



INFORME SOBRE LA AFECCION QUE EL FICUS MACROPHYLLA UBICADO EN EL COMPAS DEL TEMPLO DE LA PARROQUIA DE SAN JACINTO ORIGINA SOBRE EL MONUMENTO

Miguel Ángel López Dr. Arquitecto.

INDICE

1. AGENTES.	3
2. PRELIMINARES	3
3. INTRODUCCION	6
4. ANÁLISIS DE LAS AFECCIONES DIRECTAS A LAS PERSONAS Y EL ENTORNO	7
5. AFECCIONES AL EDIFICIO	15
6. CONCLUSIONES.	27

El presente informe pretende dar luz sobre los efectos de la presencia del ejemplar de ficus macrophilia en el compás de San Jacinto en Sevilla y de los muros de mampostería que limitan el desarrollo del sistema radicular del árbol sobre la fachada del templo

El templo se encuentra ubicado en la esquina de la calle Pages del Corro con San Jacinto en el barrio de Triana.

1. AGENTES.

REDACTOR

Redacta el presente informe: Miguel Ángel López, con DNI 24151452-A, Dr. Arquitecto, Master en Diagnostico sobre el Patrimonio, colegiado en el Colegio Oficial de Arquitectos de Sevilla, con el número 2.753, y con domicilio en la calle Imagen, Nº 1, 2ºB, de Sevilla.

PROMOTOR

Encarga el presente documento, la Orden De Predicadores Padres Dominicos, y con domicilio en la calle San Vicente, 62 de Sevilla.

2. PRELIMINARES

El conjunto monumental que nos ocupa se encuentra catalogado como Bien de Interés Cultural por el Real Decreto 1381/1990 de 8 de noviembre, cuyo literal se reproduce, y por tanto, incluido en el inventario de edificios catalogados de la JUNTA DE ANDALUCIA. Así mismo, el edificio está catalogado como A (Protección Integral) por el planeamiento municipal en el Plan General de Ordenación Urbana de Sevilla

Matías de Figueroa dirigió la reconstrucción del templo, no llegando a terminar las obras que abandonó en 1740; ejecutó las trazas de muros y la sacristía (inconclusa) situada detrás del presbiterio. La decoración de las salas laterales de bóvedas de crucería sobre ménsulas de rocalla y querubines fue realizada probablemente por Pedro de Silva que es posiblemente el continuador de Matías de Figueroa.

En el año de su fundación la Comunidad de Dominicos se situó en el actual Parvulario Público y Conservatorio Municipal de Triana, del que fue exclaustrada durante la invasión francesa y en el año 1868 el edificio pasó a poder municipal.

En el año 1906 volvieron los religiosos aprovechando las dependencias sobre la sacristía que entendemos fueron acondicionadas según el proyecto de Aurelio Gómez Millán en 1935 inaugurándose la residencia en el año 1939 por el Vicario General de la Orden, Reverendo Padre Fray Manuel Montoto, convertido en convento formal y nombrándose Primer Prior a Fray Ángel Peinador.

La iglesia ha sido cedida en fecha no muy lejana a la Orden de Dominicos de parte del Arzobispado de Sevilla.

Según la documentación existente la apertura de la escalera de la sala lateral a la sacristía del lado de la Epístola fue realizada para la adaptación a convento

de estas dependencias superiores; puesto que, si bien en el proyecto de Aurelio Gómez Millán no aparece un estado del edificio previo a su intervención, si aparecen los huecos entre plantas, en la fachada, de la escalera en cuestión.

Cabe reseñar que el Real Decreto 1381/1990 de 8 de noviembre por el que se define y se describen las causas que dan origen a la catalogación, contempla en su punto número dos toda la zona que se encuentra **afectada** (de alguna forma catalogada también) por la decisión. Toda esa zona se encuentra sometida a la tutela de la administración pública, no pudiendo los propietarios actuar libremente sino siempre tutelados de una forma u otra por las distintas administraciones.

Decreto de declaración como Bien de Interés Cultural del edificio en cuestión

27226 *REAL DECRETO 1381/1990, de 8 de noviembre, por el que se declara Bien de Interés Cultural, con categoría de Monumento, la iglesia parroquial de «San Jacinto», situada en la calle Pagés del Corro, con vuelta a la calle de San Jacinto, en el barrio de Triana, en Sevilla.*

La Dirección General de Bienes Culturales de la Junta de Andalucía, en 6 de octubre de 1987, incoó expediente de declaración de Bien de Interés Cultural, con categoría de Monumento, a favor de la iglesia parroquial de «San Jacinto», en el barrio sevillano de Triana.

La Consejería de Cultura y Medio Ambiente de la Junta de Andalucía, por acuerdo de 23 de octubre de 1990, ha estimado que procede declarar Bien de Interés Cultural dicho inmueble, con categoría de Monumento, por lo que, de conformidad con lo dispuesto en los apartados 1 y 2 del artículo 14 del Real Decreto 111/1986, de 10 de enero, de desarrollo parcial de la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, ha instado del Gobierno dicha declaración. A tal efecto, ha comunicado al Ministerio de Cultura que se han cumplimentado los trámites preceptivos en la incoación e instrucción del expediente, acompañando un extracto de éste con los datos y documentos gráficos requeridos legalmente.

En virtud de lo expuesto y de acuerdo con lo establecido en los artículos 9.2 y 14.2 de la Ley 16/1985 y el artículo 15 del Real Decreto 111/1986, a iniciativa de la Comunidad Autónoma de Andalucía, a propuesta del Ministro de Cultura y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 8 de noviembre de 1990,

DISPONGO:

Artículo 1.º Se declara Bien de Interés Cultural, con categoría de Monumento, la iglesia parroquial de «San Jacinto», situada en la calle Pagés del Corro, con vuelta a la calle San Jacinto, en el barrio de Triana, en Sevilla.

Art. 2.º La zona afectada por la presente declaración es la siguiente:

Comenzando por la medianera derecha del inmueble número 49 de la calle San Jacinto, la línea del entorno continúa rodeando este edificio y las traseras de dos inmuebles sin número aledaños con fachadas a la calle Ruiseñor. Desde la trasera del inmueble situado más hacia el interior de la calle, la línea de entorno cruza ésta de manera rectilínea hasta la esquina formada por el inmueble número 9. Por la fachada derecha de este número sigue por el contiguo número 11 y englobando la considerable extensión de los inmuebles números 7 y 5 de la calle Ruiseñor, desemboca en la medianera izquierda de este último en la calle Pagés del Corro.

Desde este punto cruza la calle de forma rectilínea hasta la medianera derecha del número 75 de la calle antedicha, continuando por las traseras de los inmuebles 73, 71, 69, 67 y 65 de dicha calle Pagés del Corro. Desde la medianera izquierda de este último inmueble de la calle San Jacinto, la línea de entorno cruza esta calle en diagonal prolongada hasta el costado derecho del edificio número 18, en la embocadura de la calle Alfarería. Englobando esta casa la línea de entorno sigue por las traseras de los edificios números 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32 y 36 de la calle San Jacinto y 61 del Pagés del Corro (esta línea engloba por tanto los inmuebles 38, 40, 42 y 44 de San Jacinto y 59, 57 y 55 de Pagés del Corro).

De la medianera izquierda del número 55 de Pagés del Corro, la línea de entorno cruza esta calle de forma rectilínea hasta la medianera derecha del número 46 de la calle San Jacinto. Continúa por las traseras de los inmuebles números 46, 48, 50, 52, 54, 56, 58, 60 y 62 de esta misma calle. A la altura de la trasera del último inmueble señalado, corta la parcela del número 64 de la mencionada calle San Jacinto y extendiéndose por la trasera del número 66, engloba el patio de entrada el conjunto que antaño fuera fábrica de la Hispano-Aviación, con fachada principal a esta calle San Jacinto, rotulada con el número 68. Desde la medianera de separación con el vecino inmueble del Protectorado de la Infancia, la línea de entorno cruza la antedicha calle de forma rectilínea hasta la medianera derecha del inmueble número 49 de la calle San Jacinto, donde comienza la presente delimitación.

Deben incluirse dentro del entorno de la parroquia de San Jacinto, como puede comprobarse en el plano pertinente, la parte de las calles San Jacinto, Pagés del Corro y Ruisenior que se señalan en el mismo.

Art. 3.º La descripción complementaria del bien a que se refiere el presente Real Decreto, así como la zona afectada por la declaración, son las que constan en el plano y demás documentación que obran en el expediente de su razón.

Dado en Madrid a 8 de noviembre de 1990.

JUAN CARLOS R.

