

**DEFINICIONES DE LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO Y PROYECTOS
REPRESENTATIVOS A ESCALA URBANA DE LA TECNOLOGÍA DE ESCÁNER
LÁSER TERRESTRE TLS.**

Mt. Univ. Juan Manuel Corso Sarmiento
Arquitecto
Marzo 2011

“El levantamiento no es un simple trabajo de medición y representación, sino una rigurosa tarea destinada a la profunda comprensión del objeto arquitectónico y a la formación de la visión crítica y personal: razón y emoción deben entrar en juego, ya que el cometido del dibujante no es sólo el de representar de forma sistemática o mecánica (como una máquina): el análisis y la síntesis gráfica no pueden prescindir de las intenciones del autor”¹.

Objetivo: Realizar una recopilación de conceptos en torno a los procesos de levantamiento, para ser tenidos en cuenta en los levantamientos realizados con la tecnología de Escáner Láser Terrestre TLS, en el Laboratorio de Modelización Virtual de la universidad politécnica de Catalunya, planteando una nueva línea de investigación, en cuanto a la comprensión de los registros y su procesamiento a partir de modelos semánticos.

Definición de levantamiento arquitectónico:

El levantamiento puede entenderse como una aproximación a la arquitectura en la que se analizan (se identifican, se eligen...) y se sintetizan algunos de sus episodios mediante operaciones gráficas objetivas, rigurosas y eficaces, en relación con las intenciones o fines propuestos.

Docci y Maestri “el levantamiento es análisis, selección y síntesis del hecho real”²

Vagnetti define el levantamiento como “cualquier representación documental de la arquitectura, realizada como operación sucesiva a la del reconocimiento y a la observación de la propia arquitectura, y traducida a término gráficos de cualquier grado de fidelidad”³

“Resulta de indudable valor el progreso del conocimiento que tiene lugar al desarrollarse el proceso completo del levantamiento: desde la toma de datos hasta el dibujo concluido, se entra en contacto con la arquitectura, se la siente próxima, como referente directo del discurso gráfico, contribuyendo a la familiarización con la escala, con posibles niveles de abstracción, modos de expresarla... Así, el levantamiento resulta esencial para el conocimiento riguroso de la realidad arquitectónica, y además sirve para recopilar, organizar y suministrar información objetiva a diversas disciplinas: proyectos y obras, ordenación urbana, catalogación del patrimonio, investigación históricas, arqueológicas, docentes, etc.”⁴

Tipos de levantamientos:

¹ GÁMIZ Gordo, Antonio, Ideas sobre análisis, dibujo y arquitectura, Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, Sevilla, 2003, pág 130

² DOCCI, M. / MAESTRI, D.: Il rilevamento....; SAINZ, Jorge: “El dibujo de levantamiento: un instrumento gráfico para la investigación arquitectónica”, Restauración arquitectónica, 1991, pág 185-202

³ Vagnetti: Disegno e architettura 1985; SAINZ, Jorge: “El dibujo de levantamiento: un instrumento gráfico para la investigación arquitectónica”, Restauración arquitectónica, 1991, pág 185-202

⁴ GÁMIZ Gordo, Antonio, Ideas sobre análisis, dibujo y arquitectura, Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, Sevilla, 2003, pág 132

Estado actual, acotados o no, cronológicos planos previos comparados con la obra nueva o con otras obras analógicas, con referencias varias, etc...

Según su nivel de aproximación o exactitud: levantamiento a ojo o a mano alzada, levantamientos con medidas accesibles, con fotos, levantamientos científicos, con máximo control métrico.

DEFINICIÓN DE ANÁLISIS:

Según la real academia de la lengua: "Distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos".

Javier Seguí considera que el "análisis quiere decir destrucción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios y elementos; examen que se hace a una obra, de un escrito o de cualquier realidad susceptible de estudio intelectual; etc... El análisis sólo tiene sentido cuando se busca interpretativamente algo respecto al objeto o la obra que se analiza. Analizar una obra es someterla a ciertas hipótesis acerca de su naturaleza y aplicar los instrumentos idóneos para probar si se cumplen"⁵

Jorge Sainz dice que "el análisis es siempre un proceso de reducción que trata de estudiar un aspecto prescindiendo temporalmente de los demás, pero cuyo objetivo final es siempre la mejor comprensión del objeto analizado, entendiendo este como una unidad invisible"⁶

José Joaquín Parra plantea una aproximación teórica al concepto del análisis general "en cuanto a metodología y a estrategia intelectual que intenta alcanzar un determinado conocimiento sobre el objeto al que dedica su atención. Conocer es su fin último y, en función de este objetivo, se establecerán los métodos y se utilizarán los recursos –procedimientos e instrumentos- más eficaces."⁷

José María Jiménez realiza un recorrido crítico por diversos planteamientos analíticos en busca de una visión integral equilibrada, considerando que para ver no siempre es necesario un solo esquema. "Se hace flaco favor al conocimiento de una arquitectura concreta si se la ve sólo desde una angulación específica. No significa esto que se niegue que la aproximación unilateral a una obra no tenga interés propio. Lo que se plantea es que se puede aspirar a la determinación de una mayor profundidad de lectura"⁸

Por ello se entiende el análisis de la arquitectura como un proceso de progresión del conocimiento, de creación, construcción o manipulación de ideas con ciertos objetivos, que necesita adecuados enfoques y recursos,

⁵ SEGUÍ, Javier., Escritos para una introducción al proyecto arquitectónico, Madrid, 1996, pág 90

⁶ SAINZ, Jorge., El dibujo de arquitectura, Madrid, 1990, pág 43

⁷ PARRA, José Joaquín, Proyecto docente, inédito, Sevilla, 2001, pág 39

⁸ JIMÉNEZ, José María., Proyecto docente, inédito, Sevilla, 1997, pág 60-61

especialmente de carácter gráfico, para la aproximación adecuada al modelo analizado.

