzón, 2015)

- Proceso analítico jerárquico: es una metodología estructurada sobre la cual se evalúan decisiones a partir de cuantificar valoraciones subjetivas que son emitidas por personas con conocimientos especializados. Su modo de operación busca definir prioridades relativas en escalas absolutas a partir de comparaciones pareadas en estructuras jerárquicas multinivel (de tipo árbol). Sus aplicaciones van desde el rango de problemas de selección de proveedores y elementos de software hasta la evaluación de alternativas en múltiples proyectos (Vargas, congress, & 2010).

- Proceso analítico jerárquico Difuso (FAHP): es una variación de la metodología tradicional en la cual se añaden valores aleatorios o difusos con lo cual se tiene a su vez una escala difusa que logra limitar errores de los evaluadores que usan el método en el momento de expresar sus juicios cuantitativamente mediante un valor numérico. Si bien esto supone una modificación en una parte de la metodología, los resultados para algunos estudios de selección (Yajure CA, 2015) sugieren que no hay cambios en la jerarquización de las alternativas al usar uno de los dos métodos (FAHP o AHP), y que la ponderación final de cada una de las alternativas para cada uno de los criterios va a ser aproximadamente igual independientemente de cuál de los dos haya sido usado

- Metodologías Híbridas: combinan una o más metodologías de selección de software. Algunas de las metodologías base que son combinadas con AHP y FAHP para su definición se listan en la siguiente tabla:

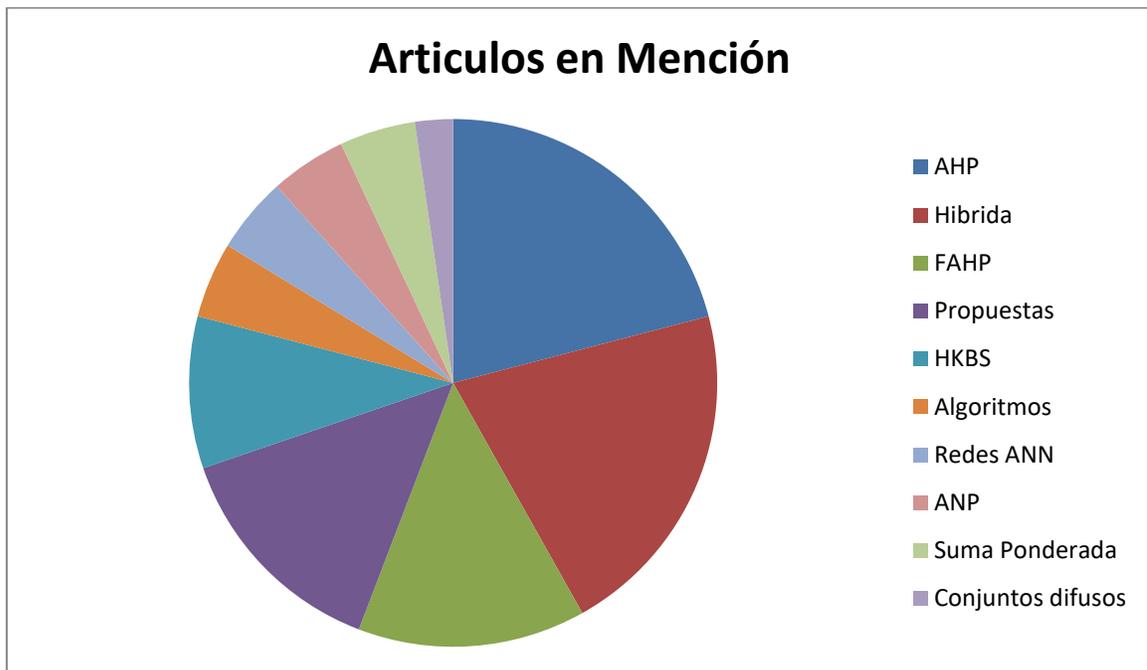
Tabla 4-3: Ejemplo de metodologías base que se combinan con AHP para selección de software, adaptado de (Rojas, Cortes, & Pinzón, 2015)

Técnica o Metodología Base	Enfoque
Metodología del Proyecto DESMET	Contempla varios pasos, entre ellos la definición del alcance, roles y responsabilidades de los vinculados al proceso, así como la selección del método de evaluación basado en delimitación de los supuestos, restricciones, tiempos y esfuerzos del proceso
CBR	Obtener las calificaciones de paquetes que cumplen con las características buscadas por el usuario
TOPSIS	Plantea tener como objetivo que la alternativa más adecuada este situada en el punto más cercano posible a una solución óptima, y a su vez está influenciada por las preferencias de los evaluadores /decisores sobre un alternativa específica
RBR	Guardar conocimiento sobre los criterios de evaluación y así guiar al usuario para determinar las características del software que desea seleccionar
STACE	Considera aspectos técnicos y funcionales, promoviendo involucrar a los clientes durante el proceso para complementar otros aspectos de usabilidad

- Otras metodologías: para el estudio referenciado constituyen menos de la mitad del total de artículos evaluados e incluyen técnicas basadas en algoritmos, de conocimiento híbrido (HKBS por sus siglas en inglés), ANP (forma generalizada de AHP), WA (ponderación de calificaciones por criterio o Weight average por sus siglas en inglés), entre otros métodos que corresponden a combinaciones de los métodos descritos o metodologías propuestas.

De la revisión sistemática realizada sobre la selección de software, es posible obtener el siguiente diagrama mostrando la distribución de metodologías:

Figura 4-3: Categorías de los artículos de la revisión sistemática realizada en 2015, adaptado de la información del artículo de revista (Rojas, Cortes, & Pinzón, 2015)



Si bien estudios como el anterior resaltan una imposibilidad práctica al intentar establecer una jerarquía genérica que sirva como marco para evaluar cualquier tipo de software al tener una dependencia directa del contexto de los procesos de evaluación y de las necesidades de las organizaciones que los ejecutan (a lo cual habría que sumarle las características propias del tipo de software objeto de evaluación), es posible definir una jerarquía de criterios aplicable a un amplio rango de aplicaciones software, tal como se esboza en la figura siguiente, en la cual a manera tentativa se citan algunos ejemplos de criterios aplicables para cada una de las categorías seleccionadas:

Figura 4-4: Criterios de ejemplo aplicados a la jerarquía base definida en la revisión sistemática para selección de software de 2015, elaboración propia a partir de resultados del artículo (Rojas, Cortes, & Pinzón, 2015)

Documentación	<ul style="list-style-type: none"> • Documentación disponible en el sitio Web del fabricante • Comunidad • Base de Conocimiento
Funcionalidad	<ul style="list-style-type: none"> • Usabilidad (interfaz , desarrollo con poco código) • Versatilidad de la herramienta • Reportes
Factores Asociados al contexto de decisión	<ul style="list-style-type: none"> • Vida útil del proyecto y herramienta BPM • Presupuesto para licenciamiento y soporte • Tiempo requerido para un demo
Factores técnicos	<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura requerida • Escalabilidad • Integración con otras aplicaciones
Factores asociados al proveedor	<ul style="list-style-type: none"> • Trayectoria del fabricante en el mercado • Niveles de servicio en soporte • canales de atención

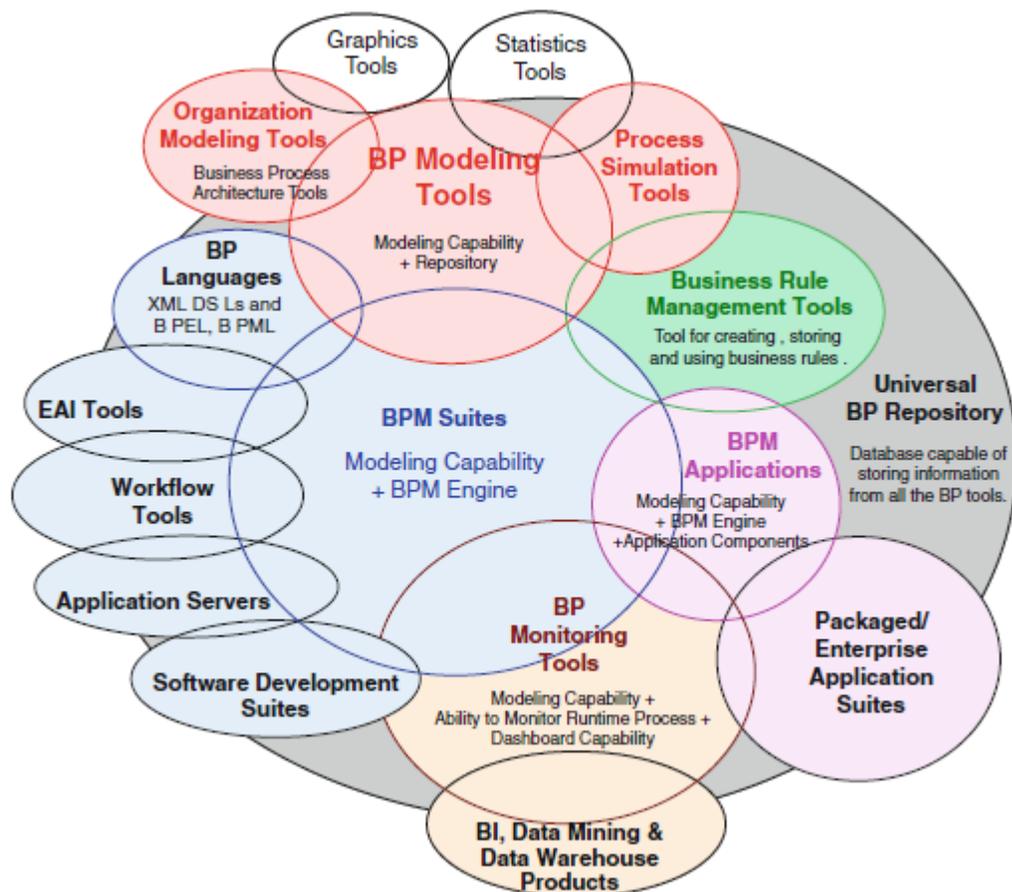
Los ejemplos descritos en las categorías se extienden en la medida en que se quiera profundizar en algún aspecto funcional, técnico o estratégico, ya que como se ha revisado en este capítulo y su precedente, la gestión de procesos aborda tecnología, roles y procesos que de acuerdo al tamaño, modelo operacional y gestión empresarial de una organización, obligan a los involucrados en la toma de decisión aportar numerosos criterios que no solo sirvan para soportar los procesos actuales sino para anticipar necesidades futuras de la empresa y de la herramienta en sí.

4.3 Usos posibles de una Suite BPM

Desde el punto de vista de un usuario, el cual ofrece una gama de posibilidades que van desde analista de negocio hasta director de una organización, se tienen los siguientes sistemas asociados (Davies & Reeves, 2010) derivados de la arquitectura presentada en

el capítulo anterior y que suponen variaciones ligeras dentro del rango de usuarios de una suite BPM:

Figura 4-5: Variaciones en productos BPM y herramientas asociadas a cada segmento funcional, tomado de (Davies & Reeves, 2010)



La figura 4-5 ilustra las aplicaciones asociadas a una Suite BPM. Con referencia al capítulo anterior en donde se examinaban arquitecturas de ejemplo, se evidencia que el concepto de Suite tiende a unificar elementos conexos al punto central en la gráfica. Por ejemplo, una suite actual incorpora herramientas de modelado que usan un repositorio, tableros de control (Dashboards), herramientas de monitoreo en tiempo real, un motor central (Engine), simulación, reglas de negocio, análisis de casos y estadísticas de duración de actividades con las cuales se podría implementar minería de procesos

En el artículo del cual se extrae la figura 4-5 se plantea una inquietud relacionada con la cantidad de herramientas disponibles y cómo muchos de los reportes ahondan en la

descripción técnica dejando de lado aspectos de compatibilidad, flexibilidad y escalabilidad, no obstante, la segmentación actual extiende el concepto de Suites a software que puede operar como PaaS, con lo cual estos aspectos quedan cubiertos. Cabe resaltar también que dicha estrategia de servicios en la nube, ofrece modalidades de suscripción en las que usualmente la facturación se asocia a las funcionalidades empleadas, con lo cual se solventa parcialmente otra de las inquietudes planteadas en el artículo en donde hipotéticamente el usuario de una suite paga por elementos que no usa o que dependiendo del nivel de implementación deseada tiende a subutilizar.

4.4 Factores relacionados con adopción

Los sistemas BPM llevan más de 25 años desarrollándose como sistemas de información en paralelo al concepto tradicional que conlleva su rol de gestión aplicable a empresas (Gabryelczyk, 2018). Una perspectiva que examina el problema de adoptar un sistema que muestra una evolución de este tipo a través del tiempo y que va estrechamente ligado a conceptos de innovación, y que va más allá de la incorporación de tecnologías nuevas a un entorno en donde no se opera bajo estos estándares es el marco metodológico TOE (Tecnológico, Organizacional y Ambiental). Algunos factores relevantes, y que son extrapolables a la implementación de sistemas BPM en organizaciones donde no se opera con este modelo, se muestran en la tabla 4-4

Tabla 4-4: Factores de adopción de sistemas desde el punto de vista de un marco TOE, adaptado de (Gabryelczyk, 2018)

Contexto	Factores en Investigación usado el marco de evaluación TOE
Contexto Tecnológico	Complejidad, Compatibilidad, grado de satisfacción con los sistemas existentes, Competencia tecnológica, disponibilidad tecnológica, integración de tecnologías
Contexto Organizacional	Beneficios obtenidos, costos percibidos, barreras percibidas, apoyo de la alta dirección, preparación organizacional, grado de coordinación, conocimiento aportado por empleados, compromiso financiero
Contexto Ambiental	Presión percibida en el entorno, Incertidumbre del mercado, política regulatoria y apoyo

4.5 Suites BPM Seleccionadas para el Estudio

La posibilidad de evaluar el software es tomada en cuenta ya que desde la perspectiva de la selección de software es clave conocer en detalle las funcionalidades del software, tal como lo enuncian marcos de evaluación como el citado en un estudio sobre publicación de datos (Lobos, Diana Lopez, Paciello, & Pane, 2016) que parte de poner en consideración herramientas de código abierto y en el que se aplica una metodología de evaluación de Software denominada Calificación y Selección de Software Opensource (QSOS, por sus siglas en inglés). Esta metodología que tiene como etapas básicas definir, evaluar, calificar y seleccionar es bastante útil si se tiene acceso a las funcionalidades de la herramienta.

En términos de eliminar alternativas usualmente se recurre al menor TCO, para este estudio se consideraran alternativas cuyo licenciamiento sea Freeware, Freemium o que cuenten con un periodo de prueba que permitan probar sus funcionalidades para garantizar que el marco de selección planteado pueda ser llevado a un escenario real. Así mismo, se consideran variables como menciones en los reportes (Gartner, Forrester), presencia de aliados o sedes físicas en nuestro país, madurez del producto (contar con fabricantes que tengan más de 15 años en el mercado). Con estos criterios de preselección se tienen 3 alternativas. En consecuencia, las alternativas son presentadas en términos de elementos de Suites inteligentes revisados al inicio del capítulo de manera breve para dar una vista general de cada una

4.5.1 Alternativa S1

Esta alternativa figura tanto en los reportes de Forrester como en los de Gartner y ha evolucionado para figurar en el último reporte de Suites de despliegue profundo. Tiene un producto maduro en su versión de escritorio y un portafolio de clientes distribuidos alrededor de los cinco continentes. Su actual foco de estrategia es la oferta de plataforma como servicio, no obstante, su lanzamiento más reciente también tiene nuevas funcionalidades para la versión de escritorio y una versión ligera disponible a través de un instalador de menor tamaño. Las características principales se muestran en la tabla:

Tabla 4-5: Características de la alternativa 1 como Suite inteligente, elaboración propia a partir de información del fabricante (nombre omitido por temas de confidencialidad)

Elemento IBPM	Características asociadas
Entorno de composición gráfico basado en modelos	Asistente intuitivo para la automatización de procesos
Entorno de Interacción de Contenido	Integración con herramientas como Sharepoint y extensión de funcionalidades de formularios
Interacciones humanas	Ambientes colaborativos soportados para diseño de procesos
Analítica	Reportes y módulo de analítica de procesos BAM
Procesamiento de Reglas de Negocio	Funciones basadas en Xpath y reglas de datos basadas en entidades de modelo, así como inclusión de variables globales que son usables desde cualquier regla
Conectividad	Web Services, Integración de aplicaciones externas y APIs
Gestión y Administración	Gestión de usuarios y de identidades
Experiencia integrada de Usuario	Formas con contenido personalizado y procesos en vivo
Licenciamiento	Libre para ambientes de pruebas

La información anterior está basada en los sitios de documentación del fabricante ¹ cuyo nombre es omitido por temas de confidencialidad en el documento. Para la suite presentada en la tabla 4-5 se destaca también el hecho de contar con un sitio de documentación abierto, foro de preguntas y la incorporación de funcionalidades recientes como automatización robótica de procesos, y asistentes para exportar modelos a la nube que facilitan a un usuario nuevo el diseño de aplicaciones sin necesidad de contar con un conocimiento a nivel experto de la herramienta.

¹ Como se menciona arriba, los nombres de los fabricantes son omitidos por confidencialidad, no obstante, si se desea consultar la información detallada, al dar click en el siguiente enlace podrá requerir acceso al archivo con las URL de los artículos de los fabricantes, con lo cual se establece que la información en mención solo podrá ser accedida para efectos académicos:
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1nAVkRC6mM9ejeQYvFPWNuCiXDCqvW7ssGdc255t46co/edit#gid=0>

4.5.2 Alternativa S2

En esta suite libre se encuentran elementos de extensibilidad que la hacen bastante versátil, a lo cual se resalta también como hito en su adopción contar con casos de éxito y aliados estratégicos en nuestro país. Destaca su presencia en 2 de los reportes examinados y cuenta con una comunidad alrededor del producto que ha crecido en los últimos años, soportada en desarrolladores de tecnologías como Java ©, algo que se refleja en el hecho de contar con una amplia lista de conectores que van desde Google Calendar hasta integración de herramientas CRM externas reconocidas en el mercado sin relación con la suite.

Tabla 4-6: Características de la alternativa 2 como Suite inteligente, elaboración propia a partir de información del fabricante (nombre omitido por temas de confidencialidad)

Elemento IBPM	Características asociadas
Entorno de composición gráfico basado en modelos	Posee una interfaz básica, no obstante, el diseñador debe poseer conocimientos de Javascript, Json y estar familiarizado con APIs tipo REST
Entorno de Interacción de Contenido	Gestión básica de documentos a través de API
Interacciones humanas	Configuración de repositorios compartidos para colaboración
Analítica	Reportes que integran Indicadores de desempeño
Procesamiento de Reglas de Negocio	Variables de proceso y variables de negocio (motor java)
Conectividad	Web Services, Conectores de herramientas CRM, APIs de redes, entre otros
Gestión y Administración	Gestión de usuarios y grupos
Experiencia integrada de Usuario	Formularios y páginas a partir de un diseñador integrado
Licenciamiento	De código abierto (extensible a comercial)

Con referencia a la tabla 4-6 se observa que a pesar de ser concebida originalmente como una herramienta libre, este software posee elementos suficientes como para

catalogarla como una herramienta funcional y competitiva. Se resalta también que aunque el desarrollo de procesos que involucran reglas de negocio y acciones avanzadas en formularios requiere conocimientos especializados en lenguajes de programación, a nivel básico las operaciones de despliegue y diseño están disponibles sin incorporar mucho código, con lo cual se incluye a un gran número de profesionales en el grupo de usuarios finales.

Respecto al ítem de licenciamiento mencionado en la última fila de la tabla anterior, el fabricante ofrece también una versión empresarial con licenciamiento por uso (basado en casos) y soporte con lo cual se ofrece adicionalmente la posibilidad de asesorar a un cliente potencial en la adecuación de la herramienta según las necesidades reportadas

4.5.3 Alternativa S3

El fabricante de esta suite es un líder dentro de los fabricantes de software en todo el mundo cuyos productos involucran prácticamente todas las capas de un diseño de un sistema de información distribuido incluyendo base de datos, servidor para despliegue de aplicaciones y frameworks de desarrollo. Su categoría de líder tiene como beneficio adicional para los clientes potenciales poder contar con canales especializados de soporte, así como tener opciones de integración con otros productos. Posee una versión Cloud que permite evaluar el producto por un periodo mayor a 30 días y, si bien requiere una tarjeta de crédito para acceder a este periodo de evaluación, se garantiza la posibilidad de culminar el periodo de prueba sin una renovación automática al tiempo que se brinda crédito para probar no solo está sino otras funcionalidades pertenecientes a la gama de productos que maneja el fabricante lo cual se evidencia también en la conectividad.

Tabla 4-7: Características de la alternativa 3 como Suite inteligente, elaboración propia a partir de información del fabricante para una versión estándar (nombre omitido por temas de confidencialidad)

Elemento IBPM	Características asociadas
Entorno de composición gráfico basado en modelos	Asistente rápido para creación de procesos con tareas preconfiguradas
Entorno de Interacción de Contenido	Adaptadores (integración) incluye ECM
Interacciones humanas	Aplicación móvil y acceso personalizado en la nube
Analítica	Tableros de analítica de negocios y monitoreo
Procesamiento de Reglas de Negocio	Editor de expresiones en línea para reglas y asignaciones
Conectividad	Web Services, Integraciones y módulos exportables para otras aplicaciones desplegables
Gestión y Administración	Gestión de usuarios y tareas de aprobación integradas
Experiencia integrada de Usuario	Formas dinámicas y procesos dinámicos
Licenciamiento	Pago por recursos consumidos

De la tabla 4-7 es posible concluir que la Suite se adapta fácilmente a las necesidades de un analista de negocio que no está familiarizado con temas de configuración e instalación (tal como sucedería en una versión de escritorio), desea desarrollar con poco código y además otorga el beneficio de poder modificar procesos sin instalar software específico. De la última fila se aclara que luego del periodo de prueba, los costos derivan únicamente de los módulos usados, algo útil para algunas situaciones de negocio.

Una comparación general de las suites puede ser consultada por lector a través del siguiente enlace, al cual se podrá solicitar acceso para propósitos de revisión de fuentes:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1nAVkRC6mM9ejeQYvFPWNUCIXDCqvW7ssGdc255t46co/edit#gid=0>

4.6 Conclusiones del Capítulo

Las tendencias actuales del mercado muestran una fuerte orientación al uso de servicios en la nube como parte de una estrategia que busca reducir costos en infraestructura y migrar al uso de herramientas más eficaces que puedan suplir las nuevas demandas de información. Este escenario es aplicable también a empresas cuya base no es netamente tecnológica ya que la adopción de este tipo de herramientas es útil en el camino a la transformación digital.

De esta forma, factores funcionales asociados al uso de plataforma como servicio (PaaS) son relevantes para un problema de selección de un paquete específico de software.

Como se evidencia en la revisión de literatura, no es posible establecer una jerarquía genérica que constituya un marco de evaluación aplicable a todos las herramientas de software, sin embargo, es posible extraer algunos factores que en orden de relevancia permiten orientar la elección de criterios aplicables a un problema de toma de decisión. En esta línea, la consideración de criterios se basa en factores obtenidos de una revisión de literatura que otorga una jerarquía compuesta por cinco elementos: documentación, funcionalidad, contexto de decisión, factores técnicos y proveedores. Una revisión sobre los usos asociados al software BPM muestra que las suites se ubican en el centro de herramientas de software asociadas a procesos de negocio y que su posición permite adaptarse a las necesidades de un gran número de empresas, en particular, aquellas en donde la visión de procesos no presenta gran madurez. Es así como los criterios relacionados con escalabilidad e integración son relevantes para la selección.

Con base en lo anterior se establecen 3 alternativas de decisión que no sean fuertemente afectadas por factores excluyentes como el costo de propiedad, que posean elementos de suites inteligentes y que puedan ser evaluadas directamente.