El Ministro de Cultura.
JORGE SEMPRÚN Y MAURA

3. INTRODUCCION

El **Ficus macrophylla** es un Árbol originario de la costa este australiana (New South Wales in Australia) se trata de una especie de árboles grandes del género (Starr, Starr, & Loope, 2003) Ficus (en latín, higo) que descienden de la higuera trepadora. Árbol de hoja perenne de amplia extensión con raíces aéreas (algunas se convierten en apoyos). Hojas coriáceas ovaladas, de color verde medio de 25 cm de largo, son más pálidas en la parte inferior, a menudo con escamas de color rojo óxido. El fruto son higos Ovoides, de hasta 2 cm de largo, que al madurar van de verde a púrpura con motas de color verde amarillento, se producen solo en árboles maduros al aire libre, generalmente en pares " (Brickell, C & D. Zuk. , 1997). Esta especie tiene un extenso sistema de raíces superficiales y yemas foliares encerradas en vainas de color rosa, que pronto caen. "Árbol grande, hasta 15 metros en cultivo, hasta 70 metros en la naturaleza. De ovadas a elípticas, de 15 a 35 centímetros de largo, brillantes en la parte superior, plateadas a con puntos color óxido en la parte inferior. Higo, globoso, oscuro, marrón rojizo a púrpura con manchas más pálidas, hasta 2.5 cm de diámetro ". (Bailey y Bailey 1976) Las semillas son diminutas.

Las arborizaciones urbanas colaboran con la mitigación del calentamiento global de manera directa e indirecta (Vargas-Gómez & Molina-Prieto, 2014). Al capturar el CO₂ de la atmósfera durante su crecimiento y desarrollo, almacenándolo por décadas e incluso siglos, lo hacen de manera directa. Y colaboran de manera indirecta al reducir la temperatura de las edificaciones y mitigar el fenómeno de las Islas de Calor en las ciudades, gracias a la sombra que generan y a la evapotranspiración propia de su metabolismo, pues reducen los consumos de energía para equipos de aire acondicionado y, por tanto, reducen las emisiones de CO₂ en las plantas generadoras de energía eléctrica. El árbol urbano, es dieciséis veces más eficaz que el no urbano en mitigar el calentamiento global, cuando se planta en lugares diseñados para reducir los consumos de refrigeración y calefacción de los edificios" (Idso & Idso, 2012)

Por lo tanto, es indudable que los grandes arboles urbanos aportan grandes beneficios a la ciudad, especialmente en aquellas zonas de clima mediterráneo, que en verano pueden alcanzar grandes temperaturas y que disfrutan de muchas horas de sol. Sin embargo, no es menos cierto que estos grandes ejemplares representan un grave peligro tanto para las personas como para las infraestructuras urbanas y las propias edificaciones.

El peligro real que presenta el árbol que nos ocupa, se centra en dos vertientes: una de efecto inmediato y objetivo, que está siendo claramente peligrosa, habiéndose vivido ya daños reales, los que suponen la caída inesperada e imprevisible de ramas; y otra que se puede considerar más una enfermedad debido a las condiciones de contorno que afectan al ejemplar y que están dificultando su desarrollo y a su vez se está traduciendo una afección al entorno, especialmente al monumental templo de San Jacinto. Realmente existe una profunda relación entre ambas que se agrava con las podas desproporcionadas a que ha sido sometido el ejemplar.

4. ANÁLISIS DE LAS AFECCIONES DIRECTAS A LAS PERSONAS Y EL ENTORNO

En el presente apartado analizaremos las afecciones que sobre la integridad física de los usuarios y la funcionalidad del espacio urbano se derivan de la situación específica del ejemplar vegetal que nos ocupa.

A. La caída de ramas

Para la prevención de la caída de ramas, hoy en día se cuenta con la inspección visual del arbolado urbano (VTA). Lo podemos considerar como una herramienta necesaria pero no nunca suficiente para el análisis estructural de ramas de árboles (Guillén Pérez, Franco, & Ochoa), siendo necesario un conjunto de estudios instrumentales y fitopatológicos complementarios.

De todas formas, intentar prever la ruptura o desplomes de parte del ramaje o del propio árbol en determinados periodos es verdaderamente complejo a pesar de los numerosos métodos y estudios (Sterken, 2005). Aún no se ha encontrado forma de predicción, como afirman Mattheck y Breloer (Mattheck, 1995). Tampoco hay suficientes datos acumulados, salvo informes o anotaciones en el Programa de trabajo de las podas y revisiones de las Brigadas de parques y Jardines, que deduzcan respuestas de un árbol aparentemente robusto y voluminoso, pero tan sensible a las adversidades como una planta estacional.

Es sobradamente conocido, por ejemplo, que las podas excesivas pueden ser origen de pudriciones en los tejidos y oquedades en la madera, y que estas sobre podas provocan una oleada de nuevas brotaciones en respuesta al corte, produciendo precisamente el efecto contrario al pretendido con la poda, o sea, la fractura fácil ante episodios de viento, o incluso en ausencia de viento.

B. La afección del sistema radicular a la funcionalidad del espacio urbano

Existen estudios muy complejos y concluyentes, en especial el realizado por Ashika Jagdish (otros, 2019) y otros que concluyen en la eficacia de potenciar las raíces aéreas de esta especie hasta conseguir que conecte con el terreno y suponga un soporte natural que reduzca los momentos que soporta la rama en el encuentro con el tronco. El estudio citado analiza los métodos diversos que existen para potenciar este crecimiento y realiza una comparativa.

Ha quedado probado que el potenciar las raíces aéreas hasta que estas conecten con el suelo y proponer unos enraizamientos (Guillén Pérez, Franco, & Ochoa) que favorezcan el autoenraizamiento, colaborará a mejorar la estabilidad y reequilibrar el ejemplar, creando pilares naturales de sustentación.

Pero en nuestro caso esta no es una opción, ni en la mayoría de los ejemplares urbanos, el potenciar estos pilares de soporte naturales supondría inutilizar el espacio urbano, y esta dicotomía es absolutamente inútil. El espacio urbano se crea para el servicio de las personas no para el de los árboles, los árboles son complementos de paisaje urbano y es el árbol el que está al servicio del

urbanismo, no puede ser al contrario. Nunca el urbanismo deberá estar al servicio del árbol porque en ese caso habrá perdido su esencia.

Esta solución es ideal para grandes extensiones de zonas verdes, grandes bulevares, pero no para ciudades históricas con espacio público reducido.

C. La afección al sistema radicular de las edificaciones e instalaciones

La geometría de los árboles es importante ya que los árboles son una parte fundamental de las ciudades y por tanto, se suelen dar interacciones entre los objetos urbanos (Guerrero Iñiguez, 2017). La arquitectura del sistema radicular es parte fundamental del árbol y su estudio es relevante para la planificación urbana. Debemos entender que el espacio subterráneo urbano se ocupa con diversos elementos como instalaciones de saneamiento, tuberías de agua, gas, canalizaciones eléctricas y de telecomunicaciones, cimientos de edificios, etc... Son, por tanto, muchos elementos, y se acaba dando la interacción espacial entre ellos. Las interacciones ocurren y cambian continuamente a medida que las raíces de los árboles crecen e invaden el espacio contiguo, pero también cuando se realizan trabajos de reparaciones y nuevas instalaciones en el viario público y se podan las raíces.

La doctrina científica viene intentando definir un modelo de la geometría del sistema radicular de los árboles. Las investigaciones de Crow (Crow, 2005) simplifican los sistemas radiculares a tres tipos: raíz del corazón, raíz principal y raíces superficiales.

Raíz del corazón: son raíces diagonales, grandes y pequeñas que descienden en diagonal desde el tronco.

Raíz principal: consiste en una raíz fuerte principal descendente en vertical desde la parte inferior del tronco.

Raíz superficial: son raíces laterales grandes y horizontales se extienden por debajo de la superficie del suelo. A partir de estas horizontales, se ramifican pequeñas raíces verticalmente.

En la Ilustración 1 se presenta una impresión grafica del propio Guerrero.



Ilustración 1.-representación grafica de los tipos de raíces (origen, Guerrero)

Stone y otros (Stone, Rollerson, & Mitchell, 1994) han realizado estudios sobre la extensión del sistema radicular buscando definir las dimensiones verticales y radiales máximas en varias especies leñosas. Los datos muestran que los árboles desarrollan raíces profundas y de largo alcance cuando no tienen restricciones. En general, las características mecánicas del suelo, los suelos mal aireados y la temperatura limitan la penetración de las raíces. El estudio

concluye que la extensión del radio máximo de la raíz variaba desde 5 m hasta 30 m y más dependiendo de la especie, con algunas excepciones.

Lógicamente estos estudios deberían realizarse en cada región y para cada una de las especies, pero se puede considerar su generalización teniendo en cuenta que las posibles variaciones se consideran en torno al 10%, esta variación para este estudio es poco significativa.