El análisis de la arquitectura:

En la arquitectura suelen acometerse ciertos análisis sobre distintos aspectos, circunstancias o matices que influyen en la unidad de cada obra arquitectónica.

La arquitectura se ha entendido desde ciertos enfoques parciales por la gran diversidad de contextos temporales, siendo algunos de mayor interés a lo largo de la historia⁹.

- Vitrubio identifica cualidades básicas firmitas, utilitas y venustas, estas han sido entendidas a través de los siglos con innumerables matices, como por ejemplo estabilidad, comodidad y deleite según Alberti.
- Claude Perrault añadiría Solidez, comodidad, belleza, ordenación, proporción, decoro y economía.
- Norberg Schulz distingue tres dimensiones técnica, formal y funcional (Estructura, función y forma) y categorías formales (masa, espacio, superficie), identificando masa y espacio como manifestación sensible del concepto objeto-contexto o figura-fondo.
- Hoy cobran protagonismo lugar, programa y presupuesto, sin perder de vista la historia, escala, geometría, proporción...., u otros aspectos de la arquitectura en un mundo abierto, que tratamos de conocer y ordenar reiteradamente.

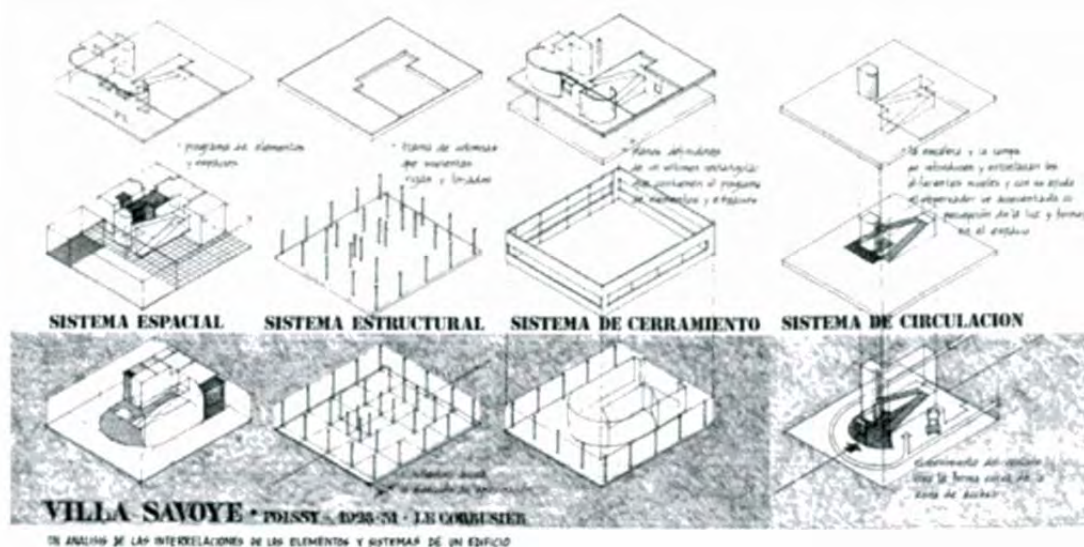
Dichas ideas pueden servir como base de lecturas analíticas parciales sobre la arquitectura. En el ejercicio práctico de la actividad analítica, los enfoques pueden especializarse tanto como sea necesario, según los objetivos propuestos. Por ejemplo:

- **Análisis funcional** desde la necesidad de su uso, desde la consideración sobre el desarrollo de las actividades humanas y su programa.
- **Análisis constructivo** mirando la arquitectura como estructura técnica articulada que debe dar respuesta, durable y estable, a exigencias culturales, climáticas y ambientales, mediante sistemas constructivos provenientes de industrias en constante evolución.
- **Análisis volumétrico** arquitectónico como echo plástico, como un juego de volúmenes perceptibles y manipulables.
- **Análisis espacial** se centra en las múltiples variables que participan en la configuración de los vacíos arquitectónicos y sus posibilidades organizacionales como hechos intencionados.

⁹ GÁMIZ Gordo, Antonio, Ideas sobre análisis, dibujo y arquitectura, Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, Sevilla, 2003, pág 35-90

- **Análisis urbano o paisajístico** atendiendo a los procesos de transformación colectiva de nuestro entorno y a sus coincidencias de habitabilidad (en permanente adaptación a las necesidades de la comunidad).
- **Análisis documental** entraría en contacto con la arquitectura a través de todo tipo de documentación gráfica o escrita existente (con visión crítica de la fuente).

Figura 1: Análisis de interrelaciones de elementos y sistemas de la villa Savoye (le Corbusier, 1928-31)



Fuente: CHING, Francis D.K. *Arquitectura: Forma, Espacio Y Orden*, Gustavo Gili, 2005, pág 14.

En cualquier caso, cada enfoque o cada descomposición, no debe entenderse como una simple disección o deconstrucción, sino como la creación de nuevos esquemas de conocimiento.

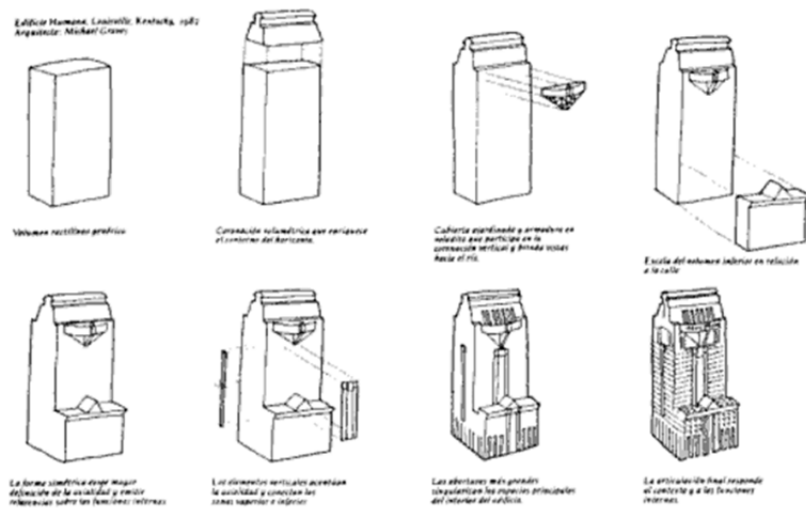
“al operar analíticamente sobre la arquitectura resulta fundamental la adecuada elección de enfoques o sistemas autónomos cuya superposición puede conducir a un sistema total”¹⁰