5. Identificación de Criterios

En el capítulo anterior se llevó a cabo la revisión de metodologías para selección de software que pueden ser aprovechadas para elegir una de las alternativas identificadas. Si bien estos elementos hacen parte de un problema de decisión, no son determinantes y requieren de un elemento intermedio que puedan brindar parámetros que identifiquen las opciones que componen el conjunto de elementos elegibles por un decisor. La investigación muestra que establecer propiedades y criterios de selección hace parte de un proceso de aprendizaje dentro de una elección que viene dada por una valoración de preferencias (Saaty & Vargas, *Decision making with the analytic network process : economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks*, 2013). Este supuesto es aplicable al problema esbozado en este trabajo en donde varias de las metodologías inspeccionadas hacen referencia a tener un conocimiento sobre las alternativas desde varios enfoques. Más explícitamente, algunas de ellas como RBR y AHP hacen alusión a definir criterios que permitan caracterizar las alternativas y sitúan este punto como uno de los pasos principales para resolver un problema de selección. En este capítulo se examina la literatura para identificar criterios generales y delimitar aquellos que son pertinentes, con lo cual se busca cumplir también lo propuesto para el tercer objetivo específico fijado en la propuesta inicial

5.1 Criterios encontrados en la literatura para la selección de Software BPM

5.1.1 Criterios basados en Integridad

Un enfoque basado en evaluación y uso del software BPM define integridad como un conjunto de categorías generales que incluyen disponibilidad, fiabilidad, seguridad de información, desempeño en tiempo real, supervivencia y mantenibilidad (Li, Cui, Ma, & Wang, 2012). Este enfoque agrupa los siguientes elementos para cada categoría:

Tabla 5-1: Categorías asociadas a integridad de una suite, adaptado de (Li, Cui, Ma, & Wang, 2012)

Categoría	Elementos aplicables
Disponibilidad	Conformidad de la función BPM Cumplimiento de la función BPM Integridad de los módulos clave BPM Eficiencia del proceso Fácil instalación y operación
Fiabilidad	Capacidad de diseño de procesos Capacidad de ejecución de procesos Capacidad de monitoreo de procesos Capacidad para gestionar procesos Capacidad para procesar optimizaciones Escalabilidad del proceso
Seguridad de información	Seguridad de datos Confidencialidad Roles y control de acceso Procesos basados en normas
Desempeño en tiempo real	Monitoreo en tiempo real Tiempo de respuesta Rendimiento en disparadores de eventos
Supervivencia	Tolerancia a fallos Identificación de ataques Rendimiento post Restauración Mejoramiento continuo
Mantenibilidad	Componentes para facilitar pruebas Soporte del producto Servicios del fabricante

5.1.2 Criterios basados en funcionalidad para usuarios generales

Un estudio realizado en Brasil (Silva, Poletto, de Carvalho, & Costa, 2014), que resalta la importancia de adoptar una herramienta BPM como parte de la sinergia requerida para adaptarse a las condiciones del mercado, toma una lista de criterios derivados no solo de las necesidades de las organizaciones, sino que además, deriva de los beneficios de aquellas que han implementado BPM. Los criterios se encuentran consignados en la siguiente tabla

Tabla 5-2: Criterios relacionados con funcionalidad, adaptado de (Silva, Poletto, de Carvalho, & Costa, 2014)

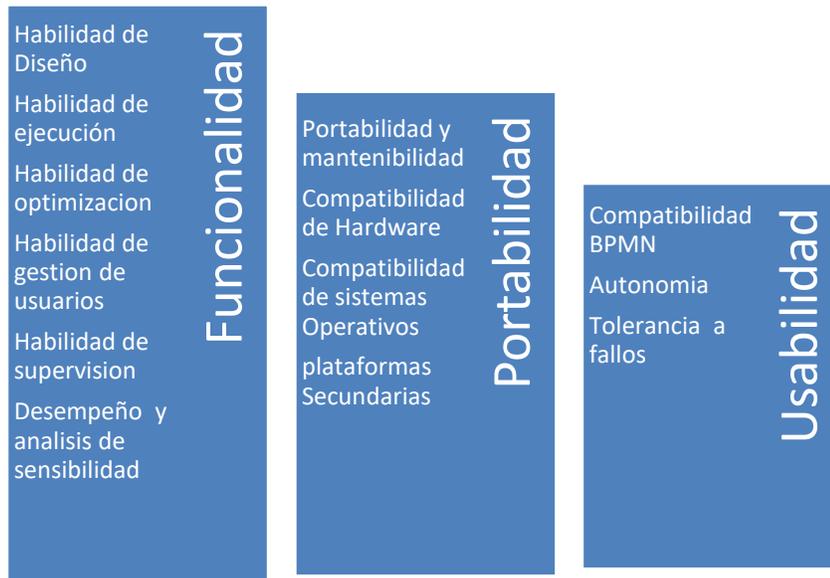
Categoría	Descripción
Simulación	Capacidad para simular la conducción de un proceso con parámetros tales como costo, duración, recursos y variables de entrada que pueden seguir una distribución de probabilidad.
Integración	Habilidad para conectar programas cuyo framework de programación y/o tipo de licenciamiento es distinto
Soporte técnico	Permite obtener información o ayuda sobre la ejecución de procedimientos sobre la herramienta
Formas dinámicas	Incluye la creación de formularios dinámicos que incorporen validación a través de reglas predefinidas a nivel de aplicación, y conexión dinámica entre campos y base de datos
Plantillas auxiliares para diseño de procesos	Consta de plantillas construidas previamente que aceleran el desarrollo y la implementación de procesos relacionados con los propios procesos de la organización que involucren áreas como Recursos Humanos, Finanzas, TI y otras áreas de una organización
Reportes	Aborda la generación de reportes sobre métricas de los procesos. Por ejemplo, para un proceso basado en gestión de casos, debería incluir un reporte que relacione estados y cumplimiento de actividades
Desempeño	Se relaciona el rendimiento de la herramienta, no sólo desde la perspectiva de los requerimientos del sistema sino también desde el punto de vista de usuario
Potencial de la herramienta	Mide el nivel de aceptación de la herramienta en el mercado en aspectos como reputación, participación a nivel local y referencias por parte de personas que hayan usado el producto
Flexibilidad	Denota la habilidad de adaptarse a los cambios de algún proceso, bien sea durante la fase de desarrollo o posterior a su implementación
Usabilidad	Implica un alto nivel de interacción con el usuario final y así mismo cuenta con características deseables e intuitivas reflejadas en interfaces gráficas de usuario, menús, navegación inteligente y directa

5.1.3 Criterios basados en Flexibilidad a nivel de herramienta

Otros estudios involucran aspectos más generales, sobre los cuales, se elige uno de ellos para realizar un desglose más estructurado. Un ejemplo de esto consiste en tener como criterios base las características del software, la credibilidad y la flexibilidad, adoptando el último en mención una vez que se argumenta que esto corresponde a una necesidad propia del usuario final (Wang, Wang, & Mei, 2015) y derivando, a partir de

este punto, categorías como las dimensiones funcionales, la portabilidad (junto con la capacidad de mantenimiento), la usabilidad y confiabilidad del software, lo cuales se muestran en la figura siguiente

Figura 5-1: Criterios basados en flexibilidad centrados en usuario final y funciones de adaptación del software, adaptado de (Wang, Wang, & Mei, 2015)



Respecto a los resultados del artículo del cual se extraen los criterios discriminados en la figura 5-1, la ponderación de criterios arroja una mayor preferencia por la portabilidad y usabilidad, lo cual contrasta parcialmente con la distribución de criterios mostrada, pero que es coherente en términos de requisitos actuales de software en donde las características funcionales son indispensables, pero que no suponen un valor agregado, lo cual se logra a través de interfaces y aprovechamiento de tecnologías que mejoren la experiencia de usuario.

5.2 Lista de Criterios relevantes para el estudio

5.2.1 Agrupación de criterios obtenidos de la literatura

Si bien algunos sistemas de información fijan categorías globales en las cuales se enuncian a modo de ejemplo arquitectura, funcionalidad y requerimientos de costo

(Colombo & Francalanci, 2004), tal como se evidencia en la sección precedente, una Suite BPM moderna exige revisar factores de mercado, tal como se haría en un estudio integrado con herramientas aplicadas a la gestión tecnológica (García, 2013) y por tanto se hace alusión también a elementos referentes al ciclo de vida de tecnologías

Una revisión basada en la sección previa, en la que se presentaba cómo a partir de categorías base como la funcionabilidad y la usabilidad se definían criterios para realizar comparaciones entre alternativas concretas, permite obtener también la siguiente tabla en la que se incluye también la clasificación clásica que consta de segmentar criterios en los grupos funcionales y no funcionales, así como criterios derivados de elementos de mercado que en términos de selección también son relevantes:

Tabla 5-3: Criterios examinados para Suites BPM en categorías generales, adaptado de (García, 2013), (Paradkar, 2018) y otros

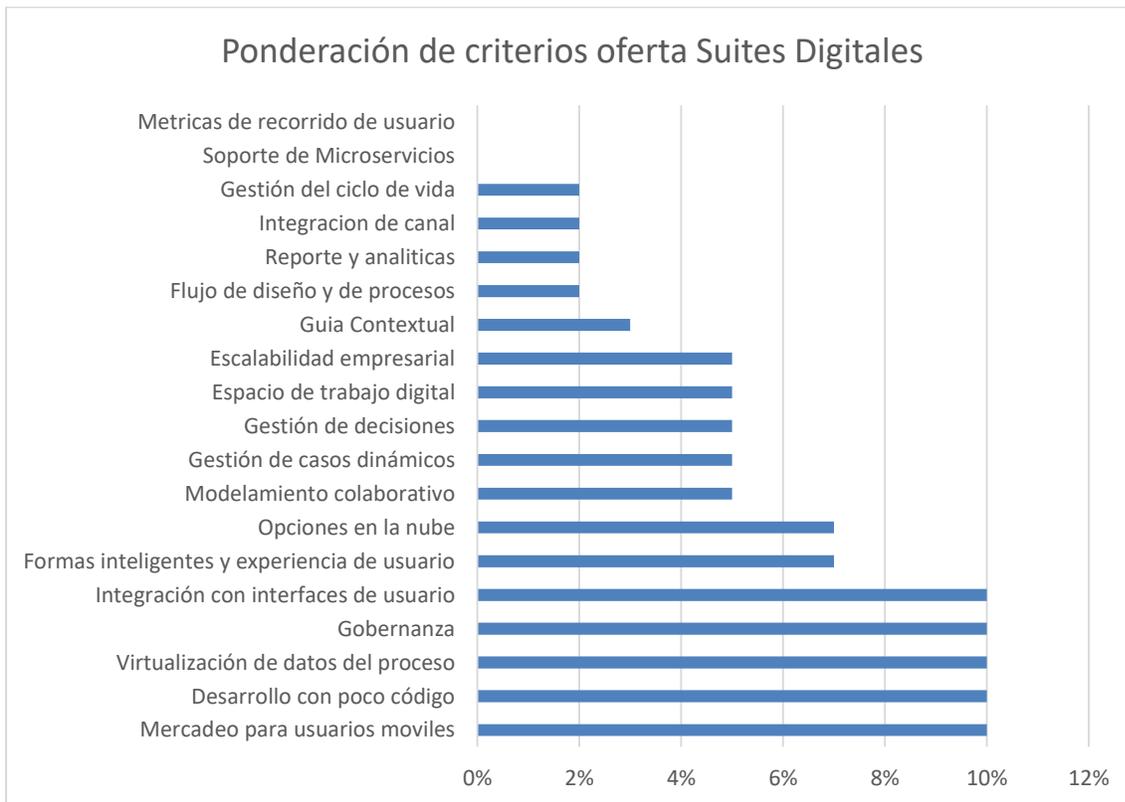
Categorías generales	Criterios ejemplo	Elementos Asociados
Funcionales	Funcionalidades básicas o esperadas en el producto	Construcción de diagramas, Simulación, Compatibilidad y diseño BPMN
No Funcionales	Personalizaciones, mejoras para usuarios finales, características distintivas	Seguridad de la información Flexibilidad, Escalabilidad, Desempeño, tolerancia a fallos
Oferta	Proveedores, fabricantes, madurez del producto	Reputación del fabricante, Soporte técnico, tiempo en el mercado
Financieros	Adquisición, desarrollo, mantenibilidad	Licenciamiento, usabilidad Entrenamiento, desarrollo con poco código

Como se observa, varios de los criterios examinados previamente entran en la categoría de requerimientos no funcionales (Paradkar, 2018), lo cual coincide con el enfoque de algunos fabricantes que sin ser líderes en el mercado, tienen como estrategia centrarse en aspectos de usuario y en requerimientos derivados de calidad y mejoras en la experiencia a nivel de producto

5.2.2 Criterios relevantes según Reportes de Forrester

Como fue examinado en la sección 3, la evaluación de las suites modernas se lleva a través de elementos generales como la oferta, la estrategia y el mercado. Al considerar dentro de la selección de las alternativas factores de mercado y estrategia, conviene retomar la ponderación de criterios, en particular los del reporte de suites digitales² ya que esto constituye un indicador útil para orientar la elección de criterios para un estudio focalizado local tal como el que se propone en este documento

Figura 5-2: ponderación porcentual de criterios de oferta para Suites digitales según Forrester

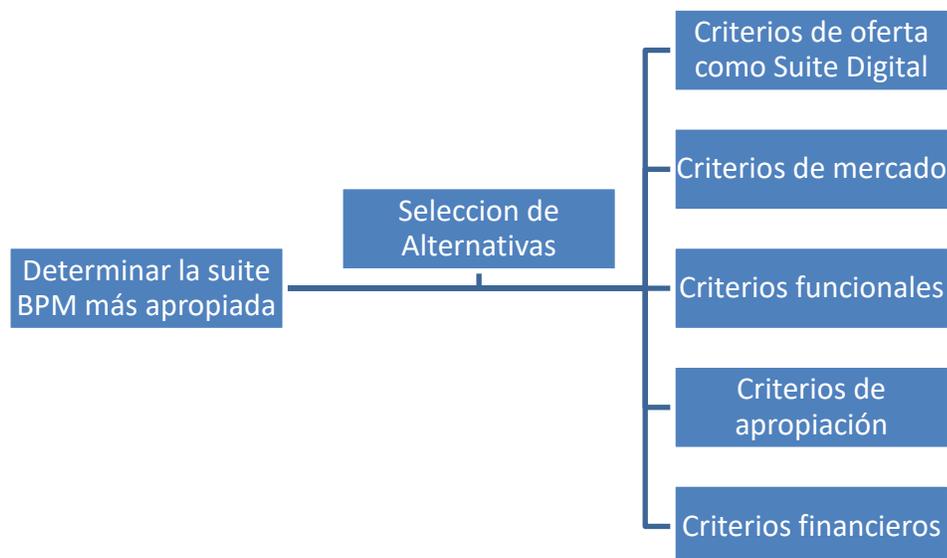


² Los elementos que se mencionan para la parte de oferta para el reporte de Suites de despliegue profundo además de estar ponderados con el mismo porcentaje (cerca de 33% para cada uno de los 3) son generales y no constituyen por tanto un conjunto de criterios base. A modo de ejemplo, las herramientas de despliegue y administración incluyen muchas características funcionales

5.3 Criterios elegidos

De acuerdo a la revisión realizada con base en esta sección y la precedente, se tiene la jerarquía parcial de criterios mostrada en la siguiente figura, la cual recoge también algunos criterios extraídos del marco jerárquico de selección de software (Rojas, Cortes, & Pinzón, 2015) que aplican dentro del contexto de sistema de información:

Figura 5-3: Grupo de criterios como factores subordinados que permiten evaluar las alternativas del problema base que tiene como objetivo determinar la Suite BPM apropiada, elaboración propia



Tomando como fuentes primarias de información los reportes empresariales Forrester y Gartner y la revisión bibliográfica limitada a artículos de la presente década se obtienen las siguientes cuatro categorías que agrupan a los criterios elegidos:

5.3.1 Criterios de oferta como suite digital

Estos criterios son principalmente extraídos del reporte Forrester, no obstante, coinciden con elementos mencionados en estudios basados en definiciones específicas de sistemas de información como el de flexibilidad realizado en 2015 (Wang, Wang, & Mei, 2015) que parte de métricas usadas en calidad de software para definir los criterios vistos en la primera parte de este capítulo. Los criterios asociados a esta categoría son:

CP1 - Desarrollo con poco código: este concepto se relaciona con la habilidad de una herramienta software para crear aplicaciones con algún grado de personalización mediante asistentes e interfaces gráficas en contraste a los métodos tradicionales de programación con menos niveles de abstracción. Su importancia como criterio radica en el concepto de herramientas BPM para despliegue profundo donde se debe garantizar el soporte a casos de uso complejos y ofrecer al mismo tiempo la versatilidad de una herramienta de desarrollo de bajo código (Koplowitz, 2019)

CP2 - Virtualización de datos de los procesos creados en la suite: consiste en una serie de acciones para integrar datos de distintas fuentes sin necesidad de duplicar o replicar los esquemas. Al aplicar este concepto a los procesos, una suite debe ser capaz de acceder a distintas fuentes y al mismo tiempo ofrecer una interfaz adecuada que sea compatible con la visualización de los datos de negocio que si posean un origen interno. Este criterio posee una ponderación relevante como elemento de oferta de una suite digital (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015)

CP3 - Gobernanza a nivel de datos: una definición relacionada hace alusión a un enfoque organizacional para la gestión de datos e información que promueve la formalización de políticas y procedimientos para poder abarcar el ciclo de vida completo de los datos, con etapas que incluyen la adquisición, el uso y la eliminación (Korhonen, Melleri, & ..., 2013). De esta forma el criterio abarca temas de seguridad de información que deben estar soportados por esquemas conocidos en la industria y además constituye un grado de innovación para el fabricante de una suite BPM (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015)

5.3.2 Criterios de mercado

Este grupo deriva de varios reportes e incluyen temáticas asociadas también a la estrategia de fabricantes (Gartner INC, 2019) (Go forrester, 2019). Los criterios elegidos se describen brevemente a continuación:

CP4 – Oferta Comercial: este criterio se relaciona con la presencia del fabricante dado que al tener sedes físicas o representantes de ventas por región se garantiza la

existencia de canales directos de atención en temas relacionados con adquisición de software y soporte. Cuando no es posible establecer sucursales físicas, los fabricantes promueven la existencia de aliados que distribuyan software y ofrezcan servicios profesionales alrededor de las soluciones ofrecidas. Este criterio hace parte de la estrategia comercial y es un punto clave en la evaluación de un fabricante (Go forrester, 2019)

CP5 – Estrategia centrada en aplicaciones en la nube: como fue mencionado en el tercer capítulo, la computación en la nube se ha convertido en una de las tecnologías de mayor auge y preferencia por las empresas debido a factores como la disponibilidad y la optimización de costos por infraestructura. Adicionalmente, se encuentra que este es un punto que reportes como los de la consultora Forrester (Koplowitz, 2019) resaltan en sus valoraciones recientes para situar a los fabricantes relevantes en el mercado.

CP6 – Oferta para dispositivos móviles: este término que en principio es bastante cercano a la interacción con dispositivos no tradicionales, se relaciona no sólo con la disponibilidad de aplicaciones para plataformas como Android y IOS, sino a la capacidad de ejercer mercadeo alrededor de su uso para lo cual aspectos de desempeño, accesibilidad y contenido se vuelven relevantes (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015)

5.3.3 Criterios funcionales

Estos criterios se relacionan con características que son indispensables y que además son relevantes al considerar una herramienta BPM como la implementación de requisitos funcionales y no funcionales para un sistema de información enfocado en procesos (WMP Van Der Aalst, 2013). Dentro de este grupo se elige:

CP7 – Flexibilidad en diseño del proceso: como se mencionó en la sección 5.1.2 del documento, el concepto global de flexibilidad hace referencia a la habilidad que tiene el software para adaptarse a cambios, y por tal razón tiene implícito también poder acoplar en su ciclo de desarrollo como producto el uso de nuevas tecnologías como chatbots y automatización robótica de procesos. Si bien uno de los artículos examinados

descompone esta categoría en varias ramas que van desde lo funcional hasta temas de portabilidad (Wang, Wang, & Mei, 2015) , este criterio elegido se centra en la dimensión funcional que abarca el diseño ya que es un aspecto relevante para un usuario

CP8 – Interfaz: este es otro criterio que aparece de manera frecuente en la literatura y está ligado a los criterios funcionales (Silva, Poletto, de Carvalho, & Costa, 2014) además de ser afín al concepto experiencia de usuario, lo cual no está exclusivamente limitado a la capa de presentación y debe ser fácilmente accesible. Si bien es un concepto bastante amplio, es cercano también a que tan intuitiva es la aplicación por lo cual la evaluación de este criterio puede incluir tener acceso a las herramientas desde un navegador web

CP9 – Integración con otras aplicaciones: la integración entre aplicaciones se da a través de servicios Web bajo la implementación de estándares tradicionales como SOAP y REST, no obstante, para las suites modernas se contempla también el uso APIs y de nuevas tecnologías que faciliten a corto plazo la compatibilidad en servicios y a largo plazo la interoperabilidad. Este es un criterio base en diversos estudios (Almubarak & Omar, 2018) (Silva, Poletto, de Carvalho, & Costa, 2014)

5.3.4 Criterios de Apropiación

Este grupo se refiere a elementos que derivan de adquirir una herramienta y que son importantes para obtener funcionalidades añadidas o lograr beneficios adicionales que sólo se adquieren mediante un conocimiento alto sobre la herramienta

CP10 – Entrenamiento: aun cuando uno de los objetivos que busca la selección de alternativas es contar un grupo de herramientas evaluables que cuenten con una curva de aprendizaje rápida, el entrenamiento es un factor indispensable para que un usuario no especializado pueda aprovechar el potencial de una herramienta y a mediano plazo mejorar aspectos de desarrollo y ejecución. En términos de los reportes empresariales, este criterio se convierte en uno de los elementos del tipo “precaución” en los reportes de Gartner de suites inteligentes (Gartner INC, 2019) al señalar cómo en algunas suites evaluadas, tal como sucede con Auraportal, era necesario asistir a cursos especializados antes de comenzar a desarrollar aplicaciones dentro de la Suite

CP11 - Documentación: tal como fue mencionado en la revisión de selección de software, a nivel jerárquico la documentación y el acceso a dicha documentación es un criterio de gran ponderación a la hora de elegir una suite (Rojas, Cortes, & Pinzón, 2015), siendo el primero de los cinco criterios base que se proponen en el artículo para someter a evaluación un tipo de software específico.

CP12 - Comunidad: Consiste en una fuente abierta de información que promueve la generación de conocimiento a partir del uso y difusión de la documentación. Como beneficios adicionales de tener un grupo abierto alrededor del producto se tienen los hilos para reporte de fallos y la realimentación de los usuarios sobre las nuevas funcionalidades que al ser tenidos en cuenta en los lanzamientos de las versiones contribuyen en el mejoramiento y estabilidad de las versiones. Esto se pone de manifiesto para casos específicos en el reporte de Gartner de suites inteligentes (Gartner INC, 2019) en donde se menciona que para uno de los fabricantes evaluados, se reportaron menores índices de satisfacción entre usuarios finales pertenecientes a la comunidad del producto respecto a la calificación otorgada por usuarios especializados

5.3.5 Criterios financieros

Este grupo tiene en cuenta elementos que representan costos y por tanto son también decisivos en el momento de iniciar un proceso de adquisición. Este grupo contempla no sólo el licenciamiento sino criterios que pueden ser clasificados como pertenecientes al grupo de costos asociados a un proyecto (Rojas, Cortes, & Pinzón, 2015) que existen no sólo antes de la puesta en marcha de un aplicativo BPM sino también en su adopción

CP13 - Capacitación: mientras el entrenamiento se relaciona con la curva de aprendizaje y el tiempo requerido para aprender a usar la herramienta, este elemento está ligado a la inversión económica que supone contratar un experto o capacitar al personal para que opere y pueda obtener beneficios de la herramienta BPM. En el reporte de suites de despliegue profundo (Koplowitz, 2019) se resalta también su importancia como elemento con alta ponderación en estrategia

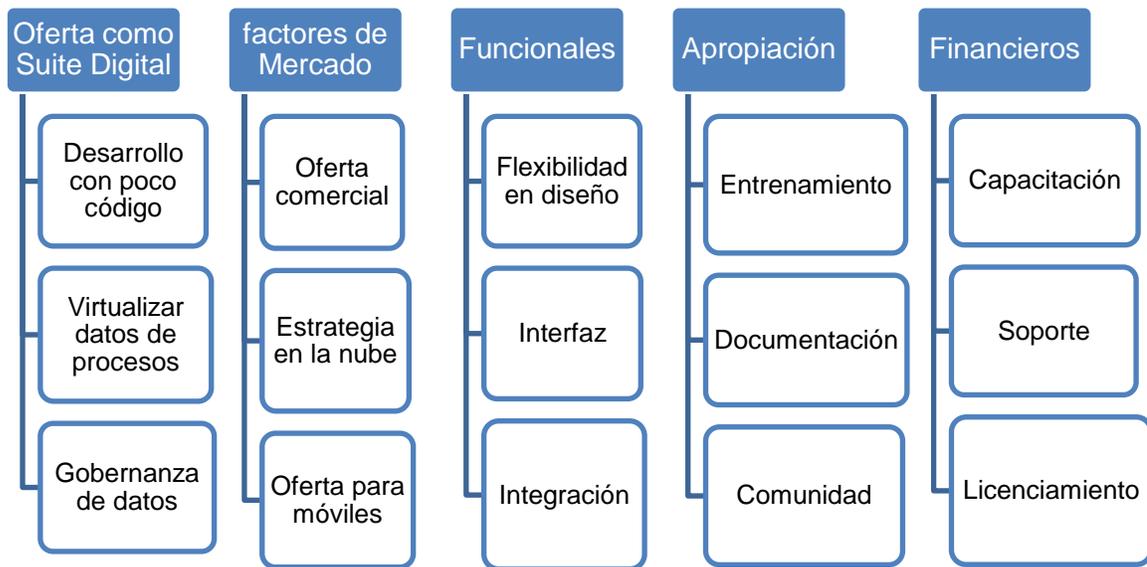
CP14 - Soporte del producto: aun cuando no necesariamente está ligado a la calidad del software, este criterio mide aspectos relacionados en la atención de defectos en las versiones y lanzamientos oficiales, así como problemas de usuario que se presentan en torno a la instalación, configuración o uso de la suite, lo cual se traduce en inversión de tiempo y recursos financieros. A diferencia del criterio de entrenamiento, en el reporte de Gartner de suites inteligentes (Gartner INC, 2019), tiene una connotación positiva ya que destaca el soporte a nivel de producto como un elemento para tener en cuenta en más de uno de los fabricantes evaluados

CP15 – Licenciamiento: este ítem no sólo constituye el rubro predilecto para los involucrados en la toma de decisión para un proceso de compra sino que además es el último paso para los marcos de evaluación que tienen en cuenta la adquisición del software (Jadhav, technology, & 2009). Con el surgimiento de la oferta como plataforma funcional en la nube, este criterio se vuelve más difícil de valorar ya que los fabricantes poseen actualmente modalidades distintas a las tradicionales licencias totales de uso, y en contraste, se ofrecen suscripciones que se convierten en el nuevo foco de estrategia comercial para obtener ingresos recurrentes

5.3.6 Cluster de Criterios fuente Primaria

De acuerdo a la información presentada en esta sección, los criterios elegidos agrupados en cinco categorías se resumen en la figura 5-4 en donde se muestra la jerarquía relativa para cada uno de ellos. Para efectos de este trabajo, las fuentes confiables de datos, usualmente referidas como fuentes primarias se obtienen principalmente de entrevistas con expertos (Nahid Alam, Khan Jebran, & Afzal Hossain, 2012) y son claves para obtener datos empíricos que en este caso son un reflejo de la experiencia de los expertos en el tema de interés y requiere que los entrevistados posean un conocimiento especializado que abarque los criterios enunciados, a diferencia de las fuentes secundarias en donde a modo de ejemplo se tiene a los sitios web como origen de datos.