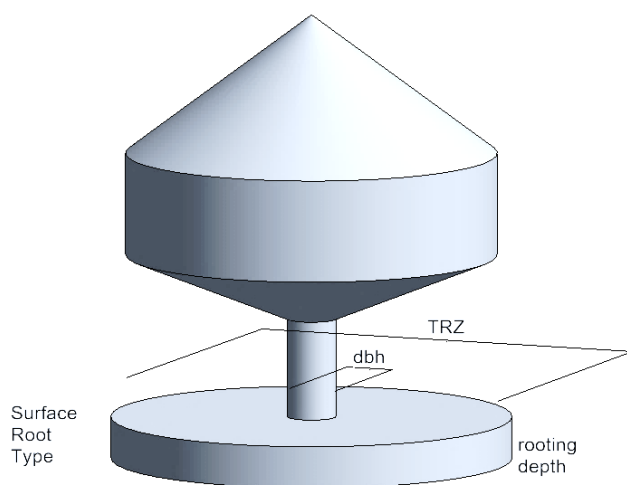
De acuerdo a las investigaciones de Pokorny (Pokorny, 2003) ,La Raíz Crítica (CRR) define el área crítica circular del sistema de raíces alrededor del tronco, para garantizar la estabilidad y vitalidad del árbol. El CRR generalmente se extiende más allá de la línea de riego y el daño superior al 40% en estas raíces dentro del CRR compromete la estabilidad del árbol, sin embargo, este porcentaje puede variar entre especies. El CRR se define de la siguiente manera:

$$\text{CRR (en metros)} = 18 \times \text{dap (en centímetros)} * 0.01$$

Siendo *dap* el diámetro del tronco del árbol.

En nuestro caso, el perímetro del tronco alcanza 7.01 metros, esto supone un *dap* de 225 centímetros, un diámetro de tronco de 225 cm define un CRR de 40.50 m.

La Comisión Forestal de Georgia (Commission, 2017) plantea una simplificación



en zonas de raíces similares, compuestas por el Radio de la placa de la raíz, Zona raíz crítica y radio total de la zona.

- El radio de la placa de la raíz (RPR) se define como el "área de raíces que se estrechan rápidamente y soportan el peso vertical del árbol". y corresponde a 6 cm por cm del *dap* (diámetro de tronco).

$$\text{RPR (en metros)} = 6 \times \text{dap (en centímetros)} * 0.01$$

En nuestro caso, un diámetro de tronco de 225 cm define un radio de placa PRR de 13.50 m.

Ilustración 2.- Esquema de las raíces de acuerdo a la Comisión Forestal de Georgia. (Dibujo del autor sobre el esquema citado).

- La Zona Raíz Crítica (CRZ) define el área mínima, que debe dejarse intacta para mantener un árbol sano y aumentar las posibilidades de supervivencia. La relación CRZ corresponde a unos 15,6 cm de radio por cada centímetro de *dap*.

$$\text{CRZ (en metros)} = 15,6 * \text{dap (en centímetros)} * 0,01$$

En nuestro caso, un diámetro de tronco de 225 cm define una relación CRZ de 35.10 m.

- El radio de zona total (TZR) se considera la extensión máxima del área de la raíz de un árbol sano y corresponde a 1,5 pies por pulgada medida de *dap*. La expresión correspondiente es:

$$\text{TZR (en metros)} = 18 * (\text{dap (en centímetros)} * 0.01)$$

En nuestro caso, un diámetro de tronco de 225 cm define una radio total TRZ de 40.50 m.

Además, Blackburn (Blackburn, 2017) define la placa de raíz estructural (SRP) como cuatro centímetros por pulgada de *dap*, expresado de la siguiente manera:

$$\text{SRP (en metros)} = 4x (\text{dap (en centímetros)} * 0.01)$$

En nuestro caso, un diámetro de tronco de 225 cm define una radio total SRP de 9.00 m.

En resumen, al comparar los diferentes radios y sus proporciones por centímetro de tronco, se obtiene la siguiente relación seguida de sus proporciones correspondientes:

$$\text{SRP} < \text{RPR} < \text{CRZ} < \text{TZR} = \text{CRR}$$

$$9.00 < 13.50 < 35.10 < 40.50$$

De acuerdo a las teorías de Abdi (Abdi, y otros, 2010) y Crow (Crow, The Influence of Soils and Species on Tree Root Depth, 2005) con respecto a la profundidad de las raíces, concluyen que alrededor del 30% de todas las raíces de las especies de árboles se encuentran en los 10 centímetros superiores del suelo y más del 50% en los 30 centímetros superiores, y que entre el 90-95% de las raíces de los árboles se encuentra en el metro superior del suelo siendo solo el 5% restante el que llega a profundidades superiores a 2m.

Achim (Achim & Achim, 2009) ha realizado un modelo experimental de dispersión de placa suelo-raíz que es útil para determinar la extensión geométrica de raíces poco profundas, integra varios parámetros por encima del suelo y sirve como una representación aproximada de las características subterráneas del árbol. Además, el modelo de extensión de la placa raíz-suelo se utiliza para predecir las interacciones con el entorno, calcular el daño sufrido por el sistema de raíces por los trabajos de mantenimiento y las construcciones y las distancias mínimas a las características que restringen las raíces antes de que se reduzca la estabilidad del árbol.

D. La inestabilidad del árbol como consecuencia de las condiciones de contorno

De acuerdo con el apartado anterior, las raíces se deberían extender en un espacio perimetral de diámetro 40.50 metros, de acuerdo al esquema que se acompaña, como vemos deberían invadir la iglesia, todo el cruce de las calles san jacinto y Pages de Corro e incluso los Acerados, hasta la fachada de los

edificios que conforman la esquina, de acuerdo al esquema adjunto Ilustración 3.

En el esquema adjunto, el enraizamiento libre debería ocupar la zona rayada en color gris.

Sin embargo, las condiciones de contorno de las edificaciones perimetrales y del propio compás donde se ubica el ejemplar limitan esta libre expansión de las raíces, esta falta de expansión supone una cierta inestabilidad para el ejemplar y es esta inestabilidad la que junto con las podas salvajes está haciendo que el árbol se vaya deshaciendo de las ramas de una forma imprevisible y descontrolada.

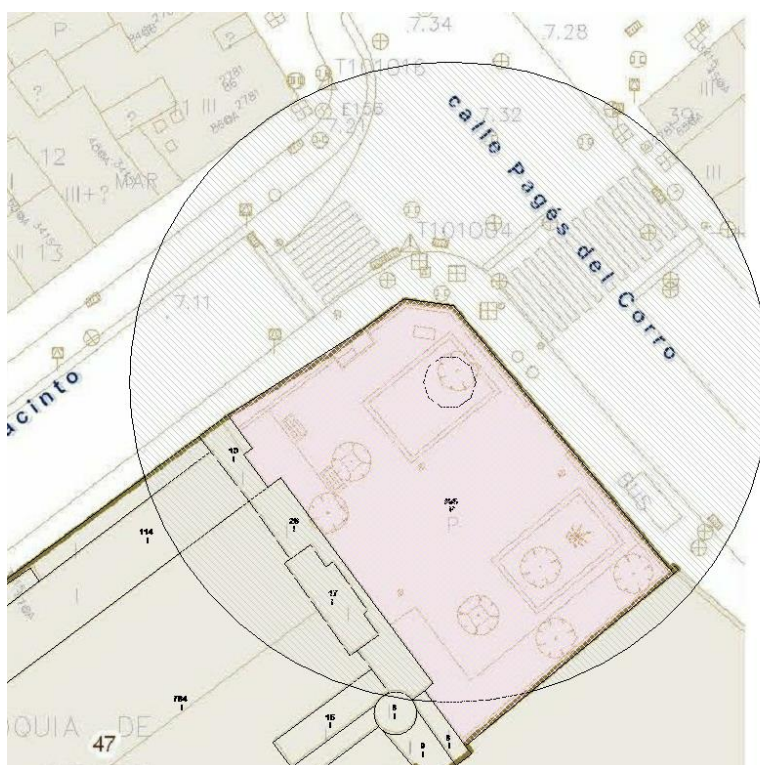


Ilustración 3.- Esquema de la ocupación del enraizamiento de acuerdo a los parámetros de Abdi y Crow. (Dibujo del autor).

Como hemos visto anteriormente las raíces según las teorías de Abdi (Abdi, y otros, 2010) y Crow (Crow, The Influence of Soils and Species on Tree Root Depth, 2005) entre el 90-95% de las raíces de estos árboles se encuentra en el metro superior del suelo siendo solo el 5% restante el que llega a profundidades superiores a 2m.