Aunque se puede idear mecanismos para tratar de dar objetividad al proceso, la lectura decompositiva de la arquitectura debe ser siempre intencionada, teniendo en cuenta que la subjetividad o la parcialidad resultan inevitables, por lo que deben considerarse criterios que hagan que el análisis resulte más coherente y riguroso. Debe responderse a la complejidad por partes en las que puedan encontrarse estadios intermedios u organizaciones menores que

¹⁰ NORBERG-SCHULZ, Christian., *Intensiones en arquitectura*, Gustavo Gili, 1998, pág. 88.

aporten nuevos argumentos o ideas. “El proceso analítico debe ir del todo a las partes, y viceversa, una y otra vez...”¹¹

Figura 2: Génesis y articulación del volumen del edificio Humana (Louisville, Kentucky), Michael Graves, 1982.



Fuente: BAKER, Geoffrey H., Le Corbusier. Análisis de la forma, Editorial Gustavo Gili S.A., 2000, pág. 75.

LA SELECCIÓN

La percepción del mundo que nos rodea comienza con la recepción de la información del medio en el que se vive, a través de un proceso de selección, permitiendo la clasificación y comparación de dicha información, a diferentes escalas y niveles de profundidad.

La clasificación y la Tipología:

La clasificación se desarrolló especialmente a partir del siglo XVIII y durante el XIX, particularmente en Francia, obras teóricas sobre arquitectura que usaban tablas comparativas como base de sus argumentos. Durand consagró la comparación y la clasificación como herramientas para conocer la arquitectura. En el siglo XX, Ernst Neufert propone clasificaciones de gran interés utilitario; Alexander Klein sobre la vivienda mínima; Aldo Rossi propone la clasificación para operar la ciudad; también Giorgio Grassi, etc.¹²

Es evidente que el arquitecto le interesa la clasificación en diversas tendencias: “sus planeamientos espaciales, sus organizaciones volumétricas, sus particulares formas de dinamismo y expresión empática, sus tratamientos de la luz, sus diálogos con el entorno, el suelo y el cielo, las formas de acceder y

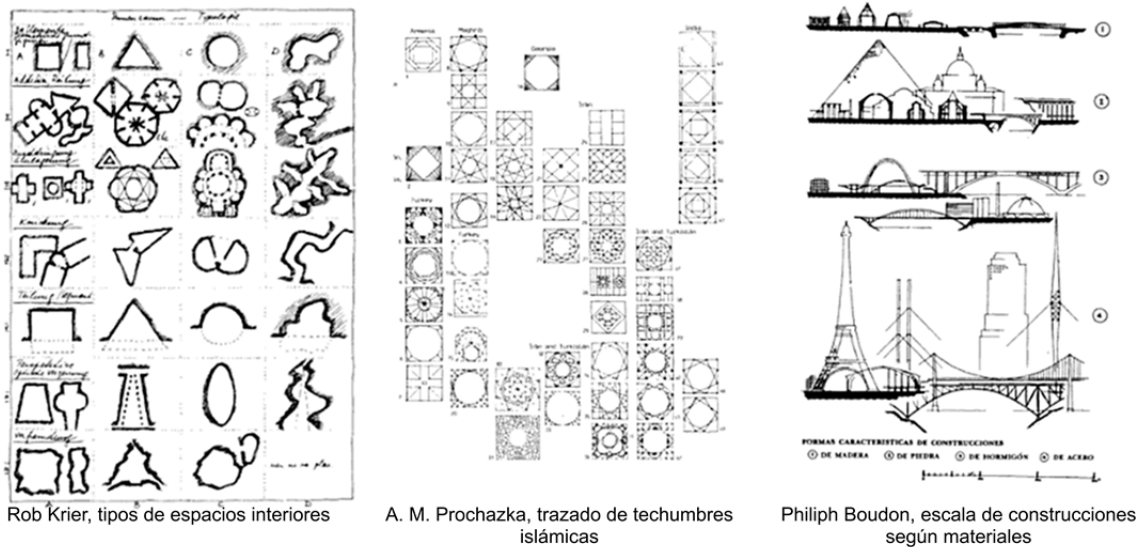
¹¹ NORBERG-SCHULZ, Christian., Intensiones en arquitectura, Gustavo Gili, 1998, pág. 86.

¹² GRASSI, Giorgio., La construcción lógica.... Pág. 44-xx. En TRILLO, Juan Luis., Razones poéticas en arquitectura, 1993, pág 107

circular por ellos, las distintas formas en que se puede interpretar sus respectivas génesis formales. Comprender cómo sus diferencias responden a importantes cambios en las percepciones del mundo, del espacio y de la arquitectura y, también, a diferentes medios de control formal”¹³.

Uno de los mayores teóricos de la arquitectura, Quatremère de Quincy, comprendió la gran importancia de este problema y dio una definición magistral de tipo y de modelo.

Figura 3: Ejemplos de clasificación de tipologías



Fuente: GÁMIZ Gordo, Antonio, Ideas sobre análisis, dibujo y arquitectura, Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, Sevilla, 2003

Diversos autores como Aldo Rossi plantean que “La palabra tipo o representa tanto la imagen de una cosa que copiar o que imitar perfectamente cuanto la idea de un elemento que debe servir de regla al modelo” ¹⁴, en otras palabras no es un modelo que puede repetirse, sino la concepción de obras que se asemejan entre sí.