Figura 5-4: Criterios elegidos a partir de cuatro categorías, elaboración propia a partir de revisión bibliográfica y reportes empresariales (Koplowitz, 2019), (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015) (Wang, Wang, & Mei, 2015) (Li, Cui, Ma, & Wang, 2012)

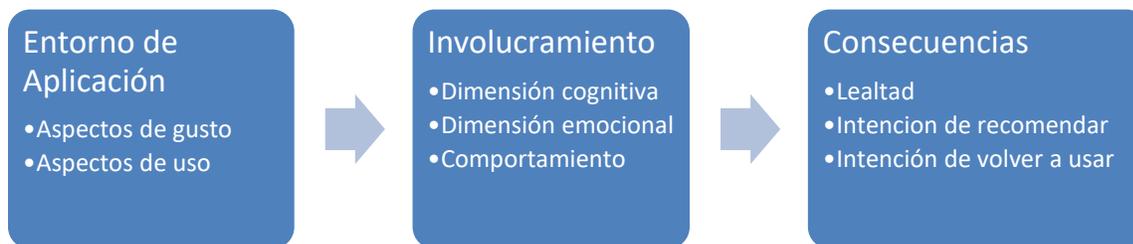


5.3.7 Cluster de Criterios fuente Secundaria

Dependiendo de un escenario de decisión, la evaluación a través de expertos puede ser difícil si las alternativas de selección son mutuamente excluyentes o si el nivel de experticia requerido exige contar con conocimientos especializados que a nivel de industria son restringidos. Para este estudio, si bien existen fuentes abiertas de información, se encuentran dificultades para seleccionar expertos en todas las alternativas, dada la coyuntura derivada de una estrategia centrada en la nube transversal para las suites seleccionadas. En este punto, se tiene en las fuentes secundarias, es decir la disponible a través de sitios web y literatura gris ofrecida por los fabricantes, una fuente de información que es relevante para el estudio sobre las suites. De esta forma, se tiene como método alternativo contar con un grupo seleccionado de

funcionalidades derivadas de los criterios obtenidos en la sección anterior, como se reseña en algunos trabajos previos enfocados en evaluación (Delgado, Calegari, Milanese, Falcon, & García, 2015), en donde se busca elegir características específicas y filtrar fabricantes según su disponibilidad. Respecto a la lista inicial de criterios, para este nuevo cluster se excluyen los factores de mercado, en virtud de estar asociados con la estrategia empresarial de acuerdo con los lineamientos de firmas consultoras (Go forrester, 2019) y que para el caso de dos de las tres suites, definidas alternativas dentro de este documento, tienen ponderaciones similares en el reporte de Forrester (Koplowitz, 2019). Adicionalmente, se pone como nuevo criterio a *la interacción con usuarios móviles*³ dentro del clúster de criterios de suite digital. Para entender la importancia de este criterio, se expone también a continuación una figura que ilustra un marco conceptual (Gatautis & Tarute, 2017) en el que se clasifican aspectos de las aplicaciones móviles en torno al usuario:

Figura 5-5: Marco de interacción de usuarios de aplicaciones móviles, adaptado de (Gatautis & Tarute, 2017)

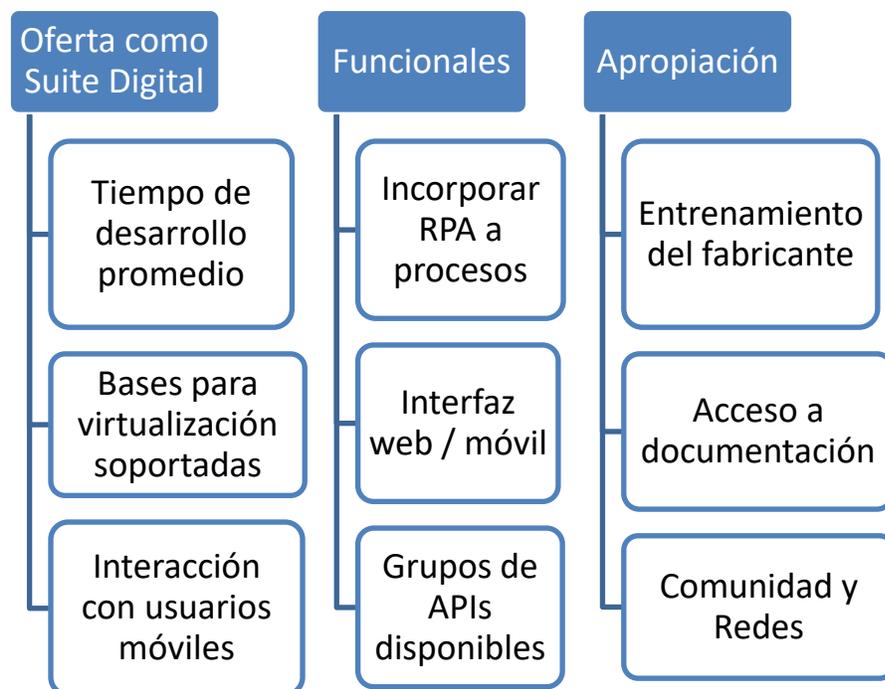


Lo anterior tiene implicaciones a nivel comercial y estratégico que hacen relevante este criterio. Este hecho es reflejado también en la ponderación mostrada en la sección 5.2 (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015). Una razón adicional para poner este criterio sobre *la gobernanza de datos* (un criterio considerado inicialmente) tiene que ver con que este último se refiere al cumplimiento de políticas y procesos que en principio requerirían información interna de las empresas de software involucradas a

³ Al no encontrarse una traducción exacta para Mobile Engagement, se pone en consideración este término para expresar que el término original hace referencia a la interacción de usuarios con versiones móviles del producto (y a involucrarse con la publicidad en torno al producto) en un contexto ligado también al mercadeo digital

fin de ser ponderadas. Además de lo anterior, se tiene que para el caso de las suites evaluadas, dichas políticas constituyen un criterio que necesariamente debe cumplirse para poder ser distribuido en clientes de Europa (un factor en común para las tres suites), lo cual puede verificarse dentro de la documentación de cada fabricante, al buscar las declarativas referentes al cumplimiento de políticas explícitas como el reglamento de protección de datos (GDPR, por sus siglas en inglés), que son de estricto cumplimiento para entidades financieras y públicas. Teniendo en cuenta lo anterior, la nueva jerarquía de criterios compuesta por 3 clusters es mostrada en la figura siguiente:

Figura 5-6: Criterios medibles depurados en tres categorías, elaboración propia a partir de revisión bibliográfica y reportes empresariales (Koplowitz, 2019), (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015) (Wang, Wang, & Mei, 2015) (Li, Cui, Ma, & Wang, 2012)



Una breve descripción de estos criterios se da en la tabla 5-4

Tabla 5-4: Criterios de fuente secundaria adaptados para realizar ponderación. Elaboración propia a partir de revisión bibliográfica y reportes empresariales (Koplowitz, 2019), (Richardson, Cullen, McGovern, Forrester, & 2015, 2015) (Wang, Wang, & Mei, 2015) (Li, Cui, Ma, & Wang, 2012)

Criterio Adaptado	Descripción	Unidades	Tendencia
Tiempo de desarrollo promedio	Tiempo estimado para desarrollar proceso básico	Minutos	Minimizar
Virtualización de datos de procesos	Bases de datos soportadas para virtualización	Bases de datos	Maximizar
Interacción con usuarios móviles	Indicador que mide el nivel de satisfacción de usuario con la versión móvil de la aplicación	Puntuación media tienda aplicaciones	Maximizar
Incorporación de RPA (Automatización Robótica de Procesos)	Suites de RPA soportadas por la suite para desarrollo de procesos	Suites RPA	Maximizar
Interfaz compatible	Soporte web a nivel de navegadores y aplicaciones móviles (IOS Android)	Plataformas web /móviles soportadas	Maximizar
Integraciones	Grupos de APIs disponibles	Grupos de endpoints	Maximizar
Acceso a Documentación	Acceso a contenidos en internet que permitan conocer y evaluar el producto	Número de sitios web centralizados	Maximizar
Redes y grupos especializados de discusión alrededor del producto (comunidad)	Repositorios y fuentes para la difusión de información, así como de intercambio de ideas en torno al producto	Plataformas de difusión de información	Maximizar
Costo para sesiones de capacitación (no gratuitas)	Costo base para una sesión de entrenamiento dictada por el fabricante	Dólares	Minimizar

La puntuación encontrada para cada una de las alternativas se da en la siguiente sección. Para mayor información, puede consultarse el siguiente enlace:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1IcjPiO-0Q-lhRZrz-sS0BwG_EOy0DFJcOHfOPH3EhTA/edit#gid=0

Sobre el link anterior, al solicitar acceso se manifiesta que la información solo obedece a propósitos académicos. El uso de un link adicional se da para mantener la confidencialidad de la información ya que al ser un estudio sobre Suites, la mayor parte de información se encuentra en los sitios pertenecientes a los fabricantes, y por tal motivo colocar dichos enlaces, inclusive como enlaces abreviados, revelaría las alternativas y esto iría en contra de los propósitos del trabajo, ya que reservar las fuentes tiene relación estrecha con un principio de objetividad

5.4 Conclusiones del Capítulo

Los criterios para evaluación de un sistema de información aplicado a la gestión de procesos están influenciados por una gran variedad de factores que van más allá de aquellos que se rigen por elementos técnicos. De la misma forma que el BPM ha evolucionado desde finales del siglo anterior hasta el día de hoy, los sistemas asociados también han cambiado drásticamente en aspectos funcionales y no funcionales, lo cual propicia que los criterios de selección sean acordes no sólo a los cambios, sino a la capacidad de seguir evolucionando en torno a las necesidades de los usuarios de dichos sistemas. La revisión bibliográfica arroja varias posibilidades acerca de cómo establecer jerarquías a partir de un aspecto global entre los cuales es posible citar a modo de ejemplo la usabilidad, la flexibilidad o la integridad. A pesar de que la pertinencia de establecer rangos y categorías a partir de estas definiciones depende también de aspectos dependientes del contexto tecnológico y local, a la hora de plantear criterios derivados se encuentran factores comunes, algunos de los cuales han sido plasmados en la definición de elementos para este trabajo. Con referencia al contexto tecnológico y de mercado actual, es posible identificar como elementos relevantes aquellos centrados en el usuario y en la agilidad de procesos. Estos criterios se reflejan también en aspectos de estrategia de los fabricantes que buscan crear no solo interfaces con alta usabilidad, sino que además sean versátiles y atractivas a los usuarios.

6. Metodología del estudio

En este capítulo se examina el proceso de toma de decisiones teniendo como foco la metodología AHP ya que permite estructurar el problema de decisión estableciendo propiedades cuantificables en forma de criterios y prioridades para cada uno de ellos a partir de la evaluación de expertos, en donde también es posible medir la consistencia de los juicios a partir de las matrices obtenidas de este proceso. La valoración de los criterios respecto a las alternativas se realiza a partir de puntuaciones tomando como referencia fuentes secundarias. Respecto a los objetivos fijados para este trabajo, el presente capítulo se centra en el cuarto objetivo específico.

6.1 Toma de decisiones

La toma de decisiones depende en gran medida de la definición de un contexto dado en el cual se tiene la tarea de elegir un único elemento dentro de un conjunto que contiene una serie de resultados o eventos posibles. Por ejemplo, es usual ver como en un proceso de toma de decisiones a nivel gerencial el primer paso es determinar una fuente de datos que permita realizar análisis estadísticos sobre datos históricos (regresión o predicción sobre series de tiempo a modo de ejemplo). En casos más concretos donde se tienen factores de incidencia sobre una variable de decisión específica o sobre un proceso determinado, el análisis puede ser realizado a través de herramientas estadísticas de control de calidad que incluyen los diagramas de Pareto, diagramas de causa efecto, histogramas, entre otros (Black, 2010). No obstante, en casos triviales donde no existe ningún registro o herramienta de trazabilidad, así como en las decisiones cotidianas como elegir un producto de acuerdo a una necesidad que va más allá de un criterio único como el precio, no sólo se cuenta con un escenario de selección de alternativas que es sustancialmente distinto al presentado previamente, sino que además es necesario contemplar otros criterios que no necesariamente son cuantitativos. Ante este tipo de problemas, un enfoque tradicional sugiere jerarquizar el problema tal como se propone en los siguientes pasos (Saaty & Vargas, 2012) y que obedecen a múltiples criterios:

- Identificar objetivo
- Identificar objetivos derivados
- Identificar criterios de aceptación para los objetivos secundarios
- Identificar subcriterios bajo cada criterio
- Identificar actores
- Identificar objetivos de los actores
- Identificar políticas de los actores
- Identificar los resultados posibles
- Tomar la salida deseada y comparar las razones entre beneficios y costos
- Realizar un análisis beneficio/costo sobre valores marginales

En los pasos anteriores, se asume que el costo es uno de los criterios base y por tanto es un paso que dependiendo del alcance del estudio debe ser priorizado. Con base en lo anterior se encuentra que muchos de los problemas de toma de decisión pueden ser abordados desde una perspectiva multicriterio abarcan un amplio rango según el tipo de decisión y van desde lo táctico hasta lo estratégico. Así mismo, las decisiones involucran elementos como un periodo de tiempo, y factores derivados como la novedad y la capacidad de automatización tal como se muestra en la tabla siguiente (Ishizaka & Nemery, 2013):

Tabla 6-1: categorías de decisiones, traducido de (Ishizaka & Nemery, 2013)

Decisión	Tiempo asociado	Novedad	Grado de Estructura	Automatización
Estratégico	Largo plazo	Nuevo	Bajo	Bajo
Táctico	Mediano plazo	Adaptativo	Semi-estructurado	Medio
Operacional	Corto plazo	Diario	Bien definido	Alto

De lo anterior se infiere también que una metodología de análisis multicriterio puede ser aplicada en muchas disciplinas que incluyen informática, psicología, administración, economía, entre otras. En particular, la selección de alternativas puede incluir al software al ser considerado como un bien que puede ser adquirido y permite ser calificado.

Con base en la revisión de metodologías de selección de Software se encuentra que varias de ellas convergen en el uso de un método de análisis multicriterio que basan su operación en definir factores de decisión no triviales cuyo objetivo sea encontrar la mejor

alternativa. A continuación se examina con mayor detalle esta metodología, haciendo énfasis en AHP como una de las técnicas más aplicadas en el análisis multicriterio

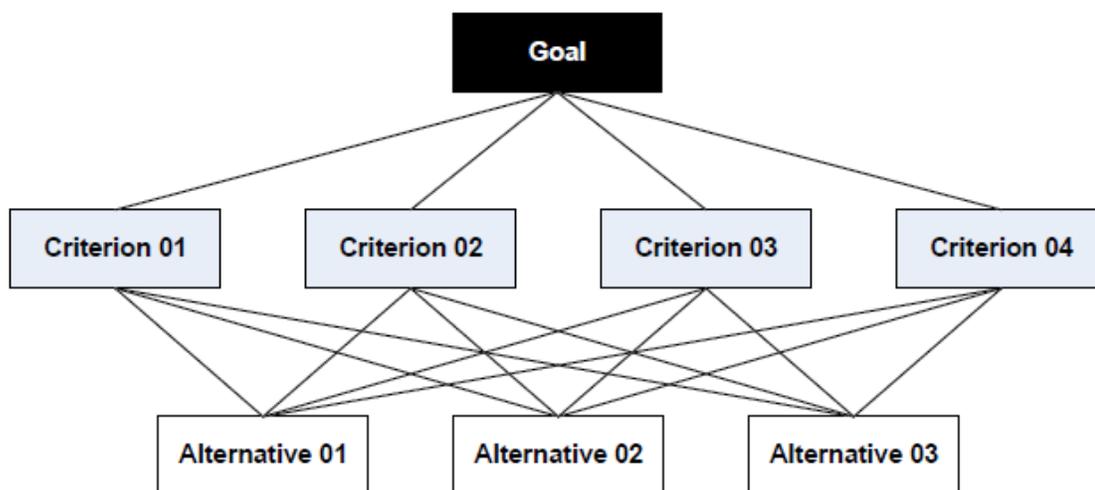
6.2 Metodología AHP

Esta metodología, planteada como una técnica de toma de decisiones (Saaty T., Group Decision Making and the AHP, 1989) y que ha venido siendo desarrollada por más de dos décadas, puede ser aplicada a muchos escenarios de decisión en los que se disponga de varias alternativas, y, al ser un enfoque sistemático, puede ser descrita a través de pasos como los siguientes:

- Establecer un modelo de decisión junto con una jerarquía

El primer paso del método AHP consiste en definir los parámetros de un problema de decisión que vistos como una lista de alternativas y elementos de decisión obedecen a una jerarquía. En la figura siguiente, se muestra a nivel general la jerarquía respecto a un problema dado:

Figura 6-1: Ejemplo de jerarquía frente a un problema dado, tomado de (Vargas, congress, & 2010)



Con referencia a la figura, en la parte superior se ubica la meta u objetivo propuesto, lo cual es también el nodo origen de una serie de criterios relacionados a una serie de

alternativas a fin de realizar comparaciones, que muchas veces son empíricas y dependen de la experiencia del evaluador

- Derivar prioridades para el conjunto de criterios:

Dado que los criterios tienen la misma importancia, es necesario derivar un arreglo o lista de prioridades relativas, es decir evaluadas entre sí, para lo cual se requiere que exista una equivalencia entre la valoración cualitativa dada por la persona con rol de evaluador y el valor numérico asociado. La escala sugerida por Saaty es mostrada en la tabla siguiente, en la cual la igualdad se representa con uno y los juicios con enteros:

Tabla 6-2: Escala de Saaty para evaluación

Juicio Verbal	Valor numérico
Extremadamente Importante	9
	8
Mucho más importante (demostrada)	7
	6
Más importante en un grado fuerte	5
	4
Moderadamente más importante	3
	2
Iguales	1

La evaluación define una matriz y a modo de ejemplo, se tiene que para un número de criterios equivalente a 3 existe una diagonal de unos representando las comparaciones entre criterios equivalentes y las siguientes propiedades para los demás elementos a fin de conservar propiedades de consistencia en las comparaciones pareadas:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 \end{bmatrix}$$

En donde se cumple la siguiente relación para cada elemento no perteneciente a la diagonal

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$$

- Obtener pesos para los subcriterios:

Al tener como resultado de establecer una jerarquía una serie de subcriterios, es necesario calcular el vector de pesos asociado a los mismos. El procedimiento para este cálculo es similar al realizado para los criterios locales, sólo que en este caso las comparaciones pareadas se llevan entre subcriterios para determinar su importancia relativa respecto al criterio del cual es subordinado en la jerarquía.

- Establecer prioridades locales entre las alternativas:

El siguiente paso es dar una valoración a las alternativas como insumo para el cálculo de prioridades locales respectivas. Se parte de tomar cada criterio o subcriterio del último nivel de la jerarquía y a partir de esto se genera la matriz de juicios que agrupa los datos de comparaciones pareadas entre alternativas.

- Derivar prioridades totales para cada alternativa:

Teniendo en cuenta que los vectores de prioridad de las alternativas según cada subcriterio, lo siguiente es obtener una matriz que en este caso debe multiplicarse por el vector de prioridad de los subcriterios en relación al criterio padre. De esta forma se obtiene un arreglo de preferencias de cada alternativa con referencia a un criterio específico. Dicho procedimiento se replica para los demás

- Ejecutar análisis de sensibilidad:

Este estudio mide si los resultados obtenidos son robustos evaluando como los cambios en los pesos de los criterios pueden afectar el resultado final

- Toma de decisión:

Basado en la síntesis de los resultados y el análisis de sensibilidad llevado a cabo en el paso previo, es posible tomar una decisión razonable

Como es de esperar, el proceso analítico jerárquico en si no supone una solución si la información no es adecuada a los parámetros y matrices que exige el método. En la siguiente sección se examinan estos métodos auxiliares, cuya resolución numérica se lleva a cabo en este trabajo con Mathworks Matlab ® mientras que el software Super Decisions ® se emplea para el procesamiento exclusivo de matrices pertenecientes al método AHP.

6.3 Métodos auxiliares

En esta sección se da una breve descripción sobre los métodos auxiliares empleados para obtener los datos y matrices que alimentan la metodología de decisión

6.3.1 Matriz de decisión

Este método, conocido también como tabla de desempeño (Pomerol & Barba-Romero, 2012) se basa en la premisa de que un decisor puede expresar de forma simbólica o numérica una evaluación para un atributo determinado. Lo anterior, visto desde el punto de vista de varias alternativas con atributos compartidos, genera una matriz como la mostrada en la figura siguiente:

Figura 6-2: Matriz de decisión, tomado de (Pomerol & Barba-Romero, 2012)

		Attributes or criteria					
		C_1	C_2	\dots	C_j	\dots	C_n
Alternatives	A_1	a_{11}	a_{12}		a_{1j}		a_{1n}
	A_2	a_{21}	a_{22}		a_{2j}		a_{2n}

	A_i	a_{i1}	a_{i2}		a_{ij}		a_{in}

	A_m	a_{m1}	a_{m2}		a_{mj}		a_{mn}

De la figura anterior resulta evidente que tanto el número de alternativas m como el número de criterios n son elementos discretos y finitos. Se aclara también que los atributos pueden ser cualitativos pero que al usar ponderación lineal deben ser transformados a una representación numérica

6.3.2 Normalización de datos

Uno de los requisitos de la metodología AHP tanto para hallar valores propios como para evaluar parámetros de consistencia es tener matrices con valores normalizados. Ante esto, lo ideal es contar con los datos en escalas correctas que permitan realizar comparaciones a nivel matricial. Una tabla con los métodos de normalización es mostrada a continuación:

Tabla 6-3: Métodos de normalización para un vector de valores, adaptado de (Reina & Cortés, 2015)

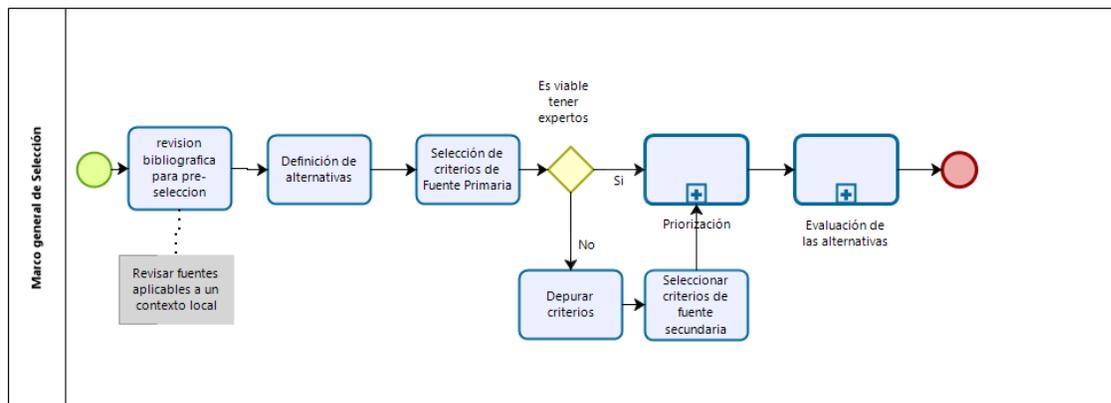
	Porcentaje del Máximo a_i	Porcentaje del rango entre límites	Porcentaje del total	i-esima componente del vector
Expresión para cada valor V_i	$\frac{a_i}{\max(a_i)}$	$\frac{a_i - \min(a_i)}{\max(a_i) - \min(a_i)}$	$\frac{a_i}{\sum(a_i)}$	$\frac{a_i}{\max(a_i)}$
Vector normalizado	$0 \leq V_i \leq 1$	$0 \leq V_i \leq 1$	$0 \leq V_i \leq 1$	$0 \leq V_i \leq 1$
Módulo de V	Variable	Variable	Variable	1
Mantiene Proporcionalidad	Si	No	Si	No

En esta tabla, si bien se tiene la restricción de que todo a_i debe ser mayor o igual a cero, una restricción adicional es que la sumatoria de todos los elementos a_i debe ser mayor a cero. Dependiendo del tipo de problema por atacar, un método puede ser más útil respecto a otro, aun cuando todos garantizan la existencia de un intervalo cerrado.