Dado que el compás de la Iglesia se encuentra a una altura sobre la vía pública próxima al metro, este muro está entorpeciendo el paso de 95% de las raíces y por lo tanto reduciendo de forma drástica el área de ocupación de las mismas.

Más conflictivo resulta para el propio árbol la presencia de la cimentación del muro principal de la iglesia, este alcanza una profundidad que puede superar los tres metros. El muro de la fachada supone una barrera infranqueable y ha obligado al árbol a sacar raíces por debajo del muro de contención del compás hasta la propia calle San Jacinto por la que aparecen.



Ilustración 4.- Encuentro del muro de contención del relleno del compás del templo con el muro de la fachada principal de la iglesia



Ilustración 5.- Raíz que aparece por debajo del muro de contención del compás justo delante de la fachada principal de la iglesia.

Según veíamos y de acuerdo a las investigaciones de Pokorny (Pokorny, 2003), La Raíz Crítica (CRR) define el área crítica circular del sistema de raíces alrededor del tronco, para garantizar la estabilidad y vitalidad del CRR árbol. El daño superior al 40% en estas raíces dentro del CRR compromete la estabilidad del árbol lo calculamos como $18 \times dap$ (en centímetros) $\times 0.01$, Siendo dap el diámetro del tronco del árbol.

En nuestro caso, el diámetro del tronco alcanza 225 cm lo que define un CRR de 40.50 m.

Con este diámetro disponemos de una superficie de CRR de 1.288.22 m², el 40% de esta superficie suponen 515.29 m², por tanto, la superficie que debe quedar incólume del CRR debe ser superior a 772.90 m²

De acuerdo a las teorías anteriores, la mayoría de las raíces se encontrarán en el espacio del compás que está confinado por los muros del compás, la cimentación del muro de fachada de la iglesia y la cimentación de la pared de separación con el colegio de San Jacinto. Esta superficie se grafía en color rosa en el esquema que supone la ilustración 2, la geometría grafiada nos arroja una superficie de 364,92 m², esta superficie es clarísimamente inferior a los 772.90 m² necesarios de acuerdo a las premisas de apartado anterior.

Por tanto, la estructura radicular del árbol no puede garantizar su estabilidad, además se encuentra bastante lejos de poder hacerlo, pudiendo ser esta una de las razones por las que el árbol se deshace de las ramas de forma discriminatoria.

5. AFECCIONES AL EDIFICIO

Es indudable que el ficus está afectando al edificio, y lo hace desde dos factores que están ocasionando movimientos en las cimentaciones, principalmente en el muro de fachada, en el que como veremos se detecta ya un desplome hacia el exterior que ha ocasionado la aparición de una grieta en la bóveda principal de la nave en la zona próxima al coro.

La variación del contenido de humedad en los suelos hace que cambien las características físicas y mecánicas del suelo. Este cambio de característica puede producir daños por asientos o empujes que cambian las solicitaciones de los elementos constructivos y/o estructurales y que llevan a las edificaciones a buscar nuevas situaciones de equilibrio, y que, al encontrarla, en el mejor de los casos, este camino de búsqueda se traduce en grietas en las fábricas como claramente ha ocurrido en este caso.

Es indudable la relación existente en los suelos, entre el volumen y la humedad de los mismos, así, si aumentamos la humedad de un suelo, este aumenta su volumen y si lo reducimos, este disminuye su volumen. Este fenómeno es distinto al de la expansividad, puesto que la característica de expansividad lleva ligada una presión de hinchamiento, de forma coloquial un suelo no expansivo aumenta o disminuye sensiblemente de volumen con los cambios de humedad, pero solo varía el volumen, mientras que un suelo expansivo puede transmitir una cierta presión al aumentar su grado de humedad, o dejar de transmitirla al reducirse su grado de humedad.

Pues bien, cualquiera de las situaciones anteriores puede producir patologías en una edificación. Por lo general los cambios de humedad no son bien recibidos por los edificios, sobre todo, si esos cambios son de los que denominamos localizados. Los cambios de humedad localizados, los que no afectan por igual al total de la edificación originan los denominados **asientos diferenciales** que pueden provocar la fisuración de las edificaciones.

La afección al monumento por la interacción árbol-monumento se produce por dos efectos distintos a saber.

A. Efectos debidos a los cambios de humedad en el suelo

Los cambios de humedad en el suelo se dan por la desecación que hace el extenso y denso manto de raíces que se ha acumulado en el espacio del compás que como hemos visto ocupa una quinta parte de la superficie que en condiciones normales debería de ocupar. Inmediatamente deducimos que la afección sobre la humedad del suelo es cinco veces la que realizaría el mismo árbol con espacio suficiente para la expansión de sus raíces.

La desecación afecta al edificio por dos razones:

- La pérdida de volumen que puede llevar al muro al desecamiento.
- La reducción de la presión de hinchamiento derivada de la expansividad. Puesto que el suelo de Triana tiene un cierto grado de expansividad, no muy importante para las condiciones de humedad más

o menos estables pero que puede ser algo significativo ante esta humedad diferencial tan importante.

En General la desecación lo que hace es plantear un vacío bajo el cimientto del muro que al estar localizado de forma no uniforme lleva al giro del mismo, como se explica en la Ilustración 10

El segundo efecto es la presión que origina el crecimiento continuo de las raíces, estas pugnado por el espacio comprimen el terreno y además cuando han llegado al muro en su crecimiento salvaje (véase la Ilustración 5) están empujando el muro por su parte inferior, lo que colabora el giro del mismo.

La justificación científico-técnica de lo anterior la encontramos en la doctrina científica de la siguiente forma (Jimenez Salas & de Justoo Alpañes, 1975):

Los suelos parcialmente saturados se caracterizan por contener las tres fases: sólida, líquida y gaseosa, pero, la proporción relativa entre las mismas conduce a propiedades enormemente distintas, hasta el punto de que no puede hacer un tratamiento general para todos los casos. Hay que hacer divisiones....

En los suelos cuasisaturado, el aire se encuentra ocluido, es decir, aislado del exterior por agua o partículas sólidas. Una parte rellena los huecos de mayor tamaño, y según Barden, en general, está pegado al esqueleto sólido. Otra parte se encuentra, probablemente, en forma de pequeñas burbujas rodeada por agua.

El grado de saturación de las arcillas que hemos llamado cuasisaturados es, según Barden, superior al 90 % como media (naturalmente, este límite variará de unas arcillas a otras...).

Por tanto, los suelos cuasisaturados no son susceptibles al colapso. Los suelos cuasisaturados están del lado húmedo del óptimo.

.....

Por el contrario, en los suelos húmedos, el grado de saturación es más bajo. Los poros de aire están interconectados y, si el suelo está en equilibrio y en contacto con la atmósfera, la presión del aire será la atmosférica; en estas condiciones, la presión del agua es negativa. Al contrario de lo que sucede en los suelos cuasisaturados, la succión tiene una importancia primordial en el estudio de los suelos en el estado húmedo.

B. Comprobación del desplome con lasermetría

La forma más efectiva y precisa, a día de hoy, de comprobar esta realidad es mediante un levantamiento láser de alta precisión, para ello se procedió al levantamiento de una nube de puntos de la zona del muro de fachada de la iglesia y la parte interior de la bóveda del coro. (Se adjunta el informe al presente documento)

El trabajo de campo consistió en 32 estacionamientos que se han registrado con una precisión de 0,01 metros para una longitud total que supera los 70 metros. Por lo tanto, en las medidas de fachada sobre las que trabajamos la precisión puede considerarse de 0.0015 metros

El autor del presente trabajo vienen incidiendo en sus investigaciones sobre el diagnóstico mediante escáner laser desde hace tiempo (López, El escáner láser en el diagnóstico sobre el patrimonio, 2014), en diversas aplicaciones, en este punto, el trabajo se centra fundamentalmente, en la geometría como herramienta para el diagnóstico de los defectos estructurales o de estabilidad (López & Montes-Tubio, Uso del escaner laser para determinar las deformaciones de una armadura mudéjar., 2014). Mas tarde otros equipos han continuado con aplicaciones similares (Adrián García Sánchez, 2018). Incluso se está trabajando en determinación de deformaciones en estructuras actuales (Aleixandre Llesma, 2016). Por otra parte, se está convirtiendo en una herramienta de uso habitual para el estudio de movimientos en edificios de patrimonio (Huerta Fernández, 2016).

Ya no existe ninguna duda sobre la utilidad de esta herramienta para el diagnóstico concreto de una patología. Todo ello mediante el uso de un único equipo que contiene todas las posibilidades.

El trabajo de gabinete consiste en la comparación de la nube de puntos con lo que denominaremos edificio ideal.