“En todas partes el arte de fabricar regularmente ha nacido de un germen preexistente. En todo es necesario un antecedente; nada en ningún género viene de la nada y esto no puede dejar de aplicarse a todas las invenciones de los hombres. Así, vemos que todas, a despecho de los cambios posteriores, han conservado siempre claro, siempre manifiesto al sentimiento y a la razón su principio elemental. Es como un especie de núcleo en torno al cual se han aglomerado y coordinado a continuación los desarrollos y las variaciones de forma, de los que era susceptible el objeto. Por ello nos han llegado mil cosas de todos los géneros, y una de las principales ocupaciones de la ciencia y la

¹³ JIMÉNEZ, José María., Proyecto docente, inédito, Sevilla, 1997, pág. 71
¹⁴ ROSSI, Aldo., la arquitectura de la ciudad, 10 edición, Gustavo Gili, 1999, pag 25

filosofía para captar su razón de ser es investigar su origen y su causa primitiva. Eso es a lo que hay que llamar tipo en arquitectura, como en cualquier otra rama de las invenciones y de las instituciones humanas....no es posible captar de inmediato la estructura de una cosa o la "cosa misma" mediante la contemplación o mera reflexión. Para ello es precisa una determinada actividad. No se puede penetrar en la "cosa misma" y responder a la pregunta de qué es "la cosa en sí misma" sin realizar un análisis de la actividad gracias a la cual es comprendida la cosa, con la particularidad de que este análisis de abarcar el problema de la creación de la actividad que abre el acceso a las "cosas misma". Esta actividad son los aspectos o modos diversos de la apropiación humana del mundo”¹⁵

Relación entre las partes:

Una vez identificados ciertos episodios y niveles formales de interés, otra operación que permite avanzar en el conocimiento consiste en establecer relaciones entre ellos, condición necesaria para que este tipo de procesos decompositivos resulten coherentes, según las teorías estructuristas¹⁶.

“lo específico de la arquitectura es el modo de poner en relación entre si las diferentes estructuras que confluyen en ellas. No sin razón es este el problema de las teorías arquitectónicas, desde Vitrubio a toda la tratadística del ochocientos”¹⁷

Así, mediante la descomposición en problemas menores y a través de la manifestación de sus relaciones, se puede completar un proceso analítico: “la arquitectura no es explicable por la suma de las propiedades y naturaleza de los procesos de sus componentes, si éstos se toman aisladamente, ya que es necesario tomar en consideración el conjunto de éstos y de las relaciones que los ligan.... la iteración permite partir de una situación formalmente compleja, para alcanzar unos niveles de suficiente simplicidad”¹⁸.

“Otra forma de conocimiento analítico ampliamente contrastada en la práctica arquitectónica, se basa en la consideración de lo simple y lo compuesto, en la descomposición de fenómenos en partes menores (*sin disecar, ni quitar la vida al organismo estudiado*) de manera que la comprensión de dichas partes y se sus relaciones puede servir para entender mejor su conjunto”¹⁹

El término “relación” denota un modo lícito de distribuir elementos.

¹⁵ Ibíd. Rossi.

¹⁶ JIMÉNEZ, José María., Proyecto docente, inédito, Sevilla, 1997, pág. 49

¹⁷ TAUFURI, Manfredo., Teorías e historia de la arquitectura...1972 pág. 259. En JIMÉNEZ, Alfonso., Textos docentes.... T. II, pág 15-24, reed.1994

¹⁸ JIMÉNEZ, Alfonso., Textos docentes.... T. II, pág 4-9, reed. 1994

¹⁹ GÁMIZ Gordo, Antonio, Ideas sobre análisis, dibujo y arquitectura, Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, Sevilla, 2003, pág 35-90

Las relaciones formales son necesariamente tridimensionales o <<espaciales>>, puesto que los elementos son principalmente masas y espacios.

SISTEMA GENERATIVO

Sistema generativo: consiste “en un conjunto de partes (o elementos) más unas reglas con las que se combinarán para formar <<cosas>> admisibles”.... No es una visión de una cosa única, sino el conjunto de sus partes con normas que regulan el modo en que estas partes pueden combinarse.

“La idea de sistema no ayuda más que a entender tipos de comportamiento que resultan de interacciones entre partes”

“No debemos entender la palabra sistema para designar un objeto. Un sistema es una abstracción. No es un tipo especial de objeto sino un modo especial de considerar este objeto.”

Figura 4: Sistema generativo



“un conjunto de partes (o elementos) más unas reglas con las que se combinarán para formar <<cosas>> admisibles”

Fuente: Alexander, C. A pattern language. Ciudades Edificios Construcciones, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1980.

1. ESTADO DEL ARTE TLS

1.1 TECNOLOGÍA DE ESCÁNER LÁSER TERRESTRE

En los últimos años se han realizado esfuerzos para la reconstrucción automática de edificios. En este momento, hay dos tipos de tecnología de sensores que se pueden aplicar al registro de la geometría de los edificios:

Datos ópticos: (como la imagen y de vídeo): han servido como una importante fuente de datos para una amplia variedad de aplicaciones desde hace décadas.

Escáner láser: es una tecnología de toma de datos, que se utiliza comúnmente en la ingeniería inversa para la reconstrucción de modelos digitales tridimensionales.

La investigación reciente (Brenner 2005; Rabbani 2007; Marambio 2010 y otros) muestran que los puntos terrestres de láser e imágenes de corta distancia son piezas valiosas de los datos para la reconstrucción detallada de modelos en 3D y aunque la adquisición de imágenes y escaneo láser son cada vez más precisos y automáticos, el tratamiento automatizado de los conjuntos de datos resultantes se encuentra en una fase de investigación temprana. Siendo una tecnología que ha desarrollado rápidamente en los últimos años. Se ha ampliado la disponibilidad de escáneres láser en el mercado y su capacidad de exploración (resolución angular, alcance de detección, velocidad, etc.) también se han desarrollado (Lemmens, 2001, 2004, 2007, 2009).