6.4 Metodología propuesta

Con base en los lineamientos dados en las secciones precedentes de este capítulo, la metodología aplicada para el problema de decisión se simplifica en los pasos del siguiente diagrama:

Figura 6-3: Marco propuesto para la selección de un sistema BPMS, elaboración propia a partir de revisión de métodos (Rojas, Cortes, & Pinzón, 2015) e identificación de fuentes de información



A continuación una breve descripción de cada una de las actividades:

- Revisión bibliográfica: exploración de la literatura destinada a servir como base para la definición de factores de incidencia a nivel local y que permiten plantear alternativas y escenarios probables de selección
- Definición de alternativas: a partir de un conjunto de opciones disponibles en el mercado, filtrar aquellas que son accesibles de acuerdo a su disponibilidad, experiencias o referencias a nivel local, y que además puedan ser evaluadas en caso de proceder con una prueba de concepto
- Selección de criterios de fuente primaria: consiste en determinar cuáles son los criterios más relevantes para un decisor en un escenario de selección, lo cual implica tener factores que deben ser evaluables
- Depuración de criterios: este paso debe realizarse si la lista inicial de criterios es demasiado amplia, no permite cuantificar correctamente una escala para su calificación o no se tiene información suficiente para categorizar o resumir los puntos claves
- Selección de criterios de fuente secundaria: es un escenario que cuenta con menos factores de decisión pero que permiten una evaluación basada en elementos que tienen una representación cuantificable sustentada en datos o cifras disponibles en los sitios accesibles por los clientes y repositorios de información no confidenciales

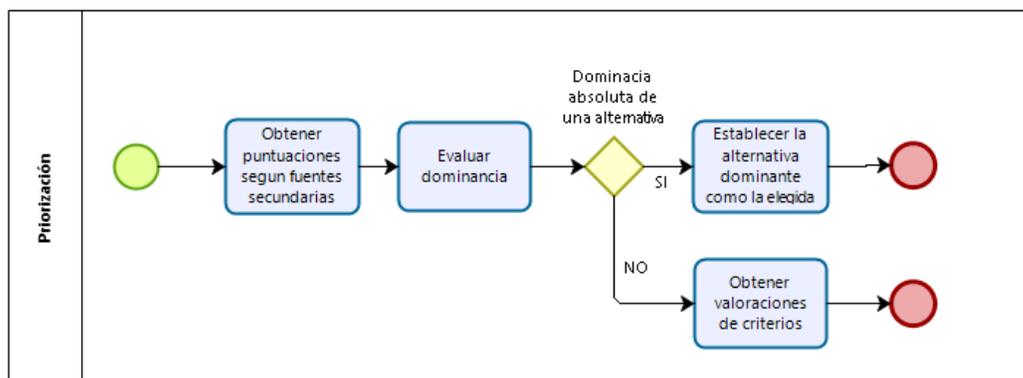
Como se evidencia en el diagrama de la figura 6-2, las dos últimas actividades corresponden en realidad a subprocesos que se describen a continuación:

- **Priorización:** en este subproceso se analiza si bajo el escenario base se debe consultar a expertos por lo cual establecer las prioridades de los grupos de criterios depende de los datos. En caso de ser necesario, se invoca la evaluación de un grupo de expertos, en donde la información es sintetizada y además debe ser verificada su consistencia
- **Evaluar las alternativas:** en esta tarea se fijan puntuaciones que permiten tomar una decisión objetiva con base en las ponderaciones y calificaciones de criterios o con un marco de decisión que se defina, pero que a su vez cuente con métricas y sea transparente para el interesado final

6.4.1 Priorización

En este sub proceso se tiene como paso previo determinar si un modelo sistemático basado en AHP es requerido. Las tareas se muestran en la figura 6-3:

Figura 6-4: Subproceso de priorización como parte de la metodología de toma de decisión para el proceso de selección, elaboración propia



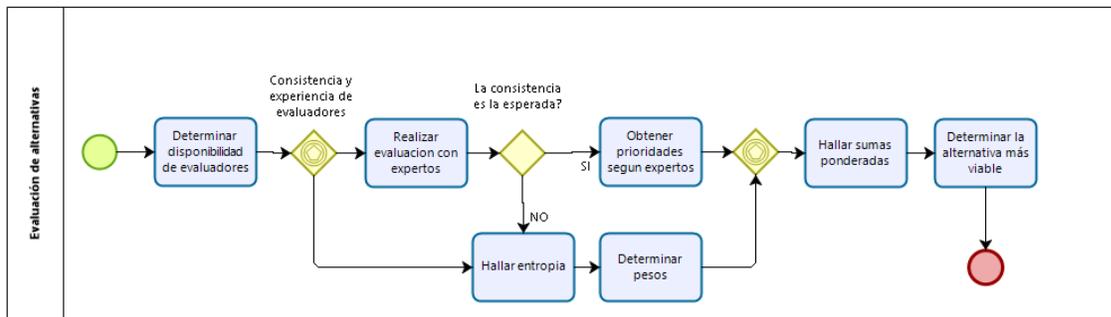
- **Obtener puntuaciones según fuentes secundarias:** en este paso se acude a la información suministrada por fabricantes para evaluar características claves

- Evaluar dominancia: esta tarea consiste en armar una matriz que evalúa si uno de las alternativas es cuantitativamente mejor. En caso de hallar que una alternativa con estas condiciones existe, se elige esta y se omite el resto del proceso
- Obtener valoraciones de criterios: para efectos del diagrama anterior, esto determina que es necesario realizar la evaluación (sub proceso siguiente).

6.4.2 Evaluación

Este sub proceso determina la alternativa más viable al no tener una alternativa preferida resultante del análisis de dominancia. Los pasos se muestran a continuación:

Figura 6-5: Subproceso de evaluación como parte de la metodología de toma de decisión para el proceso de selección, elaboración propia



El desarrollo de estas actividades corresponde al capítulo 7 de este documento.

6.5 Valoración y normalización de criterios

Esta ponderación implica asignar valores que sirvan para evaluar y comparar los criterios a nivel cuantitativo usando la información de fabricantes, especificada en este link:

<https://drive.google.com/file/d/1eg07577sE3UFnlktB16G6V3kwq9MW9oT/view?ths=true>

El resumen de los valores asignados se da en la siguiente tabla, mientras que algunos detalles sobre la metodología empleada para cada ponderación se dejan en los anexos C (apuntes sobre metodología) y D (grupos funcionales de APIs):

Tabla 6-4: puntuaciones para los criterios de fuente secundaria, elaboración propia a partir de los datos de los fabricantes

Criterio	Tendencia	Suite 1	Suite 2	Suite 3
Tiempo estimado para desarrollar proceso básico	Minimizar	20	50	30
Bases o plataformas soportadas	Maximizar	3	5	5
Valoración de la aplicación móvil según usuarios	Maximizar	3.7	1	4.1
Suites de RPA soportadas	Maximizar	3	1	1
Soporte web / aplicación (IOS Android)	Maximizar	3	2	3
Grupos de APIs disponibles	Maximizar	20	13	22
Acceso a documentación	Maximizar	3	3	2
Comunidad y redes	Maximizar	5	5	6
Entrenamiento del fabricante	Minimizar	300	2250	772

Sobre lo anterior, y en particular sobre las APIs, se aclara que dichos datos se extraen de versiones estables de las suites para el final del 2019, por lo cual podrían variar a futuro. Un análisis inicial que puede hacerse sobre las alternativas a fin de establecer si una de ellas es notoriamente superior a las demás es el análisis de dominancia, con lo cual la implementación de una metodología multicriterio no sería necesaria (Reina & Cortés, 2015). Los resultados de este análisis se dan a continuación, mientras que el código para este resultado puede ser consultado en el anexo B:

Tabla 6-5: Matriz de dominancia para las tres alternativas evaluadas en porcentaje

	Alternativa S1	Alternativa S2	Alternativa S3
Alternativa S1	0	66.66	44.44
Alternativa S2	11.11	0	11.11
Alternativa S3	44.44	66.66	0

Dado que ninguna alternativa resulta superlativa respecto a las demás, y aun cuando la alternativa s2 si exhibe la menor dominancia relativa entre las 3, se concluye que el análisis debe necesariamente realizarse sobre las alternativas en mención, es decir, seguir una metodología multicriterio que conste de escalas y valores para comparar. Como paso previo, es necesario aplicar algún método de normalización (**Tabla 6-3**)

Tal cómo se expresa en el mismo artículo (Reina & Cortés, 2015), lo ideal es utilizar las conversiones de variables que conserven la proporcionalidad. Al elegir la opción de normalización por porcentaje del máximo se obtiene el siguiente resultado:

Tabla 6-6: Normalización para la tabla 6-3 por porcentaje del máximo e inversión para las variables a minimizar

Criterio	Suite 1	Suite 2	Suite 3
Tiempo estimado para desarrollar proceso básico	1	0.4	0.6667
Bases o plataformas soportadas	0.6	1	1
Valoración de aplicación móvil	0.9024	0.2439	1
Suites de RPA soportadas	1	0.3333	0.3333
Soporte web - móvil (IOS Android)	1	0.6667	1
Grupos de APIs disponibles	0.9091	0.5909	1
Acceso a documentación	1	1	0.6667
Comunidad y redes	0.8333	0.8333	1
Entrenamiento del fabricante	1	0.1333	0.3886

Cabe resaltar que como paso intermedio, se toma la inversa en las variables a minimizar para la tabla anterior a fin de maximizar la variable (Pomerol & Barba-Romero, 2012). Bajo esta recomendación también es posible normalizar de acuerdo al porcentaje del total conservando la proporcionalidad y de esta forma buscando mantener la cardinalidad al aplicar operaciones lineales:

Tabla 6-7: Normalización para la tabla 6-3 por porcentaje del total y aplicando inversión para las variables a minimizar

Criterio	Suite 1	Suite 2	Suite 3
Tiempo estimado para desarrollar proceso básico	0.4839	0.1935	0.3226
Bases o plataformas soportadas	0.2308	0.3846	0.3846
Valoración de aplicación móvil	0.4205	0.1136	0.4659
Suites de RPA soportadas	0.6	0.2	0.2
Soporte web - móvil (IOS Android)	0.375	0.25	0.375
Grupos de APIs disponibles	0.3636	0.2364	0.4
Acceso a documentación	0.375	0.375	0.25
Comunidad y redes	0.3125	0.3125	0.375
Entrenamiento del fabricante	0.6571	0.0876	0.2553

6.6 Definición de prioridades para criterios locales

Esta metodología plantea que un experto se ocupa de establecer pesos respecto a los criterios seleccionados. Respecto a las categorías definidas, los resultados completos se consignan en el siguiente capítulo en donde si bien se muestran también los pesos por el método de la entropía (que involucra la matriz de datos), se recalca que su aplicabilidad depende de tener valoraciones equitativas. La opción sugerida es la valoración dada por expertos, siendo esta última una representación cuantitativa de las opiniones expresada

por dicho panel de personas con amplio conocimiento del tema por evaluar. El resultado de las valoraciones de grupos, deriva en una matriz como la siguiente:

Tabla 6-8: Ejemplo de matriz resultante de la valoración para grupos de criterios de fuente secundaria

	Suite digital	Funcionales	Apropiación
Oferta como suite digital	1	1	1/3
Elementos Funcionales	1	1	1/3
Apropiación	3	3	1

6.7 Conclusiones del Capítulo

En un proceso de toma de decisiones lo ideal es contar con indicadores que permitan cuantificar las variables de incidencia en torno al elemento sobre el cual se debe decidir, lo cual puede ser difícil cuando los elementos corresponden a factores cualitativos. Para el caso en el que la valoración no obedece a métricas predefinidas, la metodología de análisis multicriterio ofrece la posibilidad de cuantificar juicios de expertos en un área de decisión y permite también medir el grado de coherencia de las opiniones a través de un enfoque sistemático. La recolección de datos para la aplicación de esta metodología puede beneficiarse de herramientas tecnológicas como formularios y aplicaciones Web con componentes de backend para efectuar los cálculos, no obstante, siempre se debe tener presente que la tecnología es un elemento facilitador y no determinante en la toma de decisiones, por lo cual no es recomendable incluir dentro del backend componentes que ofrezcan realimentaciones al usuario que puedan suponer sesgos durante el proceso de toma de decisiones (por ejemplo, indicar que una valoración no tiene el grado de consistencia esperado, ya que esto inevitablemente sesgara de forma negativa los resultados del evaluador en caso de que este pueda corregir la información consignada). Respecto al análisis previo con las ponderaciones de los criterios se tiene en el análisis de dominancia un buen indicador sobre la factibilidad y complejidad de un estudio, y pese a que en este caso no permite establecer la superioridad absoluta de una de las alternativas, si permite establecer un panorama general a nivel comparativo de las mismas. En cuanto a las puntuaciones, vale la pena resaltar que para los casos en los que se tienen criterios a minimizar, normalmente se usa un operador de inversión (tal como se realiza para este caso).

7. Resultados

Respecto al modelo de interés para este trabajo, en el capítulo anterior se obtuvieron ponderaciones para los criterios seleccionados que aplican bajo el supuesto de tener una misma ponderación para los criterios. Esta ponderación base, si bien fue útil para efectuar el análisis de dominancia que permite cuantificar si una de las alternativas es mejor, no permite evaluar completamente las alternativas. En la práctica se busca que los criterios tengan pesos distintos para representar como en un momento dado una alternativa tiene factores influyentes que previamente no lo eran para un decisor y así lograr que un modelo sea mucho más realista. Esta evaluación y los resultados asociados se revisan en esta sección, con lo cual se complementa el de la sección anterior.

7.1 Dispersión de los datos

En teoría de información y comunicaciones es frecuente encontrar el término entropía para hacer referencia a la cantidad de información que contiene una variable aleatoria y que a su vez es un indicador de cambio e incertidumbre para los valores de dicha variable. Un método para medir dicha cantidad y aplicable a la ponderación de pesos en donde se tiene como premisa que el evaluador tiene preferencias iguales, se basa en este concepto (Bakmaz, Bojkovic, & Bakmaz, 2007). Un estudio aplicado define la entropía para cada criterio E_j como un valor dado por la siguiente expresión:

$$E_j = -k \sum_i a_{ij} \log(a_{ij})$$

Siendo k un valor negativo determinado por $k = 1/\log(m)$, con m como el número de alternativas por evaluar. Dado que la entropía es solo un indicador de información, una variable pertinente para el cálculo sería la dispersión, la cual se da por la siguiente ecuación:

$$D_j = 1 - E_j$$

7.1.1 Obtención de pesos según entropía

Aunque la dispersión es una variable útil, para efectos de priorización de criterios, es necesario calcular los pesos como medidas normalizadas. Dicho cálculo se rige por la siguiente expresión:

$$w_j = \frac{D_j}{\sum_j D_j}$$

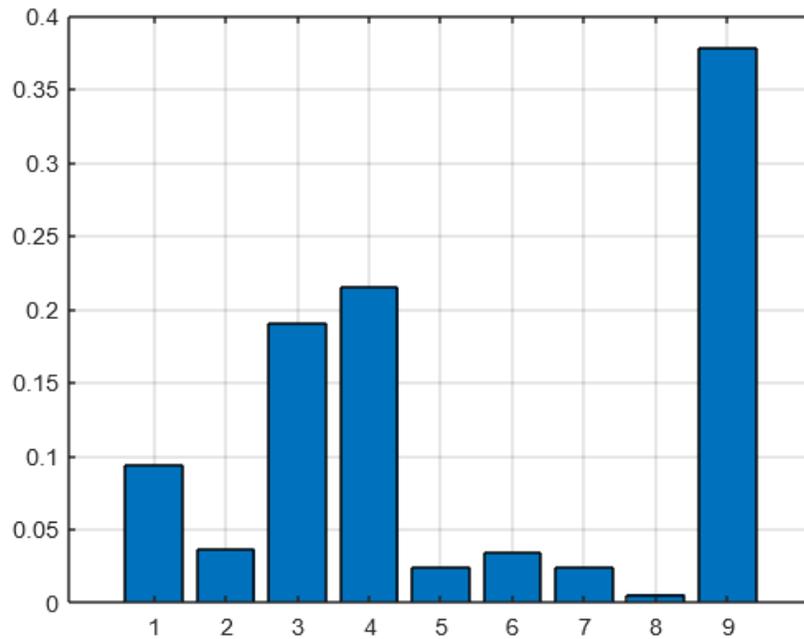
La aplicación de estas expresiones para los datos se realiza en Matlab y el código asociado puede encontrarse en el anexo E. Una tabla que resume las ponderaciones en caso de usar este método se muestra a continuación

Tabla 7-1: Entropía de los datos y pesos preliminares según esta definición, elaboración propia a partir del método propuesto en (Bakmaz, Bojkovic, & Bakmaz, 2007)

Criterio	Entropía (Ej)	Peso (Wj)
1. Tiempo estimado para desarrollar proceso básico	0.9413	0.0935
2. Bases o plataformas soportadas	0.977	0.0365
3. Valoración de la aplicación móvil según usuarios	0.8804	0.1903
4. Suites de RPA soportadas	0.865	0.2149
5. Soporte web aplicación móvil (IOS Android)	0.9851	0.0238
6. Grupos de APIs disponibles	0.9788	0.0338
7. Acceso a documentación	0.9851	0.0238
8. Comunidad y redes	0.9965	0.0056
9. Entrenamiento del fabricante	0.7626	0.3778

Gráficamente, la ponderación de los pesos se muestra en la siguiente figura, en donde se observa que el último de los criterios tiene la ponderación más alta:

Figura 7-1: Representación gráfica para la ponderación de los pesos de los criterios obtenidos por el método de la entropía, elaboración propia a partir del método descrito en (Bakmaz, Bojkovic, & Bakmaz, 2007) para los criterios de la tabla 7-1



Para cada suite se puede obtener una suma ponderada parcial, por ejemplo para S1:

$$P_1 = 0.0935 * 0.4839 + 0.0365 * 0.2308 + 0.1903 * 0.4205 + 0.2149 * 0.6 + 0.0238 * 0.375 + 0.0338 * 0.3636 + 0.0238 * 0.375 + 0.0056 * 0.3125 + 0.3778 * 0.6571=0.5427$$

La puntuación consolidada se muestra a continuación:

Tabla 7-2: Puntuación según normalización en la suma y pesos por entropía, elaboración propia según resultados secciones 6.4 y 7.1

Alternativa	Puntuación según porcentaje de la suma
Suite 1	0.5427
Suite 2	0.1545
Suite 3	0.3028

Según la tabla anterior la suite 1 tiene el mejor puntaje. Alternativamente se hallan sumas ponderadas parciales para la normalización por el total, que arroja para la suite 1:

$$P_1 = 1 * 0.0935 + 0.6 * 0.0365 + 0.9024 * 0.1903 + 1 * 0.2149 + 1 * 0.0238 + 0.9091 * 0.0338 + 1 * 0.0238 + 0.8333 * 0.0056 + 1 * 0.3778=0.9628$$

La puntuación completa según el porcentaje del total se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 7-3: Puntuación según normalización por total y pesos por entropía, elaboración propia según resultados secciones 6.4 y 7.1

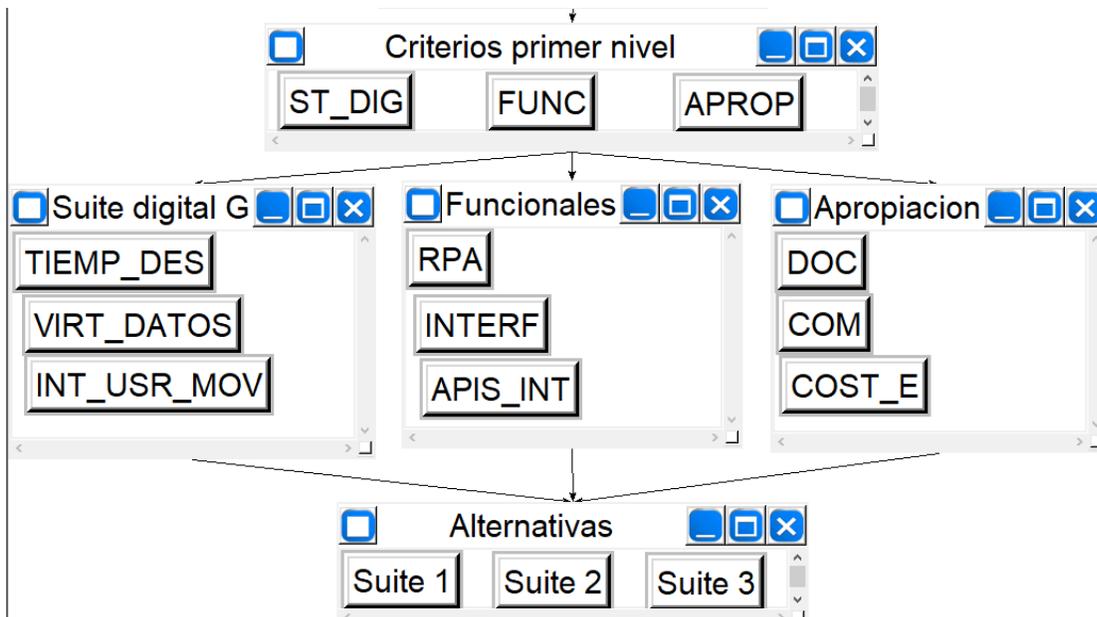
Alternativa	Puntuación según normalización del máximo
Suite 1	0.9628
Suite 2	0.3066
Suite 3	0.5866

Según esta medida, la alternativa 1 es contundente frente a las otras dos ya que porcentualmente representa más del 50 % de preferencia, no obstante esta medida se toma sólo como una referencia en caso de que no se dispongan de evaluadores o su evaluación derive en una valoración equitativa para cada criterio. En la siguiente sección se muestra el proceso y resultados según la valoración de expertos

7.2 Jerarquía de criterios y alternativas

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, establecer una jerarquía constituye un paso para estructurar un problema de toma de decisiones, tal como en la figura siguiente:

Figura 7-2: Visualización de jerarquía para los criterios de primer y segundo nivel en para alternativas en Superdecisions, elaboración propia a partir del cluster de la sección 5.3.7



En el nivel superior de la figura anterior se tiene un grupo compuesto por los criterios de primer nivel, es decir, aquellos que se asemejan a categorías generales para descomponer el problema y que para efectos de distribución en la interfaz de SuperDecisions y de cálculo de comparaciones en la herramienta, son etiquetados de la siguiente forma:

- ST_DIG: Criterios de suite digital, los cuales se relacionan con elementos que anteriormente no eran indispensables y comunes dentro de una Suite BPM y que fueron incorporados por las demandas tecnológicas del mercado.
- FUNC: Criterios funcionales o características que pueden encontrarse dentro de un marco de evaluación y uso de la herramienta
- APROP: Criterios de apropiación, que guardan una estrecha relación con un escenario de adopción de la herramienta BPM

En el siguiente nivel se ubican los criterios que derivan de cada grupo en donde nuevamente se etiquetan de forma abreviada como se muestra a continuación:

- TIEMP_DES: Tiempo para desarrollar un proceso básico
- VIRT_DATOS: bases soportadas para virtualización de datos de procesos
- INT_USR_MOV: interacción con usuarios móviles
- RPA: automatización robótica de procesos integrable a tareas de proceso
- INTERF: compatibilidad a nivel de interfaz web y dispositivos móviles
- APIS_INT: Grupos funcionales de API REST para integración
- DOC: Repositorios o sitios centralizados de documentación abiertos
- COM: Comunidad y difusión en redes para el producto
- COST_E: Valor de sesiones de entrenamiento con costo del fabricante

La nomenclatura anterior es usada para poder mostrar posteriormente resultados en la herramienta software empleada en el cálculo de valores propios e inconsistencias en las matrices obtenidas en la recopilación de datos. Estas matrices contienen los resultados del proceso de recolección de información de los juicios de expertos y que se usan para asignar los pesos que dan ponderación a cada ítem.

Para sintetizar los datos de los evaluadores se hizo uso del formulario que se muestra en el anexo F, en el cual se tuvo como pre requisito contar con personas con experiencia en

el manejo de herramientas BPM. En cuanto a las matrices, consignadas también en los anexos, se elige la media geométrica como estadístico para síntesis, dadas las propiedades de conservación de la consistencia enunciadas en la literatura (Xu Z., 2000).

Tabla 7-4: Aplicación de media geométrica en la matriz de criterios de primer nivel para evaluadores, elaboración propia a partir de datos de la encuesta del anexo F

Elemento	Matriz A1	Matriz A2	Matriz A3	Matriz A4	Matriz Amg
A_11	1	1	1	1	1
A_21	7	1	1	0.3333	1.235900018
A_31	0.2	0.1429	1	5	0.614834257
A_12	0.1429	1	1	3	0.809167388
A_22	1	1	1	1	1
A_32	0.1429	0.1429	0.3333	7	0.467196363
A_13	5	7	1	0.2	1.626576562
A_23	7	7	3	0.1429	2.140855677
A_33	1	1	1	1	1

A modo de ejemplo se tienen los resultados de la tabla 7-4 para la matriz de criterios de primer nivel, en donde se tienen 4 matrices de 3x3, y se cumplen las propiedades mencionadas en la sección 6-2. En este caso, se define que los expertos tienen el mismo peso a fin de evitar sesgos y se observa que la matriz obtenida también cumple con las propiedades enunciadas en la sección 6-2 para los elementos que la componen.