La nube de puntos corresponde al edificio real existente, tal como lo encontramos en su ubicación, cada uno de los puntos nos define una posición geométrica exacta. Contiene todas las deformaciones que ha sufrido la edificación tanto por su construcción como por su adaptación y por agentes externos.

El modelo ideal del edificio contiene un edificio geométricamente perfecto que responde a la idea que tuvo el arquitecto que lo diseñó y que en una construcción de altísima calidad debería corresponder prácticamente con el existente, si no se hubiesen dado interacciones como la que pretendemos analizar. Generalmente se trabaja con un modelo BIM (building modeling information).

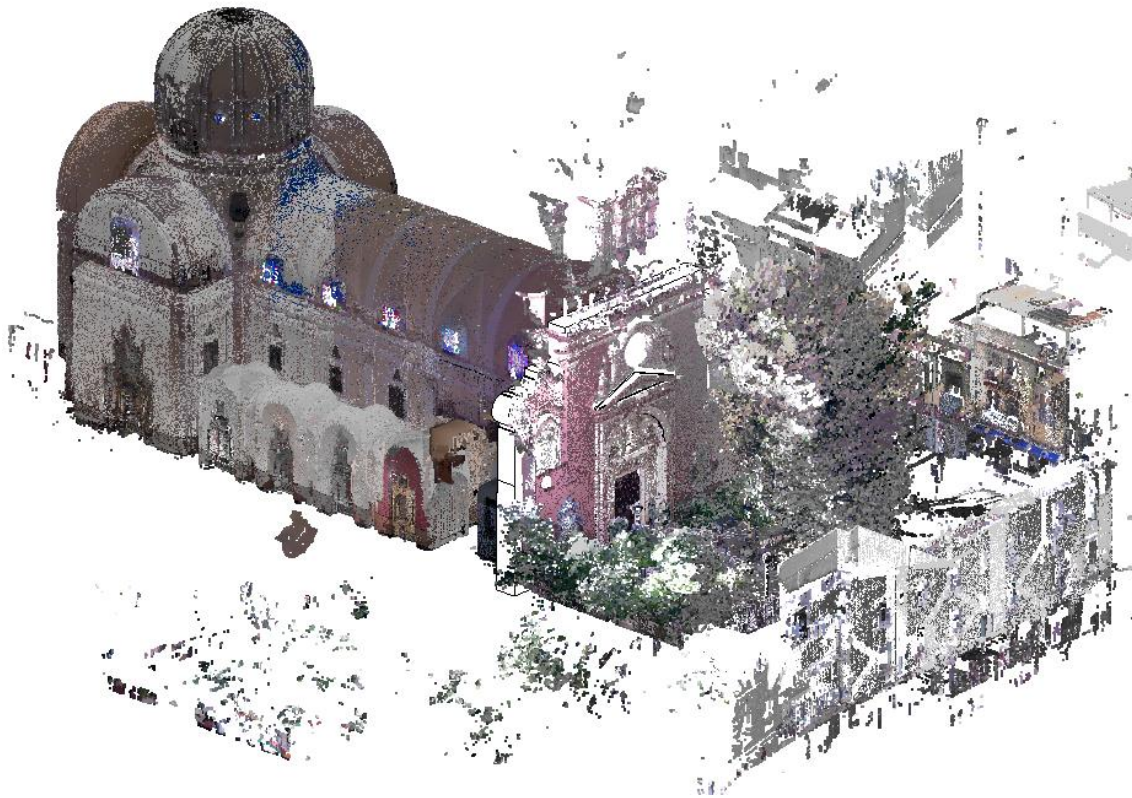


Ilustración 6.- Nube de puntos capturada para el estudio (fuente propia).

La comparación de la edificación ideal (modelo BIM) con la realidad (nube de puntos) nos proporciona los datos para el diagnóstico.

Como se ha comentado anteriormente, en este caso se ha levantado una nube de puntos de la edificación que contiene 32 estacionamientos registrados entre sí.

La metodología de trabajo consiste en una vez referidas en el mismo sistema de coordenadas el modelo BIM y la nube de puntos, tomado una porción de una medida aproximada de 15 centímetros que conseguimos cortando con dos planos paralelos separados esa distancia, y prescindiendo de todos los puntos que queden fuera del espacio entre los dos planos.

Realizamos una ortoproyección normal a los planos y obtenemos la imagen que se puede ver en la Ilustración 6

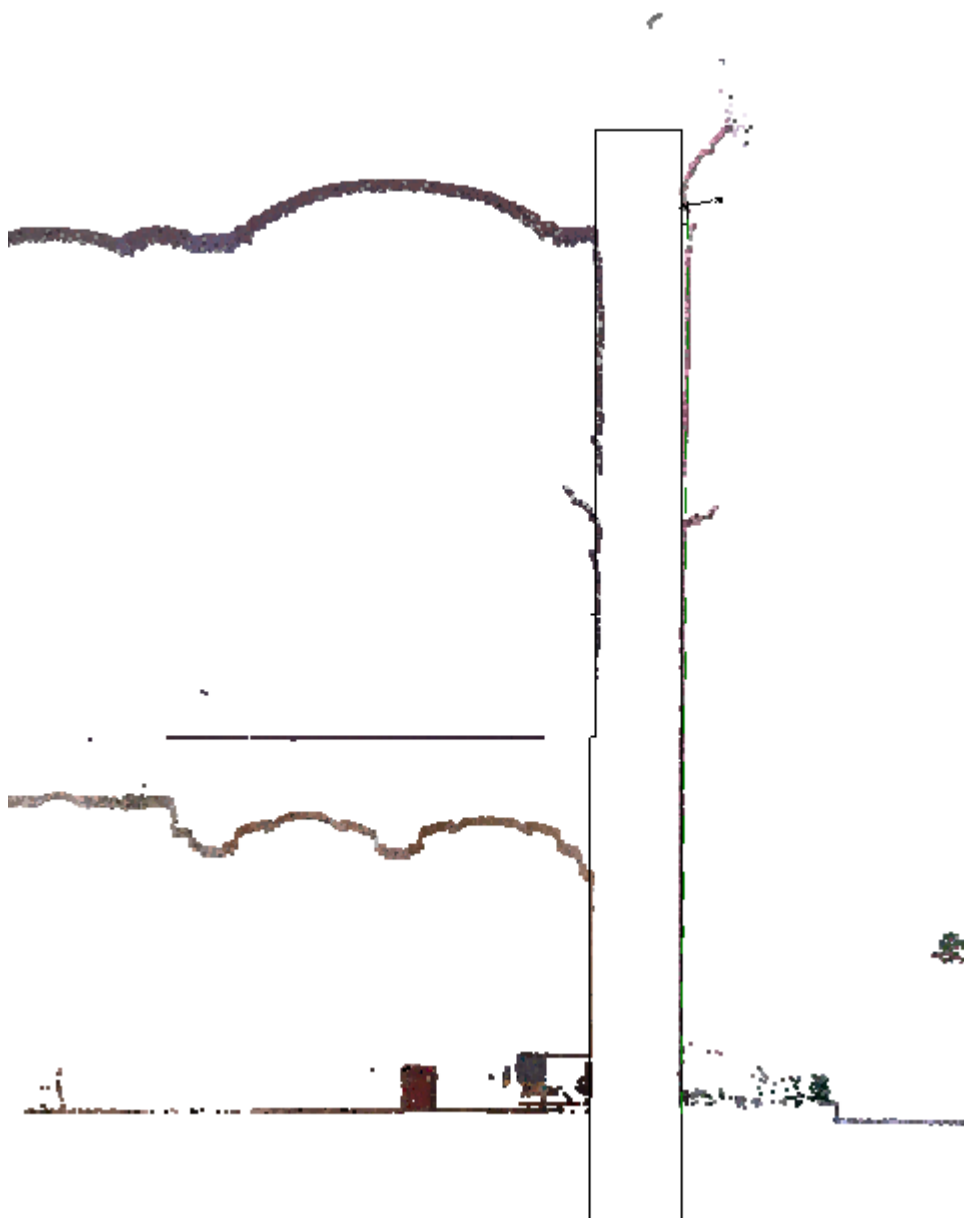


Ilustración 7.-Superposición del modelo ideal y la nube de puntos, donde se aprecia el desplome. (imagen del autor)

En la imagen anterior se puede apreciar perfectamente el desplome que consiste en un giro de la fachada hacia el exterior y que manifiesta una separación progresiva a medida que subimos de altura entre el muro ideal y la nube de puntos.