En este sentido se han desarrollado numerosas metodologías de construcción de modelos, la integración inteligente de múltiples fuentes de datos e interpretación de los datos de los sensores, permitiendo en principio la reconstrucción automática de modelos de fachadas de forma coherente a las necesidades y restricciones de los proyectos.

Por un lado, los detalles en fachadas de los edificios son registrados con exactitud por los TLS y cámaras digitales. Por otro lado, los edificios son objetos hechos por el hombre y tienen formas regulares.

Visión general de las últimas tecnologías TLS:

Se pueden distinguir tres categorías de sistemas de TLS por el principio de la medición de la distancia:

En los **sistemas de pulso**, la distancia de vuelo total de un pulso láser se calcula multiplicando el tiempo de vuelo y la velocidad de la luz. La distancia entre el escáner láser y la superficie reflejada es la mitad de la distancia de vuelo. Junto con el ángulo de desviación del rayo láser (en relación con el emisor láser), las coordenadas en tres dimensiones de la posición reflejada puede ser calculada. Los sistemas de pulso son avanzados en términos de alcance de detección, del orden de kilómetros, mientras que son menos precisos que los otros dos sistemas. Por ejemplo el Riegl LMSfiZ620 tiene un alcance de 2 m a 2000 m y su rango de precisión a 50 m es de 10 mm.

Los **sistemas de cambio de fase** se diferencian de los sistemas de pulsos de luz, en que la distancia se mide desde el cambio de fase del pulso en lugar del tiempo de vuelo. Sus rangos son más cortos que los sistemas de pulso, mientras que la precisión es mayor. Por ejemplo, el Faro Photon 120, sólo se puede llegar a un máximo de 120 metros, y la exactitud rango es de 2 mm a 50 m de distancia. Los sistemas de cambio de fase, también tienen una tasa de medición muy alta (puntos por segundo emitidos), por ejemplo, Leica HDS6100 emite 500.000 puntos por segundo (Lemmens, 2009).

Un escáner de **triangulación óptica** requiere una cámara adicional (con una posición y orientación conocida) en busca de los rayos láser "que refleja las posiciones. Para cada posición laser reflejada, una triangulación está formada por la cámara, el emisor de láser, y la posición reflejada. La distancia entre la cámara y el emisor del láser y el ángulo del emisor láser son conocidas. El ángulo de la cámara se puede derivar de la posición de los puntos láser dentro del campo vista de la cámara. La forma y el tamaño del triángulo puede ser totalmente determinada por la información conocida (uno de los lados y las dos esquinas), y por lo tanto la posición reflejada se puede determinar. Los escáneres de triangulación óptica tienen un rango limitado de algunos metros, pero su exactitud es muy alta: del orden de decenas de micrómetros.

Los láser escáner móviles (Mobile Laser Scanning MLS) realizan una actualización de los sistemas TLS tradicionales (Optech de 2009; 3DLaserMapping, 2009). En los sistemas MLS, instrumentos como los escáneres, unidades de medida inercial (inertial Measurement Unit IMU), receptores GPS y cámaras (ver Figura 1) se montan en la parte superior de los vehículos, y la exploración del láser y la adquisición de imágenes se lleva a cabo durante la conducción. La recolección simultánea de datos IMU y GPS permite el cálculo de la posición del escáner láser, registrándolos a lo largo del recorrido en intervalos muy cortos, similares a los de escáneres aerotransportados (Airborne laser scanning ALS).

Se ha desarrollado la reconstrucción de modelos a partir de la información TLS en dos líneas, que pueden utilizarse conjuntamente:

Los métodos basados en los datos, **data-driven** o también llamados Bottom-up modelling (Frueh et al, 2005; Cornelis et al, 2008; Becker y Haala, 2007) y el método basado en modelos **model-driven** también llamados Top-down modelling (Schindler y Bauer, 2003; Taillardier y Deriche de 2004; Ripperda, 2008). En los métodos basados en datos, las geometrías son extraídas directamente de los datos del sensor y combinados como el modelo final. En los métodos basados en modelos se predefinen una serie de plantillas primitivas y luego mediante la interpretación de los datos se ajustan las aquellas que encajen mejor con los datos del sensor.

En general, en proyectos extensos de gran complejidad la reconstrucción basada en data-driven suelen ser la más recomendada, ya que las plantillas del método model-driver suelen ser insuficientes para dicha interpretación. En contraste los modelos data-driven son vulnerables a una menor calidad de los datos.

1.2 PRINCIPALES TRABAJOS RELACIONADOS A LA CONSTRUCCIÓN MODELOS URBANOS

Los enfoques de la reconstrucción de edificios se pueden clasificar con respecto a los principales datos para su reconstrucción y el tipo de modelado para la reconstrucción.

Comúnmente se utilizan como datos base para la reconstrucción de edificios imágenes aéreas (Suveg y Vosselman, 2004; Taillandier y Deriche, 2004), imágenes de corto alcance (Dick 2001; Zisserman 2001; Schindler; Bauer 2003), láser aerotransportado de exploración de datos (Maas y Vosselman 1999; Haala y Brenner 1999; Elberink Oude y Vosselman 2009), los datos de escaneo láser terrestre (Marambio 2010; Frueh 2005; Pu y Vosselman de 2009; Becker 2009) y vídeo (Pollefeys 2008; Tian 2009).

Los datos aéreos generalmente cubren grandes áreas urbanas. Estructuras de techos y suelos puede ser claramente registrada con sistemas de a bordo. En contraste, los sistemas terrestres y la información de sistemas de corto alcance son utilizadas para el registro de fachadas de edificios y aplicaciones de detalles. La fotografía moderna hace que el registro de los entornos urbanos sea más rápido y barato, y con la ventaja de que son fácilmente comprensibles por los humanos.