7.2.1 Prioridades para grupos de criterios

La matriz obtenida al aplicar la media geométrica para las prioridades de los evaluadores se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 7-5: Valoración de los grupos de criterios del segundo nivel de la figura 7-1, elaboración propia a partir de la síntesis de datos de la encuesta del anexo F

	Suite Digital ST_DIG	Funcionales FUNC	Apropiación APROP
Suite Digital	1	0.8092	1.6266
Funcionales	1.2359	1	2.1409
Apropiación	0.6148	0.4672	1

Para la obtención de las prioridades, se debe normalizar la matriz anterior a partir de las columnas, tal como se realiza en el anexo A, obteniendo:

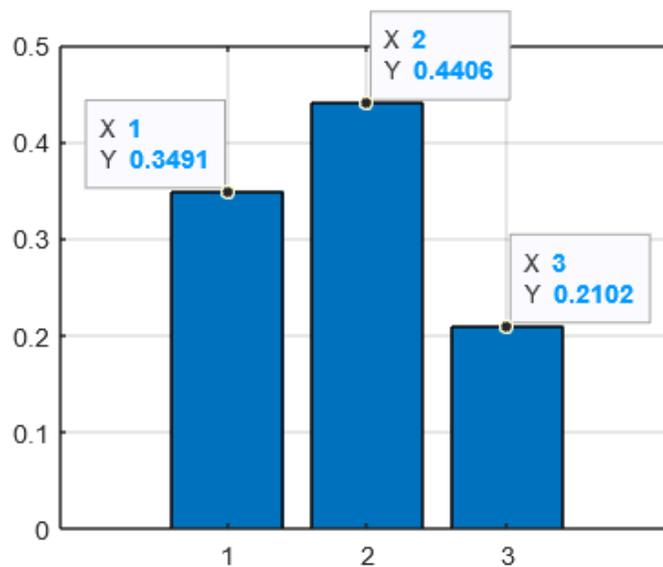
$$\begin{bmatrix} 0.3508 & 0.3555 & 0.3412 \\ 0.4335 & 0.4393 & 0.4491 \\ 0.2157 & 0.2052 & 0.2098 \end{bmatrix}$$

Posteriormente las prioridades se obtienen hallando el promedio para las filas de la matriz anterior,

$$V_p = \begin{pmatrix} \frac{0.3508 + 0.3555 + 0.3412}{3} \\ \frac{0.4335 + 0.4393 + 0.4491}{3} \\ \frac{0.2157 + 0.2052 + 0.2098}{3} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 0.3491 \\ 0.4406 \\ 0.2102 \end{bmatrix}$$

Este resultado es representado gráficamente en la figura siguiente:

Figura 7-3: prioridades para los grupos de criterios, elaboración propia a partir de normalización y aproximación de vector propio (prioridades) para datos de la tabla 7-5



Este vector resultante de tres elementos coincide con los cálculos de SuperDecisions, en donde se ingresan los datos a través de la opción de matriz. Un parámetro adicional para la validación de estos resultados está representado en la razón de inconsistencia. Para esto, lo primero es hallar el valor propio de la matriz (que no puede ser complejo),

denotado como lambda o lambda_laprox, siendo este último una aproximación válida que puede ser empleada para los cálculos dada su simplicidad (Mu & Pereyra-Rojas, 2016). Para la matriz en cuestión este valor equivale al promedio del cociente de las sumas ponderadas por columna de la matriz normalizada y los elementos del vector de prioridad que definen los valores de la gráfica anterior, esto es:

$$lambda_aprox = \frac{1}{3} * \frac{1.0476}{0.3491} + \frac{1}{3} * \frac{1.3222}{0.4406} + \frac{1}{3} * \frac{0.6308}{0.2102} = 3.0005$$

El índice de inconsistencia a partir del resultado anterior es:

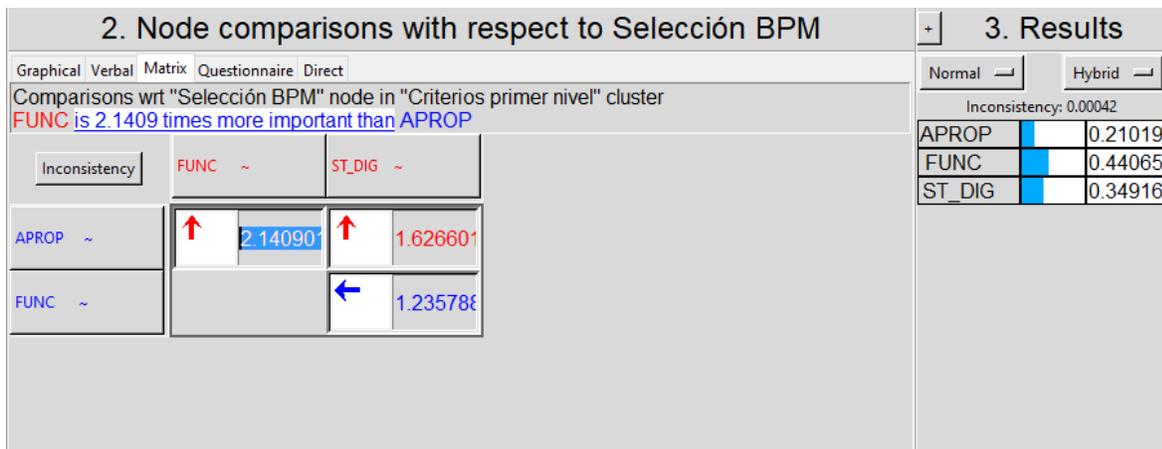
$$IC = \frac{lambda - n}{n - 1} = \frac{0.0005}{2} = 0.00025$$

Finalmente el valor de inconsistencia se obtiene al dividir este índice entre un valor genérico para la inconsistencia obtenido de matrices aleatorias (Mu & Pereyra-Rojas, 2016), establecido como 0.58:

$$I = \frac{IC}{0.58} = 0.00043$$

El error de esta aproximación está por debajo del orden de milésimas respecto a los resultados en superdecision cuyo resultado es 0.00042. Por otra parte, un valor de inconsistencia inferior al 0.1 % corrobora que la matriz cumple con la consistencia necesaria, lo cual es deseable según lo postulado por Saaty que acepta hasta un 10%.

Figura 7-4: Resultados para la valoración de los grupos de criterios en SuperDecisions, elaboración propia a partir del modelo de la figura 7-1 con los valores de la tabla 7-5



7.2.2 Prioridades para criterios separados

Para determinar las prioridades y nivel de inconsistencia de las matrices para los criterios de suite, funcionales y de apropiación, se sigue la misma metodología obteniendo los resultados evidenciados en las siguientes tablas y figuras de esta sub sección. Primero, se obtienen estos resultados para los datos de los criterios de suite digital:

Tabla 7-6: Valoración de criterios de suite digital del tercer nivel de la figura 7-1, elaboración propia a partir de la síntesis de datos de la encuesta del anexo F

	Tiempo para proceso TIEMP_DES	Virtualización de datos VIRT_DATOS	Int. Usuarios móviles INT_USR_MOV
Tiempo para proceso	1	1.7321	2.2797
Virtualización de datos	0.5773	1	0.7599
Int. Usuarios móviles	0.4387	1.3162	1

Luego de normalizar esta matriz, el vector prioridad se obtiene al tomar el promedio de los elementos que componen las filas de la matriz, es decir:

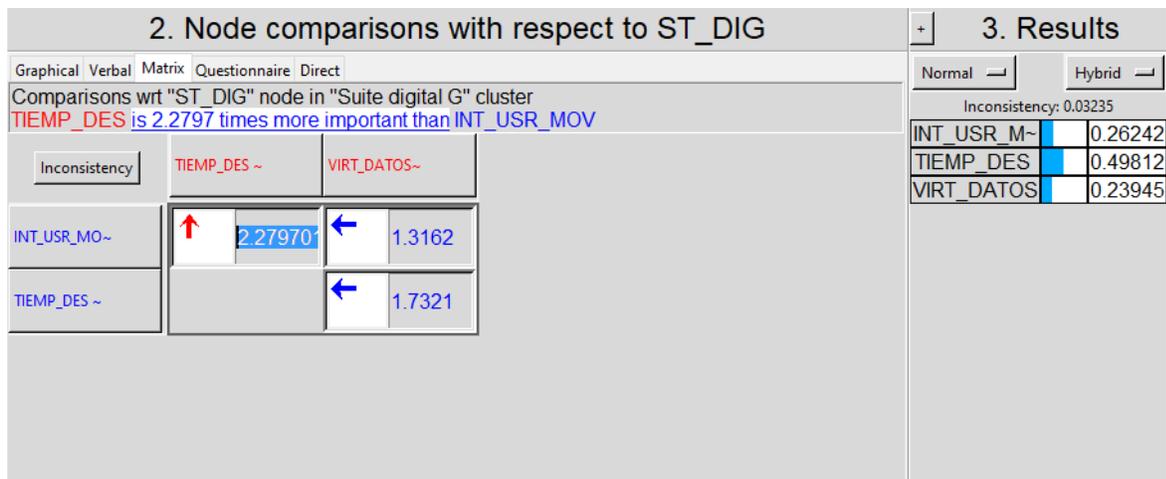
$$V_p = \begin{pmatrix} \frac{0.4960 + 0.4279 + 0.5643}{3} \\ \frac{0.2864 + 0.2470 + 0.1881}{3} \\ \frac{0.2176 + 0.3251 + 0.2476}{3} \end{pmatrix}$$

Tabla 7-7: Valores para prioridades de criterios de Suite digital, elaboración propia a partir de las valoraciones de la tabla 7-6

Criterio de segundo nivel	Valor
Tiempo para proceso (TIEMP_DES)	0.496
Virtualización datos (VIRT_DATOS)	0.240
Int. Usuarios móviles (INT_USR_MOV)	0.263

Como se observa en la figura siguiente, la inconsistencia es menor al 4%

Figura 7-5: Resultados para la valoración de criterios de Suite digital en SuperDecisions, elaboración propia a partir del modelo de la figura 7-1 con los valores de la tabla 7-6



Respecto a los criterios funcionales se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 7-8: Valoración de criterios funcionales del tercer nivel de la figura 7-1, elaboración propia a partir de la síntesis de datos de la encuesta del anexo F

	Soporte RPA RPA	Interfaz INTERF	Integración APIs APIS_INT
Soporte RPA	1	0.5411	0.6148
Interfaz	1.8481	1	0.4387
Integración	1.6265	2.2795	1

Al normalizar esta matriz, el vector prioridad se obtiene del promedio de las filas:

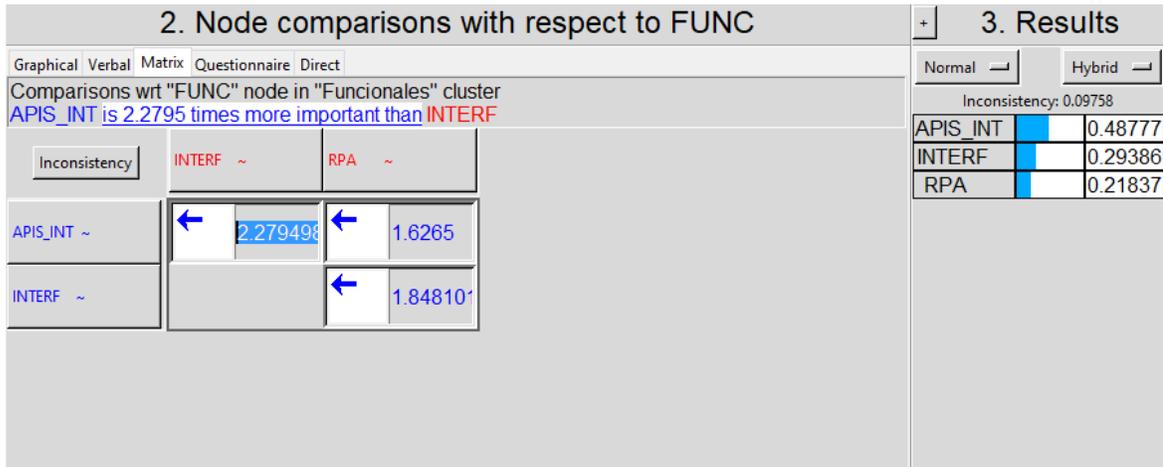
$$Vp = \begin{pmatrix} \frac{0.2235 + 0.1416 + 0.2994}{3} \\ \frac{0.4130 + 0.2617 + 0.2136}{3} \\ \frac{0.3635 + 0.5966 + 0.4870}{3} \end{pmatrix}$$

Tabla 7-9: Valores para prioridades de criterios funcionales, elaboración propia a partir de las valoraciones de la tabla 7-8

Criterio de segundo nivel	Valor
Soporte RPA	0.221
Interfaz (INTERF)	0.296
Integración APIS (APIS_INT)	0.482

En superdecisiones se verifica que se cumple con la regla de contar con una inconsistencia menor a 0.1, aun cuando está cerca de este límite:

Figura 7-6: Resultados para la valoración de criterios funcionales en SuperDecisions, elaboración propia a partir del modelo de la figura 7-1 con los valores de la tabla 7-8



Finalmente se realiza el mismo procedimiento para el último grupo de criterios situados en el tercer nivel de la jerarquía:

Tabla 7-10: Valoración de criterios de apropiación del tercer nivel de la figura 7-1, elaboración propia a partir de la síntesis de datos de la encuesta del anexo F

	Documentación DOC	Comunidad COM	Entrenamiento COST_E
Documentación	1	5.5444	2.5900
Comunidad	0.1804	1	0.8802
Entrenamiento	0.3861	1.1363	1

De la normalización de esta matriz, el vector prioridad se calcula como sigue:

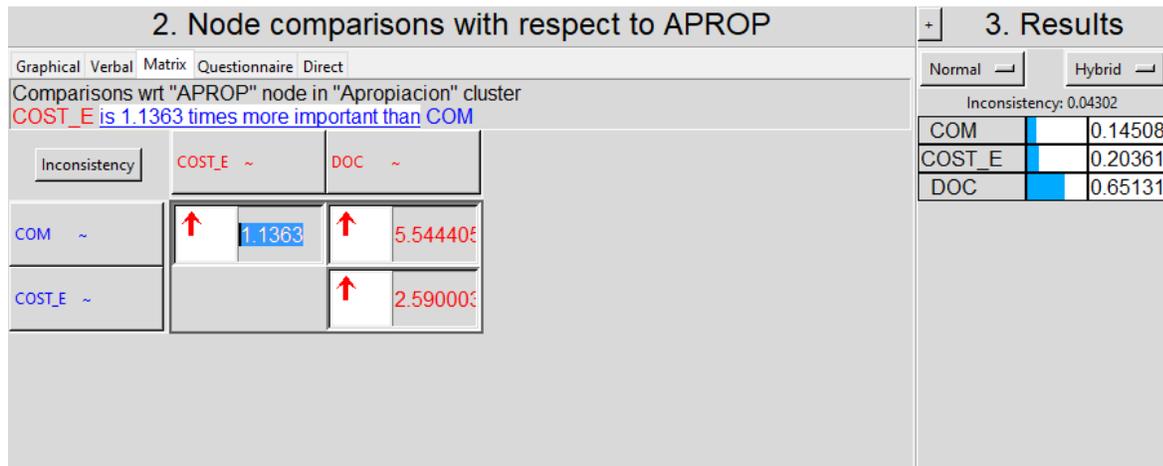
$$V_p = \begin{pmatrix} \frac{0.6384 + 0.7219 + 0.5794}{3} \\ \frac{0.1151 + 0.1302 + 0.1969}{3} \\ \frac{0.2465 + 0.1479 + 0.2237}{3} \end{pmatrix}$$

Tabla 7-11: Valores para prioridades de criterios de apropiación, elaboración propia a partir de las valoraciones de la tabla 7-10

Criterio de segundo nivel	Valor
Documentación (DOC)	0.646
Comunidad (COM)	0.147
Entrenamiento (COST_E)	0.206

Para este caso también se tiene una inconsistencia menor al 10 %, con lo cual se confirma que los juicios son aceptables

Figura 7-7: Resultados para la valoración de criterios de apropiación en SuperDecisions, elaboración propia a partir del modelo de la figura 7-1 con los valores de la tabla 7-10



Una vez se tienen las prioridades de los clusters y de los criterios de segundo nivel, su producto determina el vector con las valoraciones para los criterios, el cual quedaría compuesto de los valores de la **Tabla 7-12** . El cálculo es el siguiente:

$$\text{Prioridad_criterios_funcionales} = \text{Prioridad_CFuncionales} * [\text{vector_funcional}]$$

$$= 0.34916 * [0.49812 \ 0.23945 \ 0.26242] = [0.1739 \ 0.0836 \ 0.0916].$$

$$\text{Prioridad_criterios_suite} = \text{Prioridad_CSuite} * [\text{vector_suite}]$$

$$= 0.44065 * [0.21837 \ 0.29386 \ 0.48777] = [0.0962 \ 0.1295 \ 0.2149].$$

$$\text{Prioridad_criterios_apropiacion} = \text{Prioridad_Capropiacion} * [\text{vector_apropiacion}]$$

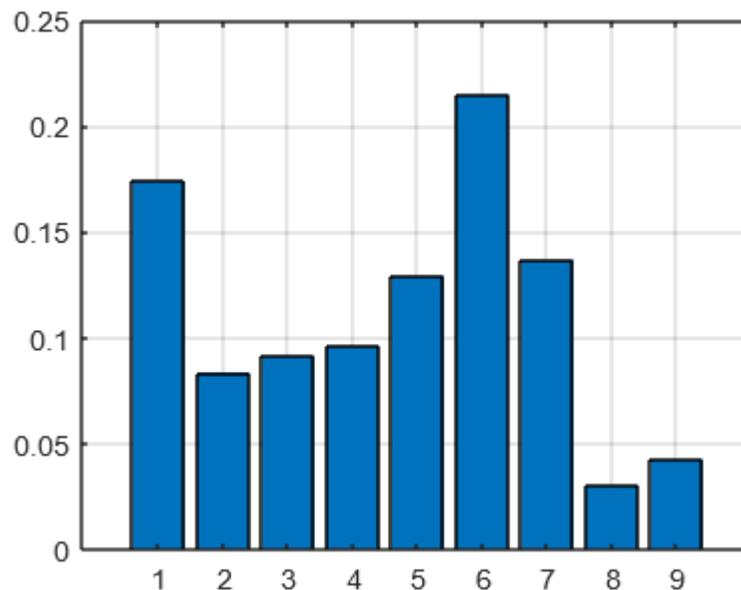
$$= 0.21019 * [0.65131 \ 0.14508 \ 0.20361] = [0.1369 \ 0.0305 \ 0.0428].$$

Tabla 7-12: prioridades de criterios según la valoración de expertos, elaboración propia a partir de los valores de las tablas 7-7, 7-9 y 7-11

Criterio	Prioridad normalizada
1. Tiempo estimado para desarrollar proceso básico	0.1739
2. Bases o plataformas soportadas	0.0836
3. Valoración de la aplicación móvil según usuarios	0.0916
4. Suites de RPA soportadas	0.0962
5. Soporte web / aplicación móvil (IOS Android)	0.1295
6. Grupos de APIs disponibles	0.2149
7. Acceso a documentación	0.1369
8. Comunidad y redes	0.0305
9. Entrenamiento del fabricante	0.0428

Como se observa, el criterio mejor valorado fue el sexto, mientras que el octavo fue el de menor valoración y al calcular las puntuaciones según las ponderaciones obtenidas ya es posible evaluar objetivamente cual es la alternativa más viable para el problema de selección. La representación gráfica se observa en la **Figura 7-8:**

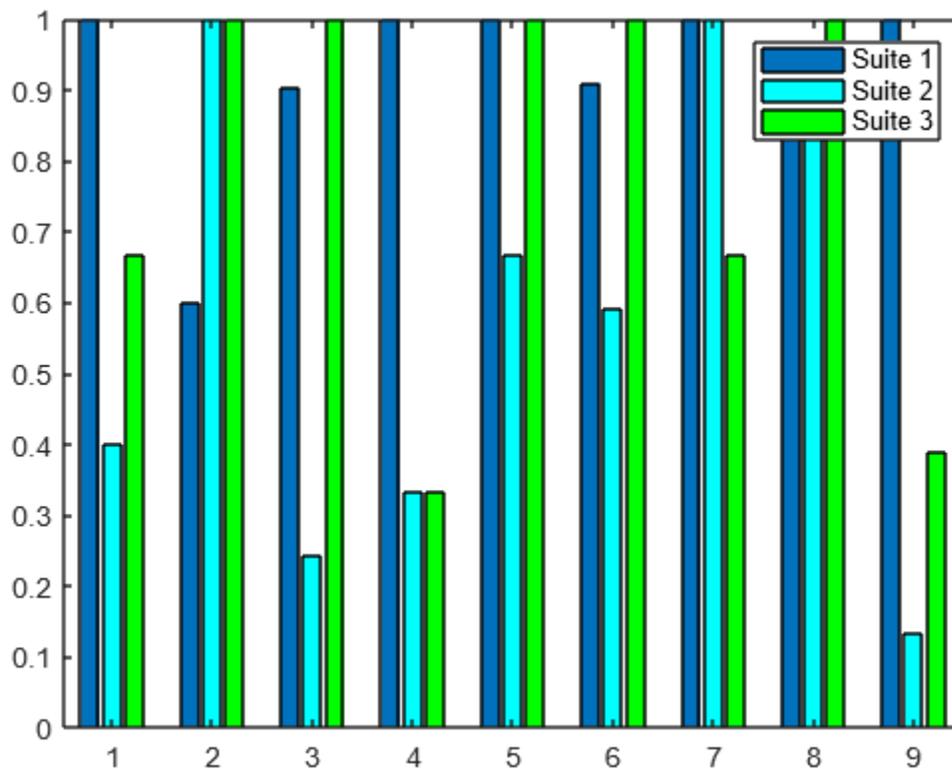
Figura 7-8: Representación gráfica de las valoraciones de los criterios según expertos, elaboración propia a partir de los datos de la tabla 7-9



7.3 Cálculo de puntuaciones según prioridades

Esta ponderación se lleva a cabo teniendo en cuenta los valores normalizados de la sección 6.4 y los pesos determinados en la sección anterior. Una representación gráfica de los datos obtenidos para los criterios normalizados por el porcentaje del máximo se da a continuación:

Figura 7-9: representación de las puntuaciones normalizadas por suma para los criterios de las alternativas, elaboración propia a partir de la **Tabla 6-6**



La gráfica anterior resume los datos de la tabla 6-6 para los 9 criterios, lo cual es consistente con el análisis de dominancia según el cual no hay una alternativa que sea totalmente dominante. Para ilustrar el punto anterior nótese como por ejemplo, mientras para el criterio 1 la alternativa 1 es la que posee mayor puntuación, en el segundo criterio esta alternativa tiene la menor entre las tres.

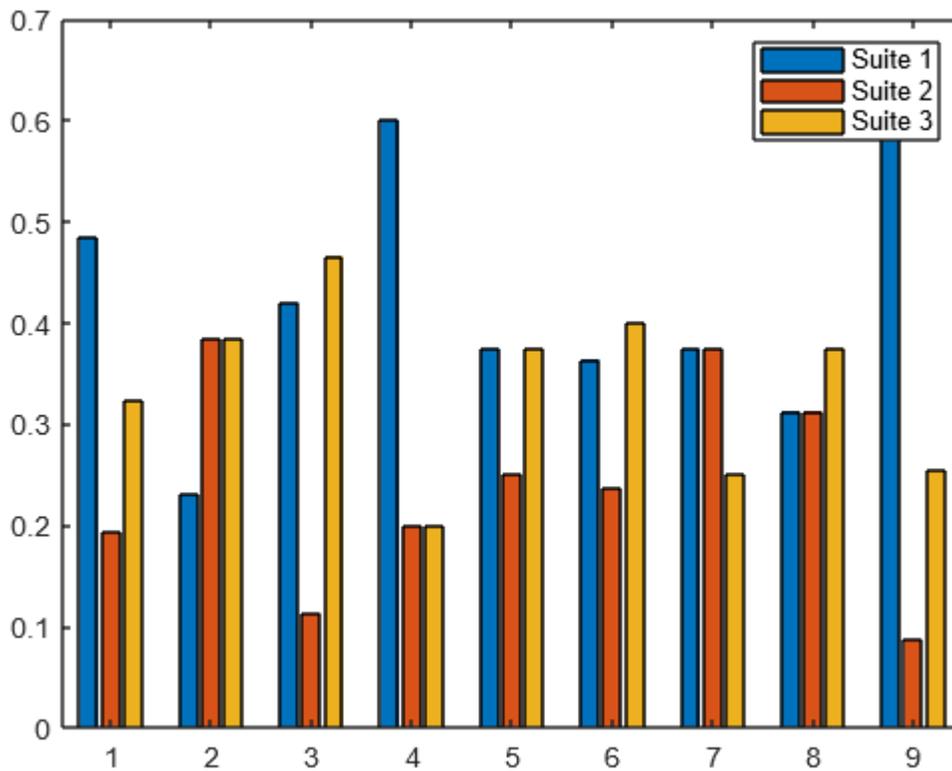
Con estos datos es posible obtener la puntuación a partir de la suma ponderada de los pesos de la sección anterior por la puntuación de cada suite para los nueve criterios, cuyo resultado se muestra a continuación:

Tabla 7-13 : Puntuación según normalización en la suma y valoraciones de expertos, elaboración propia según resultados secciones 6-4 y 7-2

Alternativa	Puntuación según normalización de suma
Suite 1	0.9330
Suite 2	0.5889
Suite 3	0.8061

Esta puntuación sitúa a la primera alternativa como la opción más pertinente. De manera análoga puede hallarse un puntaje para la otra normalización, sobre la cual se tiene una representación gráfica en la figura siguiente:

Figura 7-10: representación de las puntuaciones normalizadas por el porcentaje del total para criterios de las alternativas, elaboración propia a partir de la **Tabla 6-7**



Esta tabla es consistente con la tendencia observada en la figura 7-8 ya que el origen de datos es el mismo, solo que en una escala distinta. La puntuación según esta normalización se resume en la siguiente tabla:

Tabla 7-14: Puntuación según normalización por total y pesos dados por la valoración de expertos, elaboración propia según resultados secciones 6-4 y 7-2

Alternativa	Puntuación según normalización de suma
Suite 1	0.4154
Suite 2	0.2433
Suite 3	0.3413

Esta puntuación porcentualmente es similar y confirma que la alternativa 1 es la opción más viable.