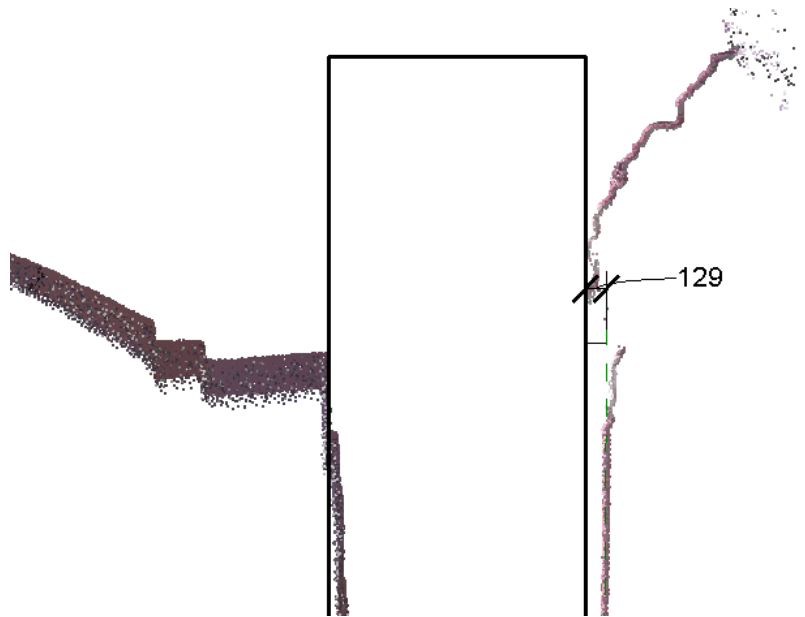


Ilustración 8.-Pormenor de la cuantificación del desplazamiento en la parte superior del muro de fachada. Se observa como la bóveda no acompaña el desplazamiento, lo que ha originado la grieta. (imagen del autor)

Esta diferencia se ha cuantificado u en la cornisa superior supone 129 mm., esta cantidad es importante y no cabe ninguna duda de que es la responsable de la grieta que aparece en la bóveda principal sobre el coro que se muestra en la fotografía de la Ilustración 8.

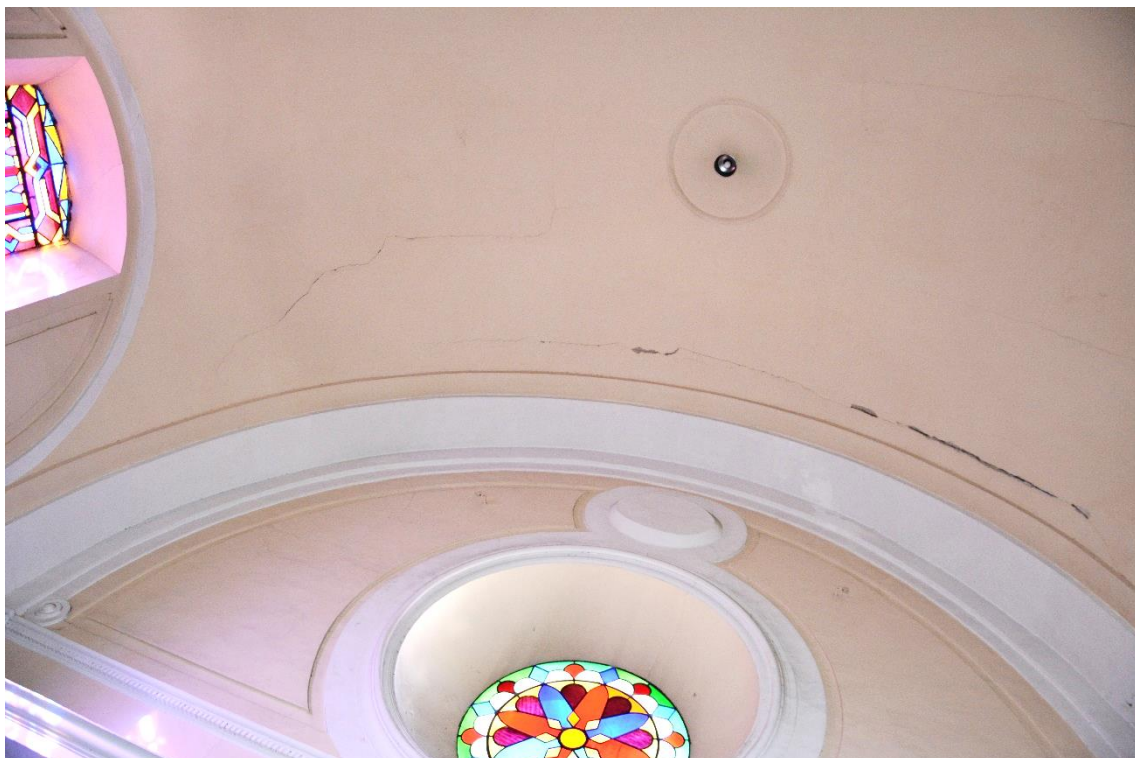


Ilustración 9.-Grietas producidas por el desplome del muro dela fachada principal del templo (fotografía del autor)

Es importante reseñar que esta no es la zona más desfavorable para el desplome, pero si es la que nos permite su apreciación de una forma mas explicita al no existir elementos tipo molduras y ventanas que los enmascaren.

También es conveniente dejar claro que las bóvedas de San Jacinto se resuelven tanto en coro como en la nave principal mediante cañones de lunetos, y que este tipo de bóvedas ejercen sus empujes sobre los muros laterales, nunca sobre el frontal, por tanto, no pueden ser las responsables de este agrietamiento.

C. Descripción de las causas del desplome

El interior del templo, esta obviamente pavimentado, y la cimentación del muro de la fachada principal del templo suponemos que alcanza una profundidad aproximada de tres metros¹, eso significa que el terreno que se encuentra en el interior del templo bajo la solería, mantiene un grado de humedad muy uniforme durante todo el año, sobre todo en la parte mas alta en la que no afectan las posibles fluctuaciones del nivel freático.

La parte exterior, está parcialmente pavimentada, esto quiere decir que, en las zonas pavimentadas también se podría mantener el nivel de humedad sin fluctuaciones. Pero, sin embargo, toda la zona del compás está invadida por las raíces del árbol, estas raíces están extrayendo constantemente el aporte de humedad que pudiera haber, lo que significa que, en la parte del compás, el suelo está mucho más seco, esa extracción de humedad va afectando a las capas inferiores hasta que se encuentra un punto de equilibrio entre la humedad que se aporta del subsuelo por capilaridad desde abajo, y la que va consumiendo el árbol.

De lo anterior deducimos que el balance de humedad en el subsuelo del compás es de un nivel inferior al que se encuentra en el suelo en el interior del templo y que cuanto más denso se haga el sistema radicular del árbol más diferencia habrá en ese balance.

Hemos visto anteriormente que la perdida de humedad en el terreno origina un entumecimiento del mismo y que en caso de suelos de tipo expansivo no solo disminuye el volumen, sino que además disminuye la presión de este sobre los elementos que se oponen a su cambio de volumen.

Pues bien, ese entumecimiento del terreno origina que el muro de fachada en la parte exterior se retraiga y que el de la parte interior se mantenga, esta retracción origina un descenso del muro en la zona mas próxima a la cara exterior de la fachada y este descenso se manifiesta en un giro del muro hacia el exterior, lo que fuerza la separación del muro de la bóveda principal y que ha dado lugar a la grieta que vemos en la Ilustración 9

¹ Así se ha constatado en otros puntos del templo en el que incluso se han considerado que la profundidad era superior a los tres metros.

En estas construcciones la cota de asiento de las cimentaciones suele ser única.