Sin embargo, la automatización y la fiabilidad de los métodos de reconstrucción basada en imágenes siguen siendo sorprendentemente bajas, incluso después de muchos años de investigación. Las dificultades en la interpretación automática de imágenes provienen principalmente de la recuperación de la geometría 3D de imágenes 2D.

En el que la imagen es una proyección de dos dimensiones de un mundo en tres dimensiones. Dicha profundidad de las imágenes se puede alcanzar al unir e interceptar múltiples imágenes, logrando grados de precisión que dependen de la imagen, la perspectiva y la oclusión de la esta, en donde la adquisición de la imagen pasa por un proceso de 3D a un 2D que mediante la intercepción de las imágenes regresa a un 3D, cabe anotar los nuevos desarrollos de fotografía en las cuales se registran valores de profundidad.

1.2.1 Christian Frueh²⁰

Primer intento de generar fachadas de escáner láser terrestre combinadas con imágenes digitales, mediante una plataforma móvil de dos escáneres láser. La localización global y actitud de cada ciclo se calculan mediante la adaptación de los puntos del láser a la toma de datos aéreos o DSM con el algoritmo de localización de "particle-filtering-based" Monte-Carlo. Esta solución algorítmica

²⁰ Frueh, C., S. Jain, and A. Zakhor (2005), Data processing algorithms for generating textured 3D building facade meshes from laser scans and camera images. Inter. J. Comput. Vision 61, 159-184.

de localización móvil utilizo por primera vez los sistemas modernos MLS, como Lynx y Streetmapper, en donde el GPS y las señales IMU se utilizan de forma adicional.

En cuanto al procesamiento de datos, las nubes de puntos primero se utilizan para generar imágenes de profundidad, y los objetos de primer plano (objetos con oclusión) y el fondo (fachadas de edificios) se distinguen mediante un análisis del histograma. Mallas TIN se generan a partir de los puntos del fondo, y se texturan con una selección de imágenes (ver figura 5). Los agujeros de las texturas causados por oclusión se rellenan con texturas de áreas similares. Este enfoque logra un grado de automatización alto y con resultados realistas, pero no se generan modelos de geometrías simples, se reconstruyen modelos difícilmente manipulables por la cantidad de polígonos que la constituyen.

Figura 5: Limpieza semiautomática de la malla y su corrección.



Fuente: Frueh, C., S. Jain, and A. Zakhor (2005), Data processing algorithms for generating textured 3D building facade meshes from laser scans and camera images. *Inter. J. Comput. Vision* 61, 159-184.

1.2.2 Nico Cornelis²¹

Se generó un modelo 3D con intento de una representación realística para la navegación en coche. La plataforma de toma de datos consiste en un par de cámaras de vídeo estéreo calibrado y unidades GPS / INS, que también se monta en un vehículo. El procesamiento de video en tiempo real puede ser visto como un proceso de alternancia entre la reconstrucción de la escena y la detección de coches. El denso encuadre entre videos en estéreo es significativamente acelerado para introducir la hipótesis de que las fachadas son verticales y el suelo es una superficie reglada.

La detección de vehículos se basa en la estrategia estándar que distingue el fondo y los primeros planos en las imágenes, considerando que los coches están aparcados entre fachadas de los edificios y el suelo (ver figura 6). Este proceso marca un alto nivel de automatización, velocidad de procesamiento y

²¹ Cornelis, N., B. Leibe, K. Cornelis, and L. Van Gool (2008). 3D urban scene modeling integrating recognition and reconstruction. *International Journal of Computer Vision* 78 (2), 121-141.

visualización. Sin embargo, es importante señalar que la detección de edificios no es el foco de este método, sino que se centra solamente en la visualización.

Figura 6: Reconstrucción de modelos de ciudad en 3D complementada con modelos de coches.



Fuente: Cornelis, N., B. Leibe, K. Cornelis, and L. Van Gool (2008). 3D urban scene modeling integrating recognition and reconstruction. *International Journal of Computer Vision* 78 (2), 121-141.

1.2.3 Shi Pu 2009²²

Se establece un ejemplo de estructura lógica semántica, que define características de fachadas (paredes, puertas, salientes, etc) en cuanto a sus propiedades geométricas y relaciones espaciales. A partir de esta estructura la nube de puntos se segmenta en planos mediante el algoritmo “surface growing”, en donde cada segmento es comparado con ciertos parámetros para clasificar los segmentos mediante determinados rasgos (ver figura 7). El proceso de extracción funciona correctamente exceptuando las ventanas, ya que usualmente se registran pocos puntos reflejados por los cristales, estas se reconstruyen a partir de los orificios de las paredes. Luego los contornos poligonales o superficies B-spinlines se encajan en cada segmento, y las partes de escáner láser sin puntos láser se definen hipotéticamente mediante conocimientos previos.

Las ventajas de la construcción de un edificio mediante semántica son:

- Las nubes de puntos a menudo contiene puntos que no pertenecen a la fachada del edificio (por ejemplo personas), o los puntos de los objetos en el edificio que no queremos incluir en el modelo final (por ejemplo, objetos detrás de ventanas).

²²PU, Shi., Knowledge based building facade reconstruction from laser point clouds and images, Tesis, NCG Nederlandse Commissie voor Geodesie Netherlands Geodetic Commission, Publications on Geodesy 75, Delft, 2010.

- El escaneo láser difícilmente puede escanear un edificio completamente, ya que siempre hay áreas ocultas que no pueden ser alcanzados por los rayos láser. El conocimiento puede ser utilizado para llenar estas lagunas mediante la comprensión de las relaciones entre las características que las rodean.
- Un modelo de construcción semántica permite una mejor visualización, al compartir la misma textura en todos los polígonos con la etiqueta misma característica, o la asignación de una textura predefinida a un determinado tipo semántico.
- Un modelo con un etiquetado de construcción semántica puede estar asociada con más atributos (nombre, propietario, color, etc) según el tipo semántico, que ayuda a la integración con objetos basados en bases de datos georeferenciadas.