7.4 Conclusiones del Capítulo

El uso de la media geométrica en las evaluaciones grupales es útil para la conservación de la consistencia al momento de sintetizar evaluaciones de varios expertos, una propiedad que no necesariamente se cumple con otras medidas como la media aritmética o la mediana de los datos, y cuyo cálculo es más intuitivo en estadística.

El cálculo de entropía, además de poder ser empleado para determinar pesos, es bastante útil para establecer qué criterios no aportan información valiosa una vez se tienen las puntuaciones para cada uno de ellos ya que como se evidencia en los resultados de la dispersión, el máximo de D se encuentra en los criterios que presentan una puntuación similar para las tres alternativas.

Respecto a los resultados, tal como se ha indicado, la entropía y la valoración sitúan la suite 1 como la mejor alternativa, no obstante son métodos que deben ser analizados desde su definición y no por la coincidencia en cuanto a ubicar una alternativa en la misma posición.

8. Análisis de la decisión

A nivel gerencial, el hecho de contar con registros históricos o bases de datos que constituyan datos numéricos o categóricos que permitan la extracción de información permite ejecutar un análisis de decisión basado en una serie de técnicas cuantitativas que bajo el supuesto de certidumbre, es decir de origen no probabilístico. En escenarios específicos de toma de decisión, dichos datos no existen y de manera alternativa, métodos de decisión multicriterio basados en la construcción de un modelo que pueda sintetizar preferencias son claves para tomar una buena decisión. En este capítulo se revisan algunos aspectos referentes al escenario en el que se tiene una alternativa objetivamente viable y por tanto un indicador aceptable para un decisor. En cuanto a los objetivos trazados para este trabajo, y que fueron definidos al inicio de este documento, este capítulo se centra en el último y busca analizar no sólo escenarios en los que los factores varían ligeramente sino que además busca examinar algunas implicaciones de adoptar el sistema elegido

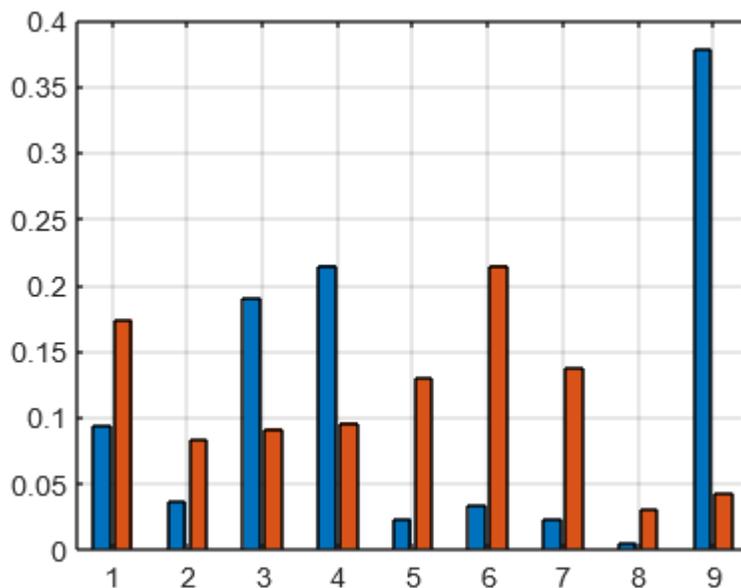
8.1 Comparación de ponderaciones

Aunque para los juicios de los expertos también se obtuvo la mayor puntuación para la alternativa 1 tal como sucedió al tomar las ponderaciones obtenidas según el método de la entropía, porcentualmente no es dominante (tal como si sucedió con la entropía). A modo de comparación, es posible obtener una comparación gráfica sobre los pesos obtenidos por el método de la entropía y los dados por los expertos respectivamente como se muestra en **Figura 8-2** basada en los datos de la **Tabla 8-1**:

Tabla 8-1: comparación prioridades, elaboración a partir de **Tabla 7-1** y **Tabla 7-12**

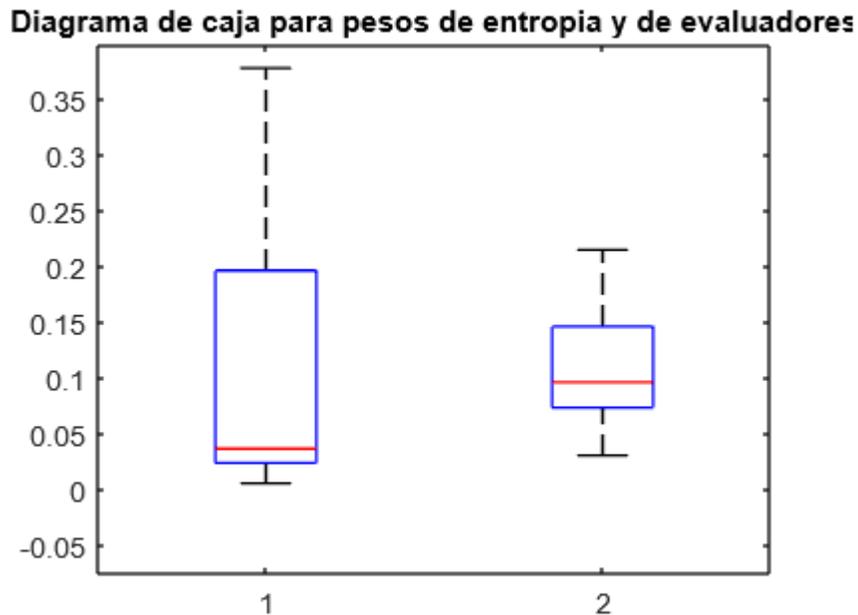
Criterio	Prioridad Entropía	Prioridad Evaluadores
1. Tiempo estimado para desarrollar proceso básico	0.0935	0.1739
2. Bases o plataformas soportadas	0.0365	0.0836
3. Valoración de la aplicación móvil según usuarios	0.1903	0.0916
4. Suites de RPA soportadas	0.2149	0.0962
5. Soporte web / aplicación móvil (IOS Android)	0.0238	0.1295
6. Grupos de APIs disponibles	0.0338	0.2149
7. Acceso a documentación	0.0238	0.1369
8. Comunidad y redes	0.0056	0.0305
9. Entrenamiento del fabricante	0.3778	0.0428

Los datos de la tabla anterior se grafican en un diagrama de barras doble en donde es posible ver cómo la ponderación varía criterio a criterio:

Figura 8-1: Comparación grafica de los pesos, elaboración a partir de la tabla 8-1

A nivel de dispersión, el diagrama de caja para los dos grupos de datos (pesos) se muestra a continuación:

Figura 8-2: Diagrama de caja para los vectores de pesos de entropía y valoraciones de expertos, elaboración propia a partir de los datos de pesos de la tabla 8-1



De la figura en mención es posible inferir que las valoraciones de los expertos (caja 2) son más cercanas al caso base de una distribución uniforme (simetría y mediana centrada) en donde se asume que todos los criterios son igualmente importantes, lo cual es consistente con el hecho de tener valoraciones de expertos independientes. Respecto a la presencia de valores atípicos y de una distribución que no presenta simetría en los valores de entropía, es algo que se espera ya que al menos en una de las calificaciones se obtuvo una alternativa con una puntuación que excedía la suma de los valores de las restantes

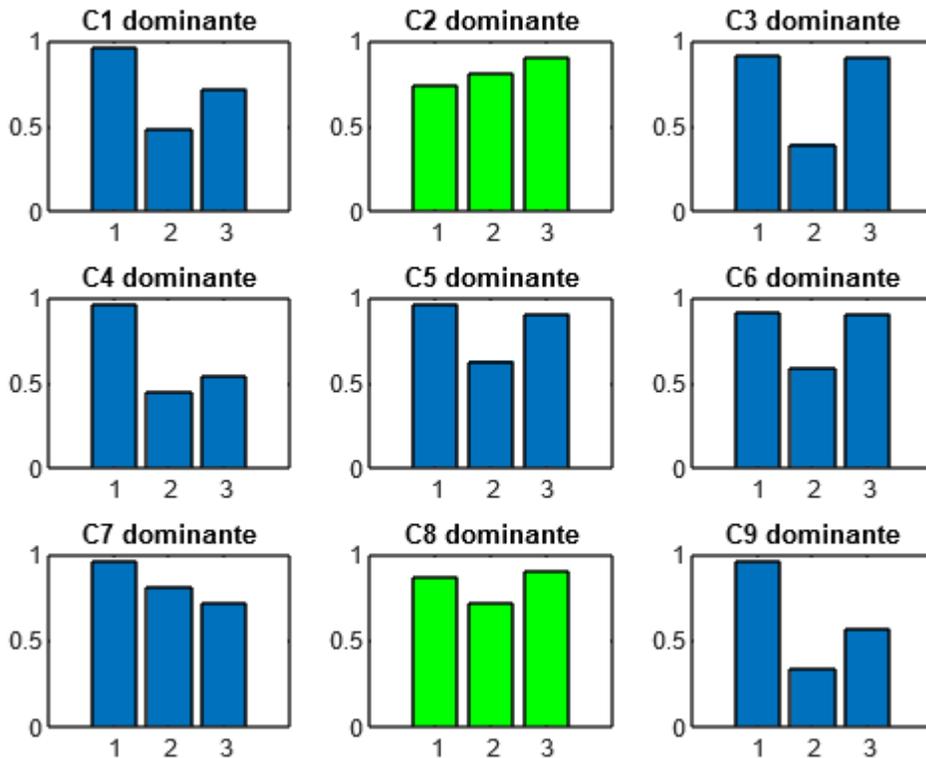
8.2 Escenarios respecto a la alternativa más apropiada

Al final del capítulo 4 se dio una contextualización de las tres herramientas evaluadas a nivel de suite digital, frente a lo cual se mostró que en caso de implementación, cualquiera de las alternativas era ajustable a una organización que tuviera la necesidad

de digitalizar sus procesos basados en las características mencionadas en la sección 4.1. Lo anterior permitiría afirmar que, sin importar el resultado de un proceso de selección, el resultado esperado es que las alternativas pueden ser adaptadas a nivel funcional sin implicaciones de desempeño, no obstante, al revisar los criterios y puntuaciones en los cuales se añade valor a características de plataforma en la nube, lo que muestran los resultados es que la alternativa 2 es la opción menos deseable para este contexto.

En cuanto a la alternativa que debería elegirse, los resultados muestran una inclinación sobre la pertinencia de elegir la opción 1 sobre las demás al obtener la mayor puntuación para las sumas ponderadas, sobre la cual dan algunos lineamientos de implementación en los anexos. Respecto a los resultados, la tendencia observada se cumple también en la mayor parte de escenarios en los que un criterio posee una amplia ponderación respecto a los demás, como el mostrado en la figura 8-3:

Figura 8-3: Representación gráfica de las puntuaciones para las alternativas en 9 escenarios distintos en los que un criterio distinto es dominante, elaboración propia a partir de puntuaciones y vectores simulados

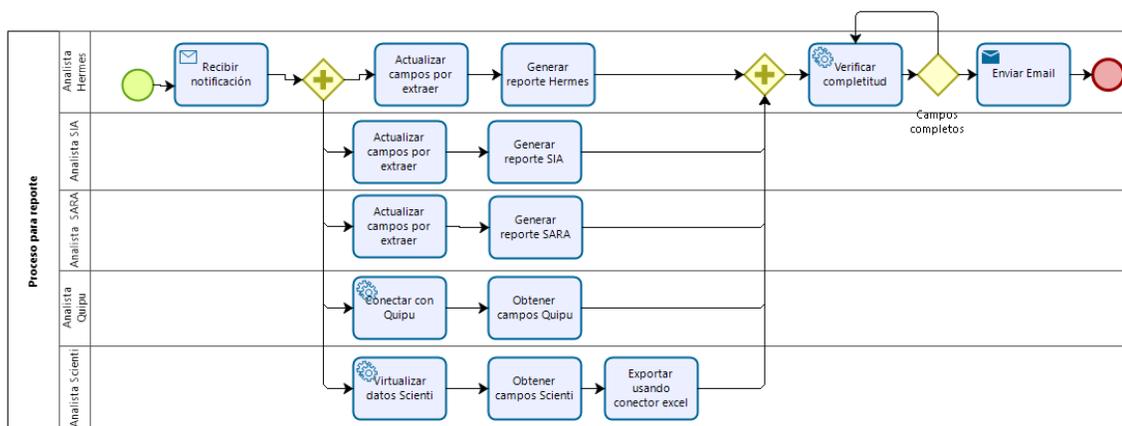


Respecto a la figura previa, se ha considerado una simulación de las puntuaciones para el escenario en que un criterio N (de 9 posibles), tiene una ponderación relativa del 60% mientras que los demás poseen una ponderación relativa del 5% (que en total suman 40%). En la gráfica es posible observar también cómo de los 9 escenarios hipotéticos, solamente en dos de ellos el resultado de la decisión cambiaría mientras que en otros escenarios como el último que se presenta, el resultado de la decisión se acentuaría a favor de la opción elegida.

8.3 Flujo de datos propuesto según la alternativa elegida

El hecho de tener como alternativas base herramientas que permiten la evaluación (bien sea a nivel de versión de prueba o versión freeware), permite dar una idea concreta de cuál sería el nuevo flujo de datos bajo el supuesto de adaptar la herramienta a los requisitos funcionales de la sección 2. En un alto nivel, el proceso tendría la siguiente estructura en donde aunque se han separado los roles no necesariamente se tienen la misma cantidad de usuarios y las tareas de email, conexión y virtualización pueden ser automatizadas:

Figura 8-4: Flujo de datos propuesto como proceso con roles y actividades sugeridas para automatización, elaboración propia a partir del levantamiento de información de la sección 2



Como se muestra, se tienen 5 roles, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 8-2: Roles para el flujo de datos automatizado propuesto, elaboración propia a partir del diagrama de la figura **Figura 8-4**

Rol	Descripción
Analista Hermes	Inicia el proceso y se encarga de obtener los datos de proyectos de investigación. Debido a que interactúa con el sistema que agrupa la mayor cantidad de información, se ha sugerido que también sea el rol bajo el cual se configura la consolidación del informe
Analista SIA	Interactúa con los datos del sistema de información académica cuando un integrante posee el rol de investigador o estudiante auxiliar
Analista SARA	Extrae los datos de los integrantes de proyectos que se reportan como no ingresados en el SIA aunque no necesariamente depende de la salida de este último por el hecho de no tener registrados estudiantes
Analista QUIPU	Obtiene los datos financieros del proyecto académico en archivo plano y compara los flujos a partir de fechas de egresos. Estas fechas son importantes para validar reglas de negocio que se implementarían en el sistema
Analista Scienti	Se encarga de solicitar los datos de investigadores en Scienti. Los datos usualmente provienen de un backup de base de datos que puede ser restaurada y exportada a otro formato o integrada a través de la función de virtualización (opción sugerida)

La interacción de los usuarios con roles determina la dinámica del proceso, el cual inicia cuando se solicita un nuevo reporte y termina con el envío del correo del reporte consolidado una vez se verifica que las tareas para los 5 roles se completan.

8.4 Tareas automatizables en la herramienta elegida

Las funcionalidades aplicadas en las tareas de esta sección se complementan con los lineamientos del anexo H en donde se establece un formato de pruebas que deben hacerse sobre el sistema para las tareas que se proponen automatizar, las cuales se describen brevemente a continuación:

- Enviar notificación email: Esta tarea está presente al iniciar el proceso y al ser activada, se envía un correo a los usuarios que tengan roles de participación en el proceso. En la herramienta seleccionada es necesario que los usuarios registren sus datos (incluyendo nombre y correo electrónico) para que puedan ser integrados al modelo de datos, y posterior a esto es posible definir una acción de correo electrónico que se configuraría de forma similar a la mostrada en la figura siguiente:

Figura 8-5: configuración parcial para el evento de definición de correo electrónico, elaboración propia a partir del uso de la herramienta

The screenshot shows the 'e-Mail Definition Window' with the following configuration:

- Include:** XPath Field, HyperLink, Static Grid, Expression Field, Dynamic Grid, Picture.
- Show Fields:** From.
- Format:** Bold (B), Italic (I), Underline (U), List (bulleted and numbered), Indent (left and right), Paragraph (left, center, right).
- Advanced:**
 - Copy to current assignee
 - Multiple Messages
 - Context: App

Subject: Nueva Solicitud de Reporte de Snies

Body:

Buen día <Process_name.Analista.name>

Se ha recibido una nueva solicitud de reporte. Por favor revise el adjunto para mayor información

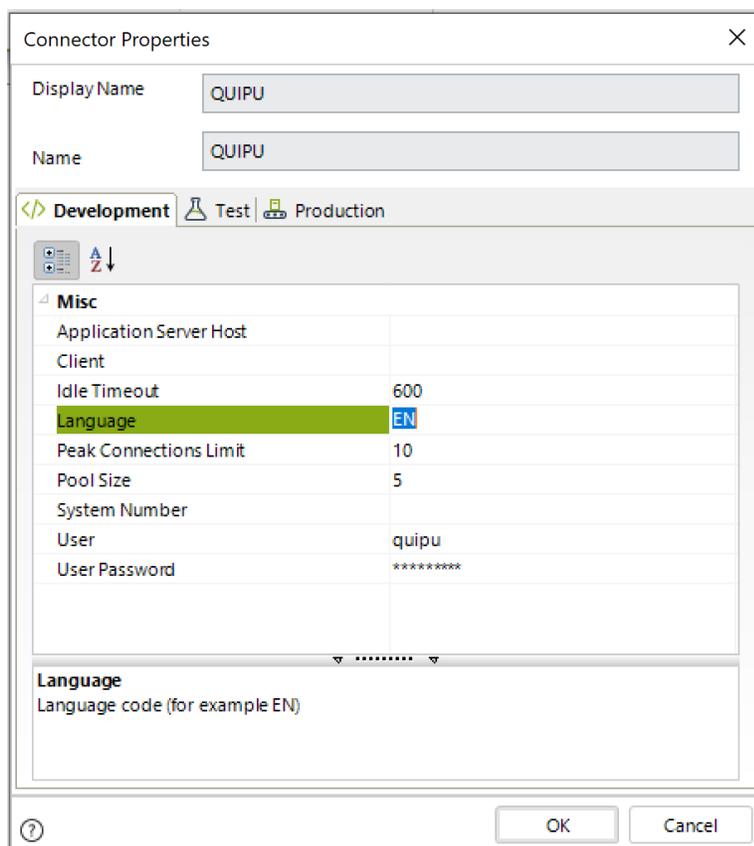
Cordialmente

Equipo de Indicadores|

Buttons: Apply, Save, Cancel

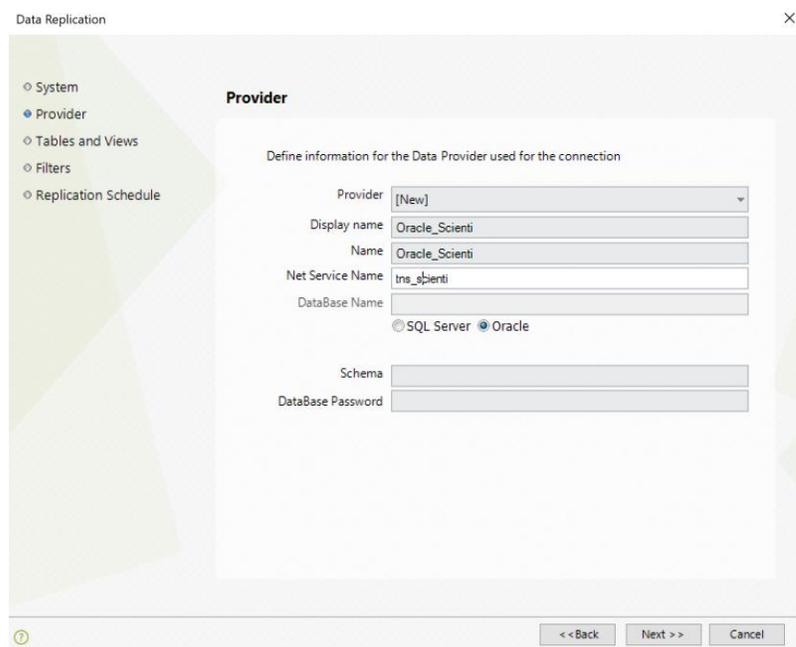
- Conectar con sistema contable: ejecuta un conector que se usa directamente con el sistema contable. Una opción que se propone desde el punto de vista funcional de la herramienta es verificar si el sistema en mención cuenta con servicios para integrarse. A modo de ejemplo se tiene la configuración de la figura siguiente en donde se asume que los servicios si existen y bajo esta premisa la herramienta ofrece una interfaz para configurar parámetros de sincronismo:

Figura 8-6: configuración de un conector en la herramienta para un sistema externo con servicios, elaboración propia a partir de la interacción con la herramienta



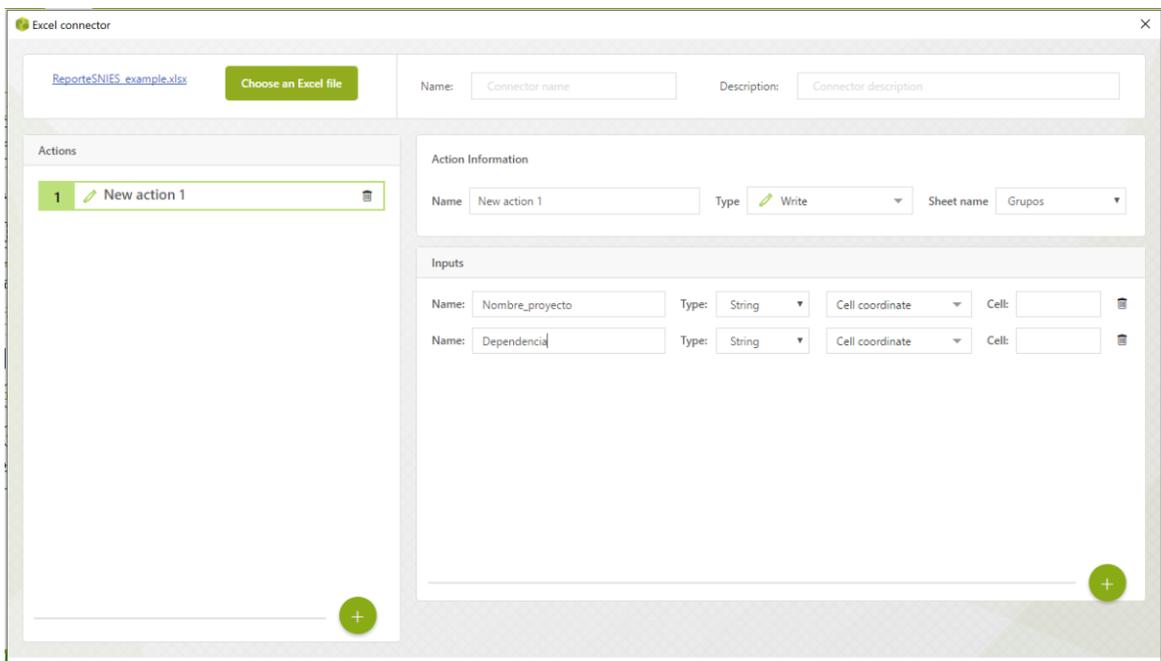
- Virtualizar o replicar datos Scienti: invoca la replicación sobre la cadena de conexión que apunta a la base de datos Oracle local (restaurada) de Scienti. En el marco funcional de la herramienta, se sugiere contar con una versión local de la base de datos o un servidor al cual pueda accederse con un usuario dedicado. Al tener esto la herramienta permite replicar datos con la frecuencia que determine el usuario, de tal forma que no sea necesario abrir el motor de base de datos frecuentemente, tal como se muestra:

Figura 8-7: Asistente de virtualización y replicación de datos en la herramienta, elaboración propia a partir de la interacción con la herramienta



- Verificar datos de Excel e importarlos al modelo de datos

Figura 8-8: Conector de Excel, elaboración propia a partir del uso de la herramienta



Como se muestra en la figura anterior, la herramienta permite importar el reporte de Excel y tomar campos seleccionados para integrarlos al modelo de datos. Esto último permite controlar el flujo en el diagrama BPMN al usar reglas de negocio

8.5 Conclusiones del capítulo

En este capítulo se repasa el contexto de contar con un escenario en el que se tiene una alternativa viable de acuerdo a los resultados del capítulo anterior.