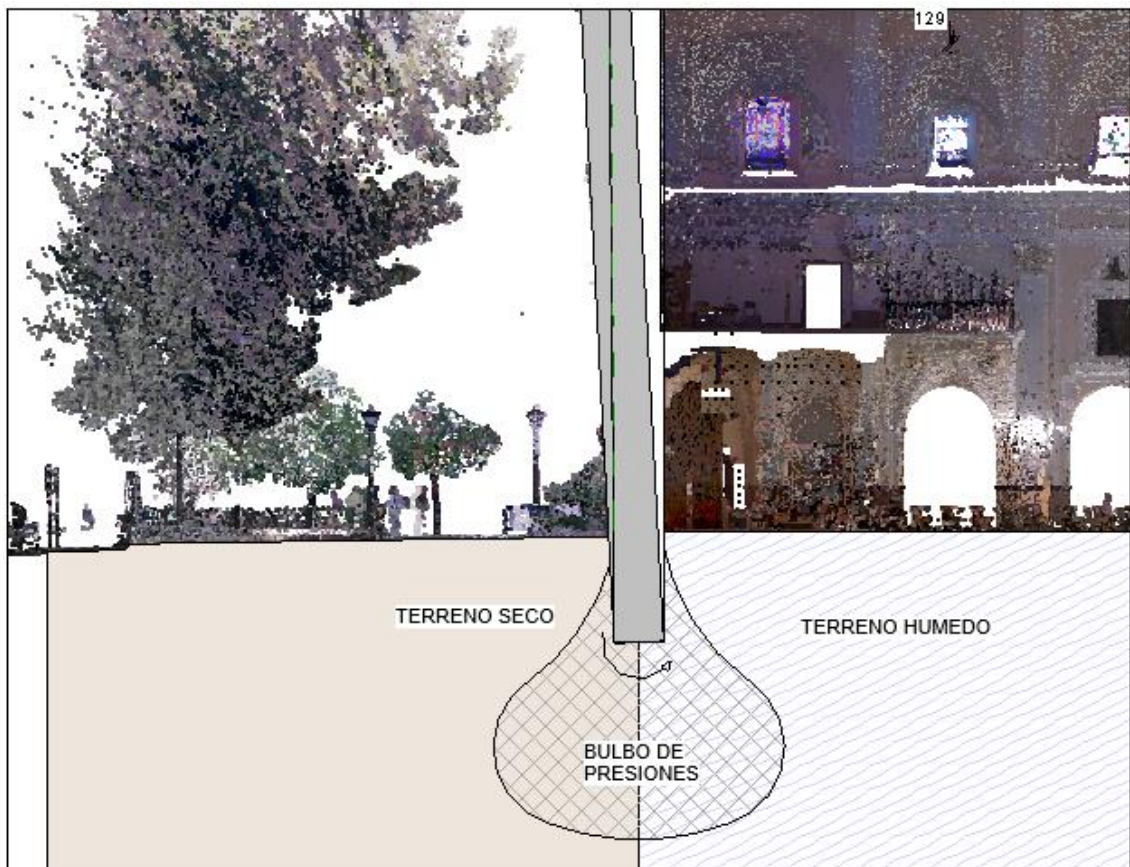


Ilustración 10.-Esquema explicativo del proceso de giro del muro. (dibujo del autor)



Ilustración 11.- El árbol antes de la poda 2018 <https://jardinessinfronteras.com/2020/07/10/la-historia-de-un-ficus-centenario-en-triana/>



Ilustración 12.- El árbol tras de la poda 2018 <https://jardinessinfronteras.com/2020/07/10/la-historia-de-un-ficus-centenario-en-triana/>



Ilustración 13.- El árbol rebrotando tras la última poda.



Ilustración 14.- Imagen del troco del árbol.

6. CONCLUSIONES.

1. Aún no se ha encontrado forma de predicción de la caída de ramas en arboles de este tipo. Ni tan siquiera las inspecciones del tipo VISU o más profundas puede colaborar en esta predicción ya que las caídas se producen tanto de ramas sanas como enfermas.
2. La ubicación de árbol, y sus condiciones de contorno, condicionan el crecimiento del sistema radicular. Este no puede desarrollarse libremente y por tanto compromete la estabilidad del árbol y provoca la autopoda del árbol buscando inútilmente restaurar el balance perdido entre copa y raíz.
3. La fachada está adquiriendo un desplome que hoy se puede cuantificar en un desplazamiento horizontal máximo a la altura de la bóveda principal de 129 milímetros, y este desplome ya ha ocasionado la rotura de la bóveda principal manifestándose esta rotura en apertura de unas grietas en la bóveda principal sobre el coro.
4. Los daños observados sobre la bóveda de cañón y el muro debidos a los cambios de humedad sufridos por terreno del compás y que ocasiona el crecimiento del árbol, son progresivos y a medida que aumente el sistema radicular del árbol estos serán mayores.
5. La única forma razonable y viable que ve el que suscribe para evitar el progresivo daño a la edificación es la tala del ejemplar y su sustitución por otra especie menos perniciosa para el edificio

En Sevilla a julio de 2021

Edo Miguel Ángel López

Bibliografía

- Abdi, E., Majnounian, B., Rahimi,, H., Zobeiri,, M., Mashayekhi,, Z., & Yosefzadeh, H. (2010). A comparison of root distribution of three hardwood species grown on a hillside in the Caspian forest,. *Journal of Forest Research* 15, 99-107.
- Achim, A., & Achim, B. (2009). Modelling the anchorage of shallow-rooted trees. *An International Journal of Forest Research, Volume 82,,* 273–284.
- Adrián García Sánchez, L. R. (2018). Nuevas técnicas aplicadas a la auscultación de movimientos en Ingeniería Civil. *REVISTA MAPPING*, 36-39.
- Aleixandre Lluesma, C. (2016). Aplicación del escáner laser 3D para el control de las deformaciones estructurales. *Repositorio UPV*.
- Blackburn, J. (2 de junio de 2017). *Trees, Critical Root Zones, and Construction: Building for Long Term Survivability*,. Obtenido de Arboguard Tree Specialists, GUFC College Canopy Conference: <http://www.gufc.org/wp-content/uploads/2009/08/>
- Brickell, C, & D. Zuk. . (1997). DK Publishing, Inc., NY. *The American Horticultural Society A-Z Encyclopedia of Garden Plants*.
- Commission, G. F. (2 de julio de 2017). *Recommended Community Tree Ordinance Tree Conservation Standards, Sustainable Community Forestry Program*. Obtenido de Georgia Forestry Commission: <http://www.gatrees.org/resources/publications/RecommendedC>
- Crow, P. (2005). The Influence of Soils and Species on Tree Root Depth. *Forestry Commission, FCIN078*.
- Crow, P. (2005). The Influence of Soils and Species on Tree Root Depth. *Information Note, Forestry Commission*.
- Guerrero Iñiguez, J. (2017). GEOMETRIC MODELLING OF TREE ROOTS WITH DIFFERENT LEVELS OF DETAIL. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 29-35.
- Guillén Pérez, M., Franco, J., & Ochoa, J. (s.f.). Consolidación biomecánica de Ficus macrophylla monumentales en la reforma de la plaza de San Francisco de Cartagena. Cartagena, 12-13 de mayo de 2014: III Workshop en Investigación Agroalimentaria – WiA3.14.
- Huerta Fernández, S. F. (2016). Informe sobre la estabilidad de las bóvedas de la nave y del sistema de contrarresto de la catedral de Palma de Mallorca. *Monografía (Informe Técnico). E.T.S. Arquitectura (UPM), Madrid*.
- J.J., C., & Estrada, E. (2001). Evolución endógena. *REGLONES # 48*, 66-69.
- Jimenez Salas, J., & de Justoo Alpañes, J. (1975). *Geotecnoa y cimientos*. Madrid: Editorial Rueda.
- López, M. A. (2014). *El escáner láser en el diagnóstico sobre el patrimonio*. Cordoba: <https://helvia.uco.es/handle/10396/12222>.
- López, M. A., & Montes-Tubio, F. (2014). Uso del escaner laser para determinar las deformaciones de una armadura mudéjar. *Dyina*.

- Mattheck, C. &. (1995). *The Body Language Of Trees: A handbook for failure analysis.* Department of the Environment. *Research for Amenity Trees #4.* HMSO, London.
- otros, A. J. (2019). From dangerous branches to urban banyan: Facilitating aerial root growth of *Ficus*. *PLOS ONE* | <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226845>.
- Pokorny, J. (2003). *Urban Tree Risk Management: A Community Guide to Program Design and Implementation.* USDA Forest Service, Northeastern Area NA-TP-03-03.
- Starr, F., Starr, K., & Loope, L. (2003). *Ficus macrophylla* Moreton bay fig. 1-5.
- Sterken. (2005). *Manual para en análisis de la estabilidad del arbolado mediterráneo.* Traducción: Juan Belvis y Jacobo Llorens.
- Stone, R., Rollerson, & Mitchell, S. (1994). *Windthrow handbook for British Columbia forests.* B.C. Working Paper.
- Vargas-Gómez, O., & Molina-Prieto, L. (2014). Arborizaciones urbanas: estrategia para mitigar el calentamiento global. *Revista nodo Nº 16, Vol. 8, Año 8*; 99-108.

