

PFC_Relación final

“Estudio y análisis higrotérmicas aplicados a los paramentos de los Almacenes de los Silos de Burjassot, Monumento Histórico Artístico Nacional”

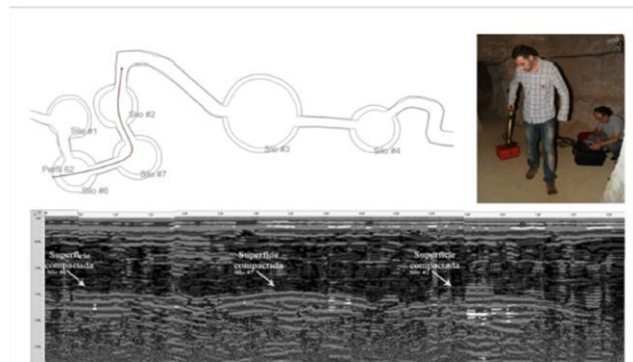
Con el presente Proyecto Final de Carrera se ha empezado un estudio y investigación sobre el Conjunto Monumental de los Silos de Burjassot que será continuado y terminado en Italia para su presentación y entrega final.

OBJETO DEL TRABAJO

El tema de este trabajo ha sido el análisis del estado de estudio sobre el conjunto monumental y, tras la formulación de un proyecto investigativo a partir del último estudio científico (Tesis Doctoral