Figura 7: Izquierda, Reconstrucción de una fachada. Los errores se producen en: 1. buhardilla, 2. esquina redonda, 3. ventana, 4. límite de la pared, 5. techo límite. Derecha, modelo con texturas aplicadas.



Fuente: PU, Shi., Knowledge based building facade reconstruction from laser point clouds and images, NCG Nederlandse Commissie voor Geodesie Netherlands Geodetic Commission, Publications on Geodesy 75, Delft, 2010.

1.2.4 Nora Ripperda²³

Construcción de fachadas mediante una descripción de reglas. Los elementos de fachada (como paredes, puertas y ventanas) y elementos abstractos (como la repetición, la simetría y la matriz) se escriben como terminales, y las fachadas del edificio son descritos por la composición jerárquica de estos terminales (ver Figura -). La reconstrucción de la fachada de un edificio puede

²³ Ripperda, N. (2008). Grammar Based Facade Reconstruction using RjMCMC. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation 2008 (2), 83.

ser visto como un proceso estocástico de la interpretación de los datos del sensor con la gramática. La distribución de probabilidad de los terminales es buscado bajo la supervisión del salto reversible del método Markov Chain Monte Carlo (rjMCMC).

La forma regular de las fachadas de los edificios puede representarse con la gramática, y el método rjMCMC es particularmente apropiado para una zona de edificios con formas similares (figura 8). Sin embargo, el análisis estocástico para fachadas complejas, por ejemplo, con pequeñas protuberancias de tamaño, no podría dar lugar a muchas pistas con la base de los conocimientos actuales.

Figura 8: Detección de elementos repetitivos de las fachadas (ventanas) y la estructura del modelo procedural



Fuente: Ripperda, N. (2008). Grammar Based Façade Reconstruction using RjMCMC. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation 2008 (2), 83.

1.2.5 Pascal Müller²⁴

Presenta una metodología que intenta resolver el problema de generar una fachada a partir de una única imagen rectificadas, a través de una interpretación semántica.

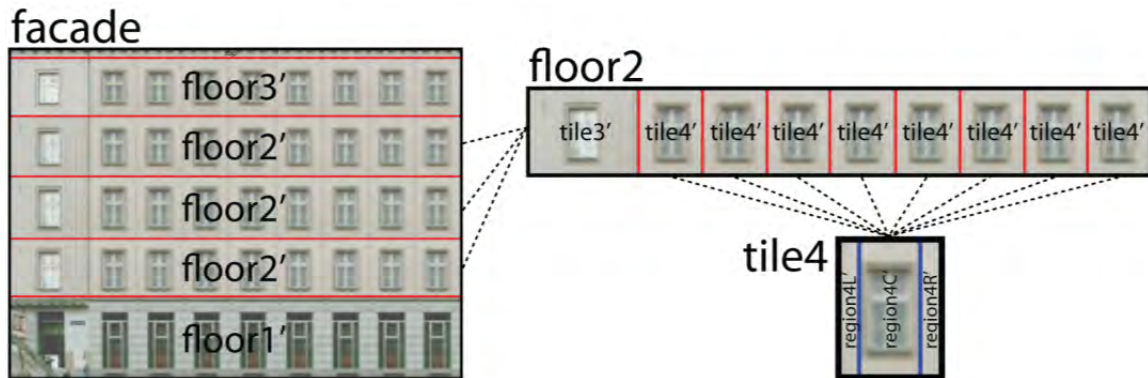
Mutual Information - Symmetry Detection - The Irreducible Façade

- ***Façade structure detection - Structure Subdivision***

²⁴ MÜLLER, Pascal, Image-based Procedural Modeling of Façades, ACM Transactions on Graphics, Vol. 26, No. 3, Article 85, Publication date: July 2007

- **Tile refinement** - Subdivision of Facade Tiles
- **Element recognition** - Local Split Detection - Global Split Synchronization
- **Editing and Shape Grammar Rule Extraction**

Figura 9: Eliminación de la simetría vertical y eliminación de la simetría horizontal, concluyendo en *The Irreducible Facade*.



Fuente: MÜLLER, Pascal, Image-based Procedural Modeling of Facades, ACM Transactions on Graphics, Vol. 26, No. 3, Article 85, Publication date: July 2007

1.2.6 Susan Becker²⁵

Esta aproximación comienza con la reconstrucción de un modelo de poliedros desde los puntos del láser terrestre y las imágenes, a continuación, utiliza los datos extraídos de los modelos para recuperar las zonas sin datos láser. Para registrar las fotografías digitales con la nube de puntos se utilizaron las imágenes de intensidades generadas a partir de la nube de puntos, convirtiendo el problema en un registro imagen-imagen, que puede ser resuelto con el algoritmo SIFT (scale invariant feature transform, Lowe 2004). Suponiendo que no hay puntos láser desde las ventanas, los puntos de los bordes de las ventanas se pueden determinar, y los bordes tanto horizontales como verticales se pueden extraer. Bordes extraídos por un filtro Sobel de las fotos de la cámara digital son usados para afinar los bordes de las ventanas (ver figura 10). El modelo resultante contiene marcos de ventanas con las divisiones de las ventanas. Después de la etapa de reconstrucción se utiliza una construcción a partir de reglas similar a la de Ripperda (2008).

Figura 10: Flujo de trabajo en el proceso de reconstrucción del *Alte Kanzlei, Stuttgart*. Nube de puntos LIDAR (a), detección de puntos en los bordes de ventana (b), clasificación de celdas 3D (c), fachada modelo 3D (d), fachada con mayor detalle (e).

²⁵ Becker, S. (2009). Generation and application of rules for quality dependent facade reconstruction. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 64 (6), 640- 653.