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1.-representación grafica de los tipos de raíces (origen, Guerrero)	8
Ilustración 2.- Esquema de las raíces de acuerdo a la Comisión Forestal de Georgia. (Dibujo del autor sobre el esquema citado).	9
Ilustración 3.- Esquema de la ocupación del enraizamiento de acuerdo a los parámetros de Abdi y Crow. (Dibujo del autor).	11
Ilustración 4.- Encuentro del muro de contención del relleno del compás del templo con el muro de la fachada principal de la iglesia	12
Ilustración 5.- Raíz que aparece por debajo del muro de contención del compás justo delante de la fachada principal de la iglesia.....	13
Ilustración 6.- Nube de puntos capturada para el estudio (fuente propia).	18
Ilustración 7.-Superposición del modelo ideal y la nube de puntos, donde se aprecia el desplome. (imagen del autor).	19
Ilustración 8.-Pormenor de la cuantificación del desplazamiento en la parte superior del muro de fachada. Se observa como la bóveda no acompaña el desplazamiento, lo que ha originado la grieta. (imagen del autor)	20
Ilustración 9.-Grietas producidas por el desplome del muro dela fachada principal del templo (fotografía del autor).....	20
Ilustración 10.-Esquema explicativo del proceso de giro del muro. (dibujo del autor)	22
Ilustración 11.- El árbol antes de la poda 2018 https://jardinessinfronteras.com/2020/07/10/la-historia-de-un-ficus-centenario-en-triana/ .	22
Ilustración 12.- El árbol tras de la poda 2018 https://jardinessinfronteras.com/2020/07/10/la-historia-de-un-ficus-centenario-en-triana/	23
Ilustración 13.- El árbol rebrotando tras la última poda	24
Ilustración 14.- Imagen del troco del árbol.	25

CERTIFICADO DE LEVANTAMIENTO CON LASERMETRIA

TEMPLO PARROQUIAL DE SAN JACINTO

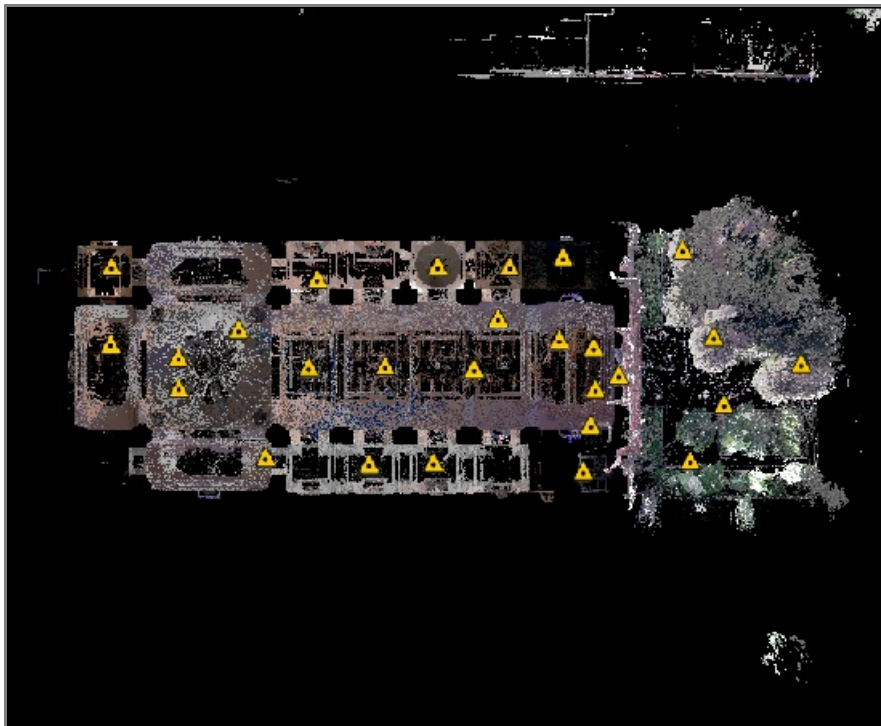
jun. 26, 2020

Certificado por:

Miguel Angel Lopez

BIM Architect

M.L. Arquitectos



SiteMap 1

Calidad general

Resultados de error para Conjunto 1

Número de estacionamientos: 32
Número de enlaces: 126
Fuerza: 72 %
Solapamiento: 56 %

Error de conjunto
0.010 m ✓

Solapamiento
56 % ✓

Fuerza
72 % ✓

Nube a nube
0.010 m ✓

Error de diana
--

■ Error máximo de 0.015 m.

■ Error máximo de 0.020 m.

■ Error mayor de 0.020 m.

MEDICION Y PRESUPUESTO DEL APEO

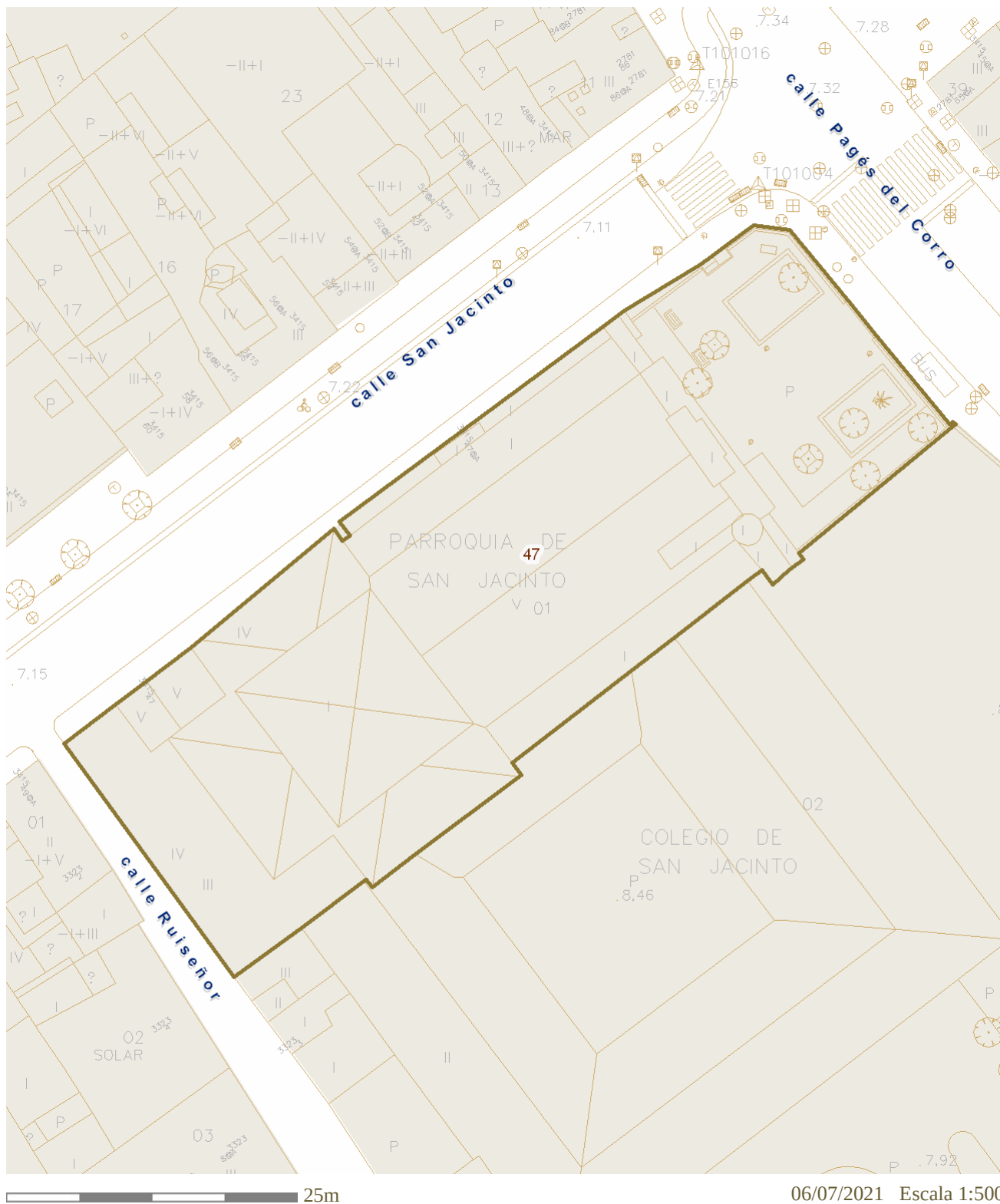
Ud. Tala de árbol FICUS MACROPHILIA de EJEMPLAR DE GRAN ALTURA, incluido apeo por niveles, troceado y transporte limpieza a vertedero. Incluso Extracción de tocón de elemento arbóreo exótico tras su derribo por medios mecánicos, para la eliminación en lo posible del sistema radicular y transporte a vertedero

1ud	6.500	6.500,00 €
Total, presupuesto de ejecución material		6.500,00 €
GASTOS GENERALES Y BENEFICIO INDUSTRIAL		650,00 €
Total, presupuesto de contrata		7.150,00 €

Asciende el presente presupuesto de contrata a la cantidad de siete mil ciento cincuenta Euros

SEVILLA agosto de 2021

Fdo. Miguel Angel Lopez
Arquitecto



Infraestructura de Datos Espaciales

Plano de Situación

calle San Jacinto, 47

Ref.:4018001TG3441N

El plano de situación ha sido generado con finalidad exclusivamente informativa. Las parcelas identificadas provienen de la cartografía municipal.