Al comparar las ponderaciones se puede ver que los dos grupos de datos son estadísticamente distintos ya que mientras las valoraciones de los expertos arrojan una ponderación que puede ser aproximada a una distribución de probabilidad estándar, los pesos que se establecieron por entropía poseen una gran dispersión, así que en caso de que las puntuaciones cambiaran, usar las valoraciones por expertos sería deseable.

El uso de métodos multicriterio “aporta mejoras distintivas para asumir una decisión” y permite tener un mayor entendimiento del problema tal como se enuncia en (Berumen, 2007). En el caso particular de este trabajo, al tener AHP como metodología base en el hallazgo de prioridades y de scoring para valorar globalmente, se tienen métodos enmarcados en el grupo de métodos multicriterio discretos que no son excluyentes y al ser flexibles en su aplicación y campos de acción, son adecuados para nuestro problema. Respecto al análisis de decisión en su concepción clásica, que para serie de datos incluye técnicas como las tablas de decisión con maximización y optimización (Black, 2010), aunque difiere del presentado en esta sección, es complementario para sistemas de información implementados (como el evaluado en este trabajo) ya que podrían utilizarse eventualmente para monitorear estadísticas de uso y ayudar a evaluar si una herramienta fue adoptada y utilizada en un escenario posterior a la decisión. Al respecto, como complemento al flujo de datos propuesto en este capítulo y las tareas automatizables, unos lineamientos básicos de implementación para una eventual prueba de concepto, se encuentran en la parte final de los anexos de este documento.

9. Conclusiones generales y recomendaciones

9.1 Conclusiones

Las conclusiones generales se listan a continuación:

- La definición de criterios a partir de fuentes académicas y empresariales no sólo permitió contrastar fuentes sino que además fue útil para encontrar como aspectos centrados en el usuario y en procesos ágiles constituyen elementos comunes en ambas fuentes. Este último punto, en el que convergen criterios, puede ser usado como referencia para otros trabajos relacionados con selección de sistemas de información para gestión empresarial
- El proceso de elección de las alternativas en donde se da prioridad a herramientas que permitan ser evaluadas es un acierto para escenarios en los que se plantea una adopción rápida ya que no sólo permite identificar fortalezas y debilidades de una herramienta sino que además facilita que los distintos interesados puedan identificar focos de mejora al momento de llevar a cabo un levantamiento de información de los procesos que se quieren implementar
- En el contexto de adaptación de las herramientas a los nuevos entornos empresariales en donde el usuario tiene menos control de la infraestructura para centrar su participación a nivel de interacción con la plataforma se evidencia en varios de los criterios elegidos, y de manera particular, en que opciones son las más pertinentes ya que a raíz de los resultados se evidencia que el fabricante de la suite con mejor puntuación tiene una estrategia centrada en la migración de procesos en la nube
- El proceso de refinar fuentes y utilizar la información del contexto local para obtener una lista preliminar de posibles alternativas fue necesario y efectivo en el sentido de tener en un principio un listado con más de 300 herramientas (ver anexo I) que fue reducido sistemáticamente a las opciones evaluadas.
- Tal como se mencionó en el capítulo 5, la existencia de expertos sobre los cuales pueda sintetizarse información es de gran importancia y determina la existencia

de fuentes primarias cuyas valoraciones deben ser examinadas en términos de consistencia para su probar su validez. De esta síntesis, se reitera la importancia de usar la media geométrica para unificar las prioridades grupales dado que su aplicación garantiza que las razones de consistencia se mantienen dentro de los intervalos recomendados por Saaty

- Los criterios elegidos para la aplicación de la metodología de selección reflejan no sólo la existencia de características indispensables para un sistema de información sino que adicionalmente muestran cómo la tecnología impulsa el surgimiento de nuevas necesidades y funcionalidades que al difundirse dentro del mercado se vuelven relevantes para un grupo de usuarios y determinan parámetros de uso que un modelo debe tener en cuenta
- El trabajo realizado confirma que a pesar de no poder disponer de una metodología genérica para selección de cualquier tipo de sistema de información, el uso de una metodología compuesta por métodos multicriterio discretos como AHP y scoring resulta ser apropiado para un problema de selección. Adicionalmente, usar este enfoque tiene el beneficio de permitir al decisor comprender el problema y atacarlo desde una base científica.
- El hecho de encontrar que al determinar los pesos por entropía y al obtener pesos por el juicio de expertos seleccionados, la mejor alternativa fuese la primera (aunque con distinta puntuación) es consistente con el resultado del análisis de dominancia en donde se mostró que tanto la primera como la tercera constituían alternativas que cumplen con las características de una suite inteligente.
- La alternativa seleccionada tiene una versión on-premise y una versión cloud. Si bien el proceso de selección se realiza bajo el supuesto de implementar la versión cloud, se dejaría a elección de la vicerrectoría la decisión de elegir instalar esta versión o la de escritorio, ya que para la alternativa en mención una instalación básica de escritorio con versión express de SQL server sería suficiente para la implementación siempre y cuando no se incorpore más de un usuario por rol
- Se resalta también la importancia de un modelo de toma de decisión multicriterio en el marco de consultoría para adquisición de tecnología ya que como se muestra en este trabajo existen requerimientos que a nivel funcional y de costos son importantes pero no suficientes para la decisión, puesto que los elementos que inciden en su posterior adopción van mucho más allá de un rubro inicial.

9.2 Recomendaciones

Entre los aspectos identificados sobre el trabajo realizado se identifican los siguientes como focos de mejora, aspectos a tener en cuenta o elementos por ampliar:

- Para la evaluación de criterios específicos como el de documentación, aspectos básicos referentes a la clasificación fueron cubiertos, no obstante, cada categoría evaluable puede ser descompuesta en aspectos que hagan más exhaustiva la investigación como aquellos referentes a métricas de los sitios web y a la calidad del contenido, los cuales pueden ser abordados con indexadores de páginas
- Aun cuando la oferta en la nube busca promover que el usuario pueda enfocarse en el modelo de negocio y no en la infraestructura, en el levantamiento de información de las suites se evidenció que al adquirir suscripciones este rubro sí puede tener alguna relación con los costos recurrentes, así que es necesario evaluar también si la administración de infraestructura representa costos añadidos. Un ejemplo de esto es la localización física de los datacenters, y de características de alta disponibilidad en donde este costo es implícito
- Respecto a los grupos de APIs, un indicador elegido para evaluar la integración de las Suites, se aclara que esta es sólo una metodología aplicable derivada de la perspectiva de usuario final y por tanto muy posiblemente al elegir otros sub-criterios como la autenticación y seguridad en torno al consumo de los endpoints cambiarían la calificación
- En el proceso de recopilación de información por parte de expertos, fueron detectados puntos de mejora respecto a la interfaz mostrada, en particular, para los expertos que emplearon un dispositivo móvil. A futuro, es posible incluir mejoras basadas en la experiencia de usuario que puedan facilitar el ingreso de información y hagan mucho más intuitiva la interacción con un formulario
- Para obtener información de fuentes secundarias en un trabajo similar, es recomendable revisar también el ciclo de vida de los lanzamientos y actualizaciones de las versiones de los fabricantes ya que las funcionalidades relacionadas con algunos de los criterios pueden ser susceptibles de cambios entre versiones

9.3 Trabajos futuros

- En este trabajo, un grupo importante de fuentes de información estuvo compuesto por reportes empresariales especializados de consultoras de tecnología y sistemas de información. Dentro de esta línea, el informe de tendencias tecnológicas actuales (Karamouzis, 2020), elaborado recientemente por Gartner, puede ser un punto de partida a la hora de revisar criterios para calificar el éxito y adopción de un sistema computacional como el evaluado en este trabajo. Para este reporte, en particular, se tiene una nueva tendencia denominada *hiperautomatización*, la cual es por definición un elemento de gran relevancia para entornos empresariales en el que la automatización, medida en términos de grado y alcance, ofrece grandes oportunidades de crecimiento. En relación con algunos de los criterios mencionados en este estudio, el portafolio de tecnologías mencionado en el reporte incluye elementos también mencionados en este estudio tales como la automatización robótica de procesos y las suites inteligentes. Tener en cuenta estas tecnologías es relevante para llevar a cabo la implementación de un ciclo enfocado en esta nueva tendencia en fases relativas a la producción, gobernanza y escalabilidad.
- Un trabajo futuro puede consistir en la implementación de la Suite, extendiendo los lineamientos para una prueba de concepto indicada en los anexos y llevando a la práctica la automatización de tareas propuesta al final del capítulo 8. Con la herramienta adoptada, posteriormente sería posible revisar métricas de uso (establecidas por el proveedor Cloud) para evaluar estadísticas de uso dentro de un escenario posterior a la selección

A. Anexo: Cálculo propuesto para prioridades en Matlab

A continuación, se muestra el código propuesto realizado en Matlab con valores de ejemplo sobre los cuales se procesan prioridades y obtener el valor de lambda. Esta es la base para una prueba rápida de consistencia al momento de capturar la información de las valoraciones

```
% AHP 3 criteria - by ladiasz@unal.edu.co
A= [1 1/3 5; 3 1 7; 1/5 1/7 1]; % sample data
%"normalize" by columns
m1=A(:,1);
m2=A(:,2);
m3=A(:,3);
p1=m1/sum(m1);
p2=m2/sum(m2);
p3=m3/sum(m3);
A_norm=[p1 p2 p3];
%priorities -> row averages
%(called also eigen vec )
pr1=sum(A_norm(1,:))/3;
pr2=sum(A_norm(2,:))/3;
pr3=sum(A_norm(3,:))/3;
prm=max(max(pr1,pr2),pr3);
if(prm ==pr1)
    fprintf('Max priority for choice 1: %f',pr1)
else
    if(prm==pr2)
        fprintf('Max priority for choice 2: %f',pr2)
    else
        fprintf('Max priority for choice 3: %f',pr3)
    end
end
%priorities
priorities=[pr1 pr2 pr3];

%pcm weighted columns
pw1=A(:,1)*pr1;
pw2=A(:,2)*pr2;
pw3=A(:,3)*pr3;
pcmw=[pw1 pw2 pw3];
%weighted sum
wsu=[ sum(pcmw(1,:)) sum(pcmw(2,:)) sum(pcmw(3,:)) ] ;
lmaxapprox=sum(m1)*priorities(1)+sum(m2)*priorities(2)+sum(m3)*priorities(3)
```

B. Anexo: cálculo de dominancia

```
%author: ladiasz@unal.edu.co
vals=[
20    50    30;
3     5     5;
3.7   4.1   1;
3     1     1;
3     2     3;
20    13    22;
3     3     2;
5     5     6;
300   2250  772;
    ] ;

% Minimize -> -1, and maximize -> 1
trendm=[-1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1];

vals2=[
    vals(1,:)*trendm(1,1);
    vals(2,:)*trendm(1,2);
    vals(3,:)*trendm(1,3);
    vals(4,:)*trendm(1,4);
    vals(5,:)*trendm(1,5);
    vals(6,:)*trendm(1,6);
    vals(7,:)*trendm(1,7);
    vals(8,:)*trendm(1,8);
    vals(9,:)*trendm(1,9);
    ];

%Row 1
sizes=size(vals);
rows=sizes(1,1);
columns=sizes(1,2);

A1_2=0;
A1_3=0;

A2_1=0;
A2_3=0;

A3_1=0;
A3_2=0;
```


C. Anexo: Metodología para evaluación de criterios

A continuación se muestran algunos elementos que se tomaron como referencia para realizar las ponderaciones de los criterios en las secciones 5 y 6:

Criterio Evaluado	Notas sobre metodología usada para ponderación
Tiempo estimado para desarrollar proceso básico	Tiempos estimados para procesos no estructurados a partir del tiempo dado en el artículo de la suite S3 y extrapolando a partir de tiempo de lectura para los otros dos artículos de referencia
Bases o plataformas soportadas	Se asume que para S3 es posible realizar la virtualización vía Weblogic. Para la suite S2 se cuentan solamente las plataformas activas según los enlaces de la lista, ya que los elementos sin enlace corresponden a versiones obsoletas
Calificación en tienda de aplicaciones	Para la suite S3 no existe una aplicación asociada con calificaciones estándar de usuario. No obstante, el sitio oficial de documentación muestra la existencia de un portal móvil
Suites de RPA soportadas	Se listan como productos base las siguientes plataformas: Uipath, Automation Anywhere, Blue Prism
Soporte web aplicación móvil (IOS Android)	Se tienen los siguientes items como parámetros evaluables: Navegador web / Android (Google Play) / IOS (App store)
Grupos de APIs disponibles	De acuerdo a una revisión general de endpoints para las tres suites de interés, se definen una serie de categorías funcionales a partir de las cuales se indican si uno o varios endpoints pertenecen a dichas categorías (Revisar anexo siguiente)
Acceso a documentación	Se consideran los siguientes items: Base de conocimiento (KB), sitio oficial de documentación general (externa), repositorio abierto con soporte a versiones anteriores
Comunidad del producto y redes	Se tienen en cuenta los siguientes elementos: Redes: Twitter, fb, youtube, LinkedIn Sitios especializados: Foro y Developer community
Entrenamiento del fabricante	Se toman como referencia sesiones que puedan ser equiparables a días hábiles; Por ejemplo, S3 es un día hábil dividido en 2 sesiones

D. Anexo: Resumen de la evaluación de grupos de APIs

De acuerdo a la revisión, se definen las siguientes categorías funcionales

Categorías totales	Equivalencia en S1	Equivalencia en S2	Equivalencia en S3
Modelamiento a nivel de reglas	1	1	1
Conexión de instancias de integración	1	0	1
Gestión de módulos de integración	1	0	1
Conexiones programadas (scheduler)	1	0	1
Librerías auxiliares (para orquestaciones)	1	0	1
Tablas auxiliares (entidades)	1	1	1
Monitoreo y manejo de errores en invocaciones	1	0	1
Agrupar integraciones	0	0	1
Información sobre proyectos desplegados	1	1	1
Operaciones sobre proyectos	1	0	1
Definiciones sobre procesos	1	1	1
Ejecuciones sobre procesos	1	1	1
Instancias de procesos	1	1	1
Listar recursos (instancias auxiliares)	1	0	1
Roles	1	1	1
Preferencias de usuario	1	1	1
Metadatos	1	1	1
Adjuntos	1	1	1
Aplicaciones preconstruidas	0	0	1
Grupos de usuarios	1	1	1
Tareas	1	1	1
Consultas genéricas (querys)	1	1	1
TOTAL	20	13	22

La lista de endpoints base para esta comparación se encuentra en:
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1KytCFnURcJuSjLZkutnTEHYX-LoWqlQx50x3adfSiUk/edit#gid=0>

E. Anexo: cálculo de entropía y dispersión

```

%author: ladiasz@unal.edu.co
%for the "minimize" criteria it is necessary to take inverted values
vals=[
1/20 1/50 1/30;
3 5 5;
3.7 4.1 1;
3 1 1;
3 2 3;
20 13 22;
3 3 2;
5 5 6;
1/300 1/2250 1/772;
] ;
fm=vals';
%normalize by columns
fmn = [ fm(:,1)/sum(fm(:,1)) fm(:,2)/sum(fm(:,2)) fm(:,3)/sum(fm(:,3))
fm(:,4)/sum(fm(:,4)) fm(:,5)/sum(fm(:,5)) fm(:,6)/sum(fm(:,6))
fm(:,7)/sum(fm(:,7)) fm(:,8)/sum(fm(:,8)) fm(:,9)/sum(fm(:,9)) ];

%Entropies calculation
m=3;
kf=1/log(m);
v1f=fmn(:,1)';
v2f=fmn(:,2)';
v3f=fmn(:,3)';
v4f=fmn(:,4)';
v5f=fmn(:,5)';
v6f=fmn(:,6)';
v7f=fmn(:,7)';
v8f=fmn(:,8)';
v9f=fmn(:,9)';
sp1=0;
sp2=0;
sp3=0;
sp4=0;
sp5=0;
sp6=0;
sp7=0;
sp8=0;
sp9=0;

for i=1:m

```

```
sp1=sp1+v1f(i)*log(v1f(i));
sp2=sp2+v2f(i)*log(v2f(i));
sp3=sp3+v3f(i)*log(v3f(i));
sp4=sp4+v4f(i)*log(v4f(i));
sp5=sp5+v5f(i)*log(v5f(i));
sp6=sp6+v6f(i)*log(v6f(i));
sp7=sp7+v7f(i)*log(v7f(i));
sp8=sp8+v8f(i)*log(v8f(i));
sp9=sp9+v9f(i)*log(v9f(i));
end

ef1=-kf*sp1;
ef2=-kf*sp2;
ef3=-kf*sp3;
ef4=-kf*sp4;
ef5=-kf*sp5;
ef6=-kf*sp6;
ef7=-kf*sp7;
ef8=-kf*sp8;
ef9=-kf*sp9;
E=[ef1 ef2 ef3 ef4 ef5 ef6 ef7 ef8 ef9];
Df=1-E;
%weights by entropy
WEf=Df/sum(Df);
```

F. Anexo: Formulario para recolección de datos de valoraciones

Para recopilar datos se utilizó un formulario de Google con 5 secciones: una para caracterización del encuestado, una para evaluación de grupos de criterios y las tres restantes para valoración de criterios. El encabezado principal se muestra a continuación:



Estudio para selección de BPM

Actualmente se adelanta una encuesta con el propósito de evaluar herramientas BPM sobre entornos empresariales no convencionales. Sobre el tema en mención agradecemos indicar, de acuerdo a su experiencia en el tema, sus apreciaciones en términos de priorizar los grupos de variables indicados en 4 secciones con 3 preguntas

La información consignada aquí será empleada para propósitos educativos y no será compartida a terceros.

*Required

La primera sección se compone de las siguientes preguntas, en donde además de ratificar que los expertos poseen conocimiento específico, se busca confirmar también que cada entrevistado posee experiencia relacionada

Nombre *

Your answer _____

Tiene experiencia en el uso de alguna herramienta BPM

Si

No

Indique si su experiencia o conocimiento proviene de un entorno académico, empresarial o uno diferente *

Choose ▼

Indique el número aproximado de herramientas BPM sobre las cuales posee conocimiento *

Choose ▼

En relación con la pregunta anterior, indique el tiempo acumulado que lleva usando la(s) herramientas(s) *

Menos de 6 meses

Entre 6 meses y 12 meses

Entre 1 y 2 años

Más de 2 años

Para las demás preguntas se tiene el siguiente formulario en donde se sigue un formato similar al trabajado en (Cortes & García, 2010) según el cual se proporciona información de referencia y se maneja una escala numérica que se informa al evaluador:

Con base en la revisión de la literatura relacionada con la selección de sistemas de información BPM se tiene una lista de criterios base para el estudio, en los cuales se ha excluido parcialmente el licenciamiento, debido a que los modelos de suscripción no permiten reducir el rubro a un solo valor. Basado en su conocimiento, agradecemos que indique el grado de importancia de cada grupo de criterios, según estas definiciones

- Criterios de oferta como suite digital: estas variables hacen referencia a elementos de transformación digital de las empresas que convierten a una herramienta BPM en un facilitador entre la tecnología y los usuarios.

- Criterios funcionales: constituyen elementos de funcionamiento que se consideran relevantes para un usuario general y que influyen tanto en su uso como en la aplicación dentro de un entorno específico

- Criterios de apropiación : son variables que influyen en la adopción de la herramienta y, que para efectos del estudio, se relacionan con los recursos disponibles para un usuario que desea evaluar la herramienta

Pregunta 1

Con base en su experiencia, indique que grupo de criterios de selección de una suite BPM es más importante entre las siguientes dos categorías

- Criterios de oferta como Suite
- Criterios Funcionales

Que tan importante es una categoría respecto a la otra? *

Respecto a un par de categorías Ci y Cj, se tiene la siguiente escala de valoración:

Cij = 1: considera igualmente importantes la categoría i y la categoría j

Cij = 3: la categoría i es considerada ligeramente más importante que la categoría j

Cij = 5: la categoría i es considerada considerablemente más importante que la categoría j

Cij = 7: la categoría i es considerada mucho más importante que la categoría j

Cij = 9: la categoría i es considerada absolutamente más importante que la categoría j

	3	5	7	9	Iguales
Calificación	<input type="radio"/>				

G. Anexo: Matrices obtenidas

Encuestado 1: Consultor funcional BPM

Cmat =

1.0000 0.1429 5.0000

7.0000 1.0000 7.0000

0.2000 0.1429 1.0000

Smat =

1.0000 5.0000 7.0000

0.2000 1.0000 0.3333

0.1429 3.0000 1.0000

Fmat =

1.0000 1.0000 3.0000

1.0000 1.0000 0.3333

0.3333 3.0000 1.0000

Amat =

1.0000 5.0000 5.0000

0.2000 1.0000 7.0000

0.2000 0.1429 1.0000

Encuestada 2: Consultora de soluciones de negocio con experiencia en BPM

Cmat =

1.0000 1.0000 7.0000

1.0000 1.0000 7.0000

0.1429 0.1429 1.0000

Smat =

1.0000 1.0000 3.0000

1.0000 1.0000 7.0000

0.3333 0.1429 1.0000

Fmat =

1.0000 0.2000 0.1429

5.0000 1.0000 0.3333

7.0000 3.0000 1.0000

Amat =

1.0000 7.0000 0.3333

0.1429 1.0000 0.2000

3.0000 5.0000 1.0000

Encuestada 3: Docente departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial con experiencia en sistemas de información

Cmat =

1.0000 1.0000 1.0000

1.0000 1.0000 3.0000

1.0000 0.3333 1.0000

Smat =

1.0000 0.2000 0.1429

5.0000 1.0000 1.0000

7.0000 1.0000 1.0000

Fmat =

1.0000 3.0000 3.0000

0.3333 1.0000 3.0000

0.3333 0.3333 1.0000

Amat =

1.0000 3.0000 3.0000

0.3333 1.0000 3.0000

0.3333 0.3333 1.0000

Encuestado 4: Líder técnico de producto BPM

Cmat =

1.0000 3.0000 0.2000

0.3333 1.0000 0.1429

5.0000 7.0000 1.0000

Smat =

1.0000 9.0000 9.0000

0.1111 1.0000 0.1429

0.1111 7.0000 1.0000

Fmat =

1.0000 0.1429 0.1111

7.0000 1.0000 0.1111

9.0000 9.0000 1.0000

Amat =

1.0000 9.0000 9.0000

0.1111 1.0000 0.1429

0.1111 7.0000 1.0000

H. Anexo: Lineamientos para prueba

Como parte del análisis de decisión, se adjuntan los lineamientos para una eventual prueba de concepto con la alternativa con mejor puntuación.