Para el Arq. Christopher Alexander: "Cada patrón describe un problema que ocurre una y otra vez en nuestro entorno, para describir después el núcleo de la solución a ese problema, de tal manera que esa solución pueda ser usada más de un millón de veces sin hacerlo ni siquiera dos veces de la misma forma".

Según el programador Richard Gabriel (reconocido experto en programación Lisp): "Cada patrón es una regla de tres partes, la cual expresa una relación entre un cierto contexto, un conjunto de fuerzas que ocurren repetidamente en ese contexto y una cierta configuración software que permite a estas fuerzas resolverse por sí mismas."

Este concepto de Lenguaje de patrones desde la Arquitectura fue desarrollado de forma extensa por primera vez por Christopher Alexander en el libro "*A pattern language*"²⁶ y su inspiración fueron las ciudades medievales, ya que según los autores son ciudades atractivas y armoniosas, que permitían gracias a las regulaciones locales establecer ciertas características, que permitían a los arquitectos adaptarlas a situaciones particulares, utilizando una estructura de malla, a través de patrones que definen conceptos a aplicar en el diseño, que van siempre de mayor a menor en un lenguaje que se estructura según la necesidad de cada proyecto.

Lenguaje de Patrones en términos informáticos:

Alexander describe un sistema práctico de arquitectura en una forma que un matemático teórico o un científico de la computación llamaría gramática generativa.

Siguiendo las enseñanzas de Alexander, un patrón individual debe describirse en 3 partes²⁷:

"Contexto" - ¿Bajo qué condiciones resolverá esta solución el problema?

"Sistema de fuerzas" - Se puede considerar como el problema o el objetivo

"Solución" - Una configuración que pone las fuerzas en equilibrio o resuelve el problema presentado

Contexto -> Sistema de fuerzas -> Solución

Así, una entrada en un lenguaje de patrón debería tener un nombre sencillo, una descripción concisa del problema, una solución clara, y suficiente información para ayudar al lector a entender cuando aplicar esta solución.

²⁶ ALEXANDER, Christopher, *A pattern language*. Ciudades Edificios Construcciones, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1980.

²⁷ http://www.gardenvisit.com/history_theory/library_online_ebooks/architecture_city_as_landscape/development_alexanders_pattern_language

También debería mostrar que patrones deben tenerse en consideración de ante mano, y que patrones se deberían considerar más adelante.

Los siguientes pasos asumen el uso de una aplicación informática de hipertexto, como una wiki.²⁸

- Piense sobre la situación como una jerarquía de ideas, como un fractal, desde lo general al detalle.
- Ponga cada idea en una página diferente, nombrándola con el título que describe la idea en pocas palabras.
- En un índice, ordena las ideas desde las más grandes a los detalles. Esto permitirá al lenguaje de patrón ser lineal y fácilmente imprimible, si es necesario. Este paso incrementa de forma amplia la usabilidad del sistema si (casi) todas las páginas se mencionan en la gran lista.
- Para cada patrón, escriba una descripción del problema, la solución y un ejemplo. Mientras lo escribe, conéctelo con los patrones con los que se relacione
- Los gráficos son de gran ayuda.
- Si hay varias personas editando el lenguaje de patrón, firme su trabajo. Además de la razón más obvia, permite conseguir una lista de las páginas usando enlace recíproco en cada página.
- Muestra referencias donde sea apropiado
- Ponga un enlace al índice al final de cada patrón
- Probablemente necesita una ventana para escribir su página, y al menos una más para saltar atrás y adelante con las referencias.

Bibliografía

Tecnología de escáner láser terrestre

Becker, S. Generation and application of rules for quality dependent facade reconstruction. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 64 (6), 2009, p. 640- 653.

Cornelis, N.; Leibe, B.; Cornelis, K.; Van Gool. L. 3D urban scene modeling integrating recognition and reconstruction. International Journal of Computer Vision 78 (2), 2008, p. 121-141.

Frueh, C.; Jain, S.; Zakhor A. Data processing algorithms for generating textured 3D building facade meshes from laser scans and camera images. Inter. J. Comput. Vision 61, 2005, p. 159-184.

²⁸http://www.gardenvisit.com/history_theory/library_online_ebooks/architecture_city_as_landscape/book_references_sources

Müller, P. Image-based Procedural Modeling of Facades, ACM Transactions on Graphics, Vol. 26, No. 3, Article 85, 2007.

Ripperda, N. Grammar Based Facade Reconstruction using RjMCMC. Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation 2008, p. 83.

Arquitectura - ciudad

Alexander, C. 3 Aspectos de Matemática y Diseño, traducción Beatriz de Moura, Tusquets Editor, Barcelona, 1969.

Alexander, C. A pattern language. Ciudades Edificios Construcciones, Editorial Gustavo Gili, S.A., Barcelona, 1980.

BAKER, Geoffrey H., Le Corbusier. Análisis de la forma, Editorial Gustavo Gili S.A., 2000, pág. 75.

CHING, Francis D.K. Arquitectura: Forma, Espacio Y Orden, Gustavo Gili, 2005, pág 14.

Gámiz, A, Ideas sobre análisis, dibujo y arquitectura, Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones, Sevilla, 2003, p. 35-132.

Norberg-schulz, C. Intenciones En Arquitectura, Gustavo Gili, 3ª imp. Barcelona, 2001, p. 85-122.

Rossi, A. La arquitectura de la ciudad, Editorial Gustavo Gili, S.A., 1ª ed., 13ª imp., Barcelona, 1992.

Seguí, J. Escritos para una introducción al proyecto arquitectónico, Editorial Mairera Libros, Madrid, 1996.

Sainz, J. El dibujo de arquitectura: teoría e historia de un lenguaje gráfico, Editorial Nerea, S.A., Madrid, 1990.

Sainz, J. El dibujo de levantamiento: un instrumento gráfico para la investigación arquitectónica, Restauración arquitectónica, 1998, p.185-202. ISBN 84-7762-261-2