Sobre la implementación de este proceso se tiene la siguiente lista de chequeo sobre prerequisites a nivel técnico para lo cual se asume la implementación de la modalidad Cloud de la herramienta en un entorno con licencia freemium y 5 usuarios:

Tipo de Requisito	Descripción	Cantidad	Responsable
Software	Suscripción a Azure (trial o básica) con acceso a creación de VM con Windows Server 2016 o superior	1	Profesional universitario aprovisionamiento
Software	Adquisición de blob storage de Azure y de funcionalidad del proveedor vía Marketplace de Azure	1	Profesional universitario aprovisionamiento
Software	Registro en el portal del proveedor	1	Profesional universitario
Hardware	Equipo portátil con navegador Chrome 79	1	Analista

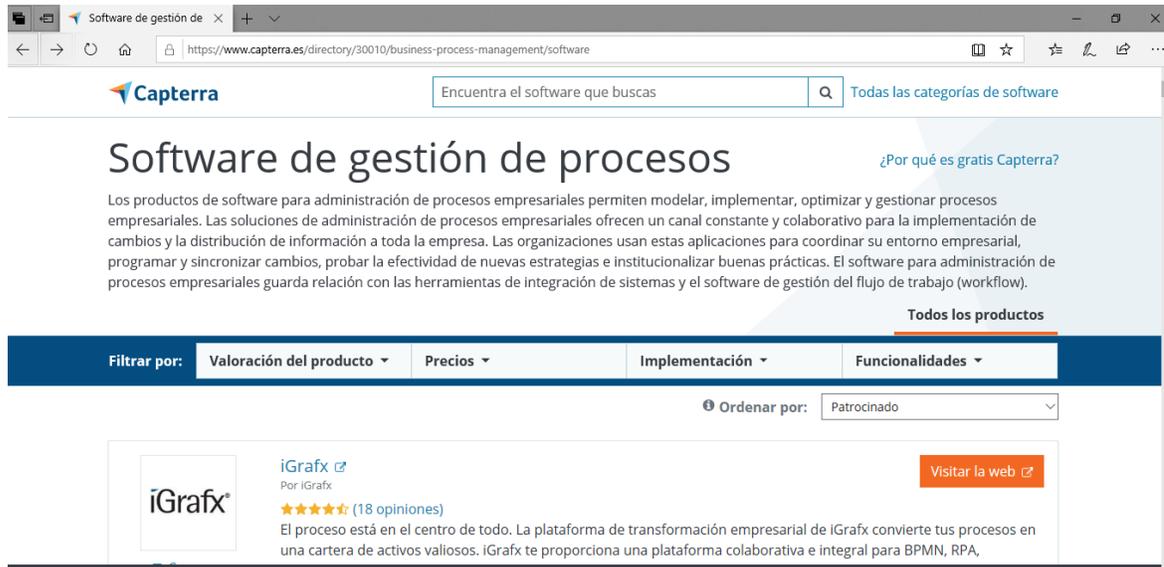
Adicionalmente se plantea tener un reporte con pruebas unitarias que incluya casos de prueba y el responsable para cada uno de ellos, tal como se propone:

Caso	Descripción	Instancia	Rol Responsable
CV1	Verificar que en la tarea es posible conectar con la base de datos Oracle y ver en la interfaz los nombres de los campos	Datos	Analista Scienti
CC1	Verificación del funcionamiento del conector de excel para obtención de información de Hermes	Conector	Analista Hermes
CP1	Verificar notificaciones a todos los roles involucrados cuando se recibe un mail solicitando el reporte	Proceso	Analista SIA
CP2	Verificar que la validación de un reporte consolidado deriva en el envío automático de un correo	Proceso	Analista Hermes

I. Anexo: Búsqueda en Capterra para Software BPM y Script asociado

El código mostrado toma la siguiente URL y extrae información de su código fuente:

<https://www.capterra.es/directory/30010/business-process-management/software>



%this script generates a plain text file with the matches for products urls

%Author: ladiazs@unal.edu.co

```
url="https://www.capterra.es/directory/30010/business-process-
management/software"
```

```
code = webread(url);
tree = htmlTree(code);
selector = "A";
subtrees = findElement(tree,selector);
attr = "href";
str = getAttribute(subtrees,attr);
c=0;
fid = fopen('jfiles.txt','wt');
for a= 1:length(str)
    if ( str(a).contains("software/") )
        c=c+1;
        fprintf(fid, '%s', str(a));
        fprintf(fid, '\n');
    end
end
fclose(fid);
```

Igrafx	Promapp	Nextprocess
Archeo	Productboard	Mi-Forms
Bic-Cloud	Bpm-Suite	Electroneek-Rpa
Engage-Process-Modeler	Zingtree	Apiant
Zoho-Creator	Getmaintainx	Rapidminer
Orchestly	Appian	Activebatch-Workload-Automation
Monday-Com	Processmaker-Bpm-Software	Trackvia
Sensus-Bpm-Software	Winautomation	Prime
Cwa-Smartprocess	Versionone	Commandcenter
Teamdesk	Laserfiche	Rindle
Ninox	Processgene-Bpm-Suite	Enterprise-Process-Center-Epc
Forms-Automation-Software	Intellect	Decisions
Bitrix24	Flowcentric-Processware	Novacura-Flow
Proworkflow	Myeasyiso	Sage-Live
Wrike	Processplan	Commandhound
Pipefy	Nifty	Bonita-Bpm
Smartsheet	Wooqr	Drakon-Editor-Web
Metatask	Agiloft	Process-Simulator
Jira	Tonkean	Cdevworkflow
Harmonypsa	Policy-Manager-Software	Runmyprocess
Erwin-Business-Process	Conceptdraw-Pro	Touchstone-Business-System
Asana	K2	Triaster-Bpm-Software-System
Lucidchart	Oracle-Bpm-Suite	E-Flow
Pangata	Jitterbit	Highgear
Uipath-Robotic-Process-Automation	Flowfinity	Electronic-Work-Instructions
Process-Street	Timereaction	Pega-7-Platform
Aha	Perfectforms	Webcon-Business-Process-Suite
Sap-Business-Bydesign	Pruvan	Flowingly
Quickbase	Bp-Logix-Process-Director	Visualcron
Deltek-Costpoint	Integrify	Signavio
Priority-Matrix	Pdf-Forms-For-Sharepoint	Intelledox
Canvas-Mobile-Forms	Ultradox	Jobrouter
Trainual	Gluu	Leo-Robotic-Process-Automation

Era-Environmental-Management-Software	Synaptik	1C-Enterprise
Method-Grid	Compass	Clearui
Gooddata	Omnidek	Camunda-Bpm
Kissflow	Bizflow-Plus-Bpm-Suite	Marcom-On-Demand
Pie	Workflowgen	Caseblocks
Tallyfy	Onit-Apps	Mpro5
Kepion-Planning	Mykosmos	Intra
Ebase-Xi	Kofax-Totalagility	Heflo
Iris-Business-Architect	Owis	Abacus
Ve-Bpm	Axon-Ivy-Bpm-Suite	Attest
Runmyjobs	Workspace-365	X4-Suite
Methodologiee	Epicor-Iscala-For-Hospitality	Ultimate-Forms
Buzzflow	Cube-Data-Management-System	Flowave
Comidor	Intellera	Fluid-Bpm
Way-We-Do	Simplifier	Jboss-Bpm-Suite
Ontask	Makigami	Toolpack
Optimumhq	Workpoint	Bluekaktus
Thinksmart-Automation-Platform	Mq1	Process-Bliss
Conclusion	Sequence	Yack-Net
Lifecycle-Workflow	Tactic	Ruum
Devsuite	Chronos-Workflow-Platform	Qorus-Integration-Engine
Autopilot	Bp-Simulator	Flowers
Axelor	Team	Livemodel
Girafi	Flokzu	Bizapp-Studio
Dealpath	Robot	Ca-Workload-Automation
Pulpstream	Servicetracer	Time-And-Billing
Maestro	Process-Runner	Maus-Policies-Procedures
Timelinepi	Skore-App	Fitnet-Manager
Kriya	Cap-Workflow	Author
Batchmaster-Enterprise	Server	Appbase-Dcm-Bpm-Platform
Coreintegrator-Workflow	Ultimus-Bpm-Suite	Magic-Bpm
Auraportal	Activedocs-Opus	Myinvenio
Envisual-360	Omniflow	Effectlauncher

Appway-Platform	Softexpert-Bpm	Knowledgelake-Unify
Ardoq	Edinn-M2	Agilitybms
Enterprise-Explorer	Bizcaps-Bpm	Taskey-Me2Team
Docfinity	Notoware	Imc-Process-Guide
Valise	Efirst-Process	Somnetics
Process-Manager	Compass	Omnibpm
Perfeqta	Bridgelogiq	Cumuluspro
		Vanguard-Financial
Wag	Geo-Replicator	-Forecasting
Eldoc	Retis-Dmm-Analytics	Flosuite
Firmcover	Agilepoint-Nx	Pellio
Bizbee	Credit-Decision-Platform	Amalto-E-Business-Cloud
Complyworks-Process-Management	Eps5-500	Antipodes-Cubes
Ennov-Business-Process-Management-Software	Universal-Automation-Center	Emakin
Pro-Ceed	Comindware-Process	Elma-Bpm
Athena	Umtplus	C2M-Workflow
		Process-Management
Brightreps	Records-Studio	-Platform
Boombirds	Nektar-Data	Barium-Live
Product-Name-Docket	Jim2-Business-Engine	Fuse-Framework
Living-Systems-Process-Suite	Flowmingo	Nowwecomply
Eis	Processmate-Bpm	Processd
Enterprise-Crystal-Ball	Process4-Biz	Bluerelay
Visual-World-Platform	Simple-Bpm	Edoras-One
Enj	Entellitrak	Vpms
Kontinuum	Ileap-Platform	Sustrana
Eap-Executive	Epsilon-Context	Thirdbaseci
Select-Architect	Improvelt	Expressbpel-Platform
Axion-4Tq	Digital-Enterprise-Suite	Eva-Netmodeler
Graham-Process-Mapping	Phrontex	Celonis
Business-Execution-System	Finedocs	Umt-Plus
Evertime-lbpms	Datapolis-Process-System	lasset-Com
Eflowxpert	Saascase	Cubedrive
Bpi-System	Processpolicy	Orbfusion
Wizdomworks	Navvia	Cleverocean

Qpr-Processanalyzer	Dexon-Bpm	Procelite
Teamworkiq	Megara	Quickbpm
Procedure-Accelerator	Firestart	Mom
Minit	Workflow-Bpm	Business-Case-Management
Globalaction	Cqn-Advantage	Hubbler-Studio
Rider	Nividous	Mxm-Process
Lab1	Pmg-Digital-Business-Platform	Unibpm-Business-Process-Management-System
Invantive-Data-Access-Point	Pega-Professional-Services	Businessoptix
Parsable	Smartdocs-Bpm	Smart-Work-Station
Cortex-Intelligent-Automation	Alfresco-Process-Services	Iterop
Mavim	Imixs-Office-Workflow	Unitek
Webigami	Thinkautomation	Xdp
Infosys-Nia	Altviz	Blueway
Happierflow	446-Platform	Kwixee
Governance-Business	Flowboard	Ibisa
Bizpro	Wizzcad	Catalytic
Aurea-Cx-Platform	Comparative-Agility	Pectra-Technology
Dwkit	Citsmart	Lana-Process-Mining
Upboard	Bluedolphin	Canea-Process
Vaflow	Tur-Ai	Processkit
Nextpond	Corezoid-Process-Engine	Design
Odyssey	Discoveriq	Quickreach
Si-Fi	Incentivus	Hubi
Leonardo247	Pulse-Software	Livayo
Xsuite	Bemet-International	Autto
Pos-Business-Suite	Bpmedge-Bpms	Fulcrumone
Kvasy	Bubblz	Parabola
Applus	Patrol	E-Tailer
Decadis-Control-Center	Silloge	Opsstream
Workonflow	Diflow	Interstage-Business-Process-Manager
Flowize	Loop-Me	Rhd
Ebiflow	Sydle-Bpm	Playbook-Builder
Ibism	Comm-Ant	Ekepler-Erp

Bibliografía

- Almubarak, A., & Omar, S. (2018). Computer-aided Systematic Business Process Management: Case Study of PG Program. *2018 14th International Computer Engineering Conference (ICENCO)* (págs. 36-41). IEEE.
- AuraPortal INC. (2019). *The iBPMS Case Study of EPM Group • AuraPortal*. Obtenido de Case Study white Paper: <https://www.auraportal.com/case-studies/epm-group/>
- Badiru, A. (2011). *Project management: Systems, principles, and applications*.
- Bakmaz, B., Bojkovic, Z., & Bakmaz, M. (2007). Network selection algorithm for heterogeneous wireless environment. *IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC*.
- Bilgin, G. (2017). *Handling project dependencies in portfolio management*.
- Bizagi Inc. (2014). *Industry: Key student administration process 90% faster with Bizagi Operational Excellence with Bizagi BPMS*. London.
- Bizagi Inc. (s.f.). *Bizagi 11.2 BPM Suite - Digital Business Platform*. Obtenido de http://help.bizagi.com/bpm-suite/en/index.html?sysreqs_net_dev.htm
- Bizagi Inc. (s.f.). *Bizagi 11.2 Suite*. Obtenido de http://help.bizagi.com/bpm-suite/en/index.html?sysreqs_net_dev.htm
- Black, K. (2010). *Business statistics : for contemporary decision making*. Wiley.
- BonitaSoft Inc. (s.f.). *Bonita - Hardware and software requirements*. Obtenido de <https://documentation.bonitasoft.com/bonita/7.9/hardware-and-software-requirements>
- Bosch-Rekveltdt, M., Jongkind, Y., Mooi, H., Bakker, H., & Verbraeck, A. (1 de 8 de 2011). Grasping project complexity in large engineering projects: The TOE (Technical, Organizational and Environmental) framework. *International Journal of Project Management*, 29(6), 728-739.
- Buelow, H. (2010). *Getting started with Oracle BPM Suite 11gR1 : a hands-on tutorial*. Packt Pub.
- Capterra INC. (2019). *Software de gestión de procesos 2019. Opciones, opiniones y precios - Capterra*. Obtenido de Software List: <https://www.capterra.es/directory/30010/business-process-management/software>
- Chang, J. (2016). *Business Process Management Systems*. Auerbach Publications.

- Collazos, V. (2016). *Framework de evaluación de la efectividad de los modelos estratégicos del negocio basados en los estándares BMM (Business Motivation Model) y BPMN (Business Process Model and Notation)*. Universidad Nacional de Colombia.
- Colombo, E., & Francalanci, C. (8 de 2004). Selecting CRM packages based on architectural, functional, and cost requirements: Empirical validation of a hierarchical ranking model. *Requirements Engineering*, 9(3).
- Cruz Rojas, D. (2013). *Obtención de diagramas BPMN con recursos humanos a partir de procesos de software en Spem 2.0*. Universidad Nacional de Colombia.
- Davies, I., & Reeves, M. (2010). BPM Tool Selection: The Case of the Queensland Court of Justice. *Handbook on Business Process Management 1*. En I. Davies, M. Reeves, J. Brocke, & M. Rosemann (Edits.). Springer Berlin Heidelberg.
- Delgado, A., Calegari, D., Milanese, P., Falcon, R., & García, E. (2015). A Systematic Approach for Evaluating BPM Systems: Case Studies on Open Source and Proprietary Tools. *Springer*, 451, 81-90.
- Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. (2018). Process-Aware Information Systems. En M. Dumas, M. La Rosa, J. Mendling, & H. Reijers, *Fundamentals of Business Process Management* (págs. 341-369). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Dunie, R., Schulte, W., Cantara, M., Inc, M.-G., & 2015, u. (s.f.). Magic Quadrant for intelligent business process management suites. *gartner.com*.
- Fang, Z., Management, C.-I., & 2010, u. (s.f.). BPM architecture design based on cloud computing. *pdfs.semanticscholar.org*.
- Ferreira, G., Silva, U., Costa, A., & Pádua, S. (3 de 4 de 2018). The promotion of BPM and lean in the health sector: main results. *Business Process Management Journal*, 24(2), 400-424.
- Gabryelczyk, R. (2018). An Exploration of BPM Adoption Factors: Initial Steps for Model Development., (págs. 761-768).
- Garcia, J. (2013). *A hybrid method for information technology selection combining multi-criteria decision making (MCDM) with technology roadmapping*. Universidad Nacional de Colombia.
- Gartner INC. (2019). *Business Process Management - BPM - Gartner IT*. Obtenido de Magic Quadrant for Intelligent Business Process Management Suites: <https://www.gartner.com/it-glossary/business-process-management-bpm>

- Gatautis, R., & Tarute, A. (2017). Consumer Engagement in the Context of Mobile Applications' Usage. En R. Gatautis, & A. Tarute, *Country Experiences in Economic Development, Management and Entrepreneurship* (págs. 875-884). Springer, Cham.
- Go forrester. (2019). *Use Business Technology To Differentiate And Drive Growth - Forrester*. Obtenido de Web page: <https://go.forrester.com/business-technology/>
- Gómez Cepeda, J. (18 de 1 de 2019). Diseño de un modelo de evaluación de procesos clave de negocio para la implementación de BPM (Business Process Management) en las Mipymes colombianas.
- Google Inc. (s.f.). *Search in Google trends; Keywords Automatización de Procesos, Selección de software, Region: Colombia*. Obtenido de <https://trends.google.es/trends/explore?geo=CO&q=Automatizaci%C3%B3n%20de%20procesos,selecci%C3%B3n%20de%20software>
- Gurbaxani, V., & Whang, S. (3 de 1 de 1991). The impact of information systems on organizations and markets. *Communications of the ACM*, 34(1), 59-73.
- Harmon, P. (2007). *Business process change : a guide for business managers and BPM and six sigma professionals*. Elsevier.
- Harvey, M. (2005). *Essential business process modeling*. O'Reilly.
- Houy, C., Fettke, P., & Loos, P. (2010). On Theoretical Foundations of Empirical Business Process Management Research. En C. Houy, P. Fettke, & P. Loos, *Business Process Management Workshops. Lecture Notes in Business Information Processing* (págs. 153-175). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Huertas Gómez, P. (2017). *Redesign and implementation of Business Processes in the insurance domain*. PUJ. Pontificia Universidad Javeriana.
- IBM Inc. (s.f.). *IBM Business Automation Workflow 18.0.0.2 - Detailed System Requirements*. Obtenido de <https://www.ibm.com/software/reports/compatibility/clarity-reports/report/html/softwareReqsForProduct?deliverableId=440F568089B211E89D57EFEED3CB8BE9>
- Ishizaka, A., & Nemery, P. (2013). *Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software*. wiley.
- Jadhav, A., technology, R.-I., & 2009, u. (s.f.). Evaluating and selecting software packages: A review. *Elsevier*.

- Jiang, J., Le, J., Wang, Y., Sun, J., & He, F. (2011). The BPM Architecture Based on Cloud Computing. *2011 Fourth International Symposium on Knowledge Acquisition and Modeling* (págs. 196-198). IEEE.
- Karagiannis, D., & Dimitris. (1 de 8 de 1995). BPMS: Business Process Management systems. *ACM SIGOIS Bulletin*, 16(1), 10-13.
- Karamouzis, F. (2020). *Top 10 Strategic Technology Trends for 2020*. Obtenido de Report: <https://www.gartner.com/en/doc/432920-top-10-strategic-technology-trends-for-2020>
- Koplowitz, R. (2019). *The Forrester Wave™: Software For Digital Process Automation For Deep Deployments, Q2 2019*. Obtenido de Report: <https://www.forrester.com/report/The+Forrester+Wave+Software+For+Digital+Process+Automation+For+Deep+Deployments+Q2+2019/-/E-RES144414>
- Korhonen, J., Melleri, I., & ..., K.-G. (2013). Designing Data Governance Structure: An Organizational Perspective. *search.ebscohost.com*.
- Laudon, K., Laudon, J., Vidal Romero Elizondo, A., & Solares Soto, P. (2016). *Sistemas de información gerencial*. Pearson Educación.
- Lechler, T., Ronen, B., & Stohr, E. (18 de 12 de 2005). Critical Chain: A New Project Management Paradigm or Old Wine in New Bottles? *Engineering Management Journal*, 17(4), 45-58.
- Lee, B. (2004). *Multi-project management in software engineering using simulation modelling*.
- Li, C., Cui, H., Ma, G., & Wang, Z. (2012). A BPM Software Evaluation Method. *2012 Second International Conference on Intelligent System Design and Engineering Application* (págs. 1-4). IEEE.
- Lobos, V., Diana Lopez, C., Paciello, J., & Pane, J. (2016). Proposal of a unified BPM model for open data publication. *2016 Third International Conference on eDemocracy & eGovernment (ICEDEG)* (págs. 93-98). IEEE.
- Maoz, M., & Manusama, B. (04 de Mayo de 2016). *Gartner*. Obtenido de Magic Quadrant for the CRM Customer Engagement Center: <https://www.gartner.com/doc/reprints?id=1-32AEZIA&ct=160331&st=sb>
- Meidan, A., García-García, J., ..., M.-C., & 2017, u. (s.f.). A survey on business processes management suites. *Elsevier*.
- Mejia, C., Arias, J., Mayorga, H., Rincon, N., & Martinez, Y. (2011). ERP and BPMS integration at a manufacturing simulation lab. *IX Latin American Robotics*

- Symposium and IEEE Colombian Conference on Automatic Control, 2011 IEEE* (págs. 1-6). IEEE.
- Mercia, Gunawan, W., Fajar, A., Alianto, H., & Inayatulloh. (3 de 2018). Developing cloud-based Business Process Management (BPM): a survey. *Journal of Physics: Conference Series*, 978, 012035.
- Mircea, M. (2010). SOA, BPM and Cloud Computing: Connected for innovation in higher education. *2010 International Conference on Education and Management Technology* (págs. 456-460). IEEE.
- Mišić, D., Manić, M., Trajanović, M., & Vitković, N. (2018). IT Support for University Spin-Off Companies. En D. Mišić, M. Manić, M. Trajanović, & N. Vitković, *Supporting University Ventures in Nanotechnology, Biomaterials and Magnetic Sensing Applications* (págs. 93-111). Cham: Springer International Publishing.
- Modi, R. (2019). *Azure for Architects: Implementing cloud design, DevOps, containers, IoT, and serverless solutions on your public cloud*.
- Mu, E., & Pereyra-Rojas, M. (2016). Practical decision making: an introduction to the Analytic Hierarchy Process (AHP) using super decisions.
- Nahid Alam, M., Khan Jebran, J., & Afzal Hossain, M. (2012). Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach on Consumers' Preferences for Selecting Telecom Operators in Bangladesh Information and Knowledge Management Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach on Consumers' Preferences for Selecting Telecom Operators in Bangladesh. *researchgate.net*, 2(4).
- Oracle Inc. (s.f.). *Oracle Fusion Middleware Supported System Configurations*. Obtenido de <https://www.oracle.com/technetwork/middleware/ias/downloads/fusion-certification-100350.html>
- Paradkar, S. (2018). *Mastering non-functional requirements : analysis, architecture, and assessment* (1st edition ed.).
- Platje, A., Seidel, H., & Wadman, S. (1 de 5 de 1994). Project and portfolio planning cycle: Project-based management for the multiproject challenge. *International Journal of Project Management*, 12(2), 100-106.
- Pomerol, J., & Barba-Romero, S. (2012). *Multicriterion decision in management: principles and practice*. (Springers Science - Business Media, Ed.)
- Project Management Institute. (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos*. Bogota.

- Rand, G. (1 de 6 de 2000). Critical chain: the theory of constraints applied to project management. *International Journal of Project Management*, 18(3), 173-177.
- Ravesteyn, P., & Batenburg, R. (8 de 6 de 2010). Surveying the critical success factors of BPM-systems implementation. *Business Process Management Journal*, 16(3), 492-507.
- Red Hat Inc [US]. (2019). *Red Hat Process Automation Manager features*. Obtenido de Product Overview: <https://www.redhat.com/en/technologies/jboss-middleware/process-automation-manager/features>
- Red Hat Inc. (2019). *Red Hat Decision Manager 7.0 - Red Hat Customer Portal*. Obtenido de Product Documentation: https://access.redhat.com/documentation/en-us/red_hat_decision_manager/7.0/
- Reina, M., & Cortés, F. (2015). Selección de una estructura de red logística de distribución para el programa mercados campesinos usando técnicas de toma de decisiones multicriterio. *Revista Ciencias Estratégicas*, 23, 89-108.
- Richardson, C., Cullen, A., McGovern, S., Forrester, D., & 2015, u. (2015). The Forrester Wave™: BPM Platforms For Digital Business, Q4 2015. *project-consult.de*.
- Robinson, H., & Richards, R. (2010). Critical Chain Project Management: Motivation & overview. *2010 IEEE Aerospace Conference* (págs. 1-10). IEEE.
- Rojas, A., Cortes, F., & Pinzón, Y. (2015). Selección de software, una revisión sistemática del estado del arte. *Revista IngeUAN*, 5(2145-0935).
- Saaty, T. (1988). What is the analytic hierarchy process? *Springer*.
- Saaty, T. (1989). Group Decision Making and the AHP. En T. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process* (págs. 59-67). Springer Berlin Heidelberg.
- Saaty, T., & Vargas, L. (2012). *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process*.
- Saaty, T., & Vargas, L. (2013). *Decision making with the analytic network process : economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks*. Springer.
- Schmietendorf, A. (2008). Assessment of Business Process Modeling Tools under Consideration of Business Process Management Activities. En A. Schmietendorf.
- Schwalbe, K. (2016). *Information technology project management*.
- Silva, L., Poletto, T., de Carvalho, V., & Costa, A. (2014). Selection of a Business Process Management system: An analysis based on a Multicriteria problem. *2014 IEEE*

- International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)* (págs. 295-299). IEEE.
- Štemberger, M., Bosilj-Vukšić, V., & Jaklić, M. (9 de 1 de 2009). Business Process Management Software Selection – Two Case Studies. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 22(4), 84-99.
- TIBCO Software Inc. (s.f.). *TIBCO ActiveMatrix BPM*. Obtenido de <https://www.tibco.com/es/products/tibco-activematrix-bpm>
- UIS. (19 de junio de 2015). *TIC UIS*. Obtenido de EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO (AHP) : http://tic.uis.edu.co/ava/pluginfile.php/252727/mod_resource/content/1/M%C3%A9todo%20AHP.pdf
- Vargas, J., Mayorga, F., Guevara, D., & Álvarez, E. (2019). Analytic Hierarchy Process of Selection in Version Control Systems: Applied to Software Development. En J. Vargas, F. Mayorga, D. Guevara, & E. Álvarez. Springer, Cham.
- Vargas, R., congress, P.-B.-P., & 2010, u. (s.f.). Using the analytic hierarchy process (AHP) to select and prioritize projects in a portfolio. *iwave.ru*.
- Wang, J., Wang, W., & Mei, J. (14 de 9 de 2015). Flexible Evaluation of BPMS User Based on AHP. *The Open Automation and Control Systems Journal*, 7(1), 1131-1136.
- WMP Van Der Aalst. (2013). Business process management: a comprehensive survey. *Hindawi Publishing Corporation*.
- Xu, L., Xu, E., & Li, L. (18 de 4 de 2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941-2962.
- Xu, Z. (1 de 11 de 2000). On consistency of the weighted geometric mean complex judgement matrix in AHP. *European Journal of Operational Research*, 126(3), 683-687.
- Yajure CA. (2015). Comparación de los métodos multicriterio AHP y AHP Difuso en la selección de la mejor tecnología para la producción de energía eléctrica a partir del carbón. *Scientia et Technica Año XX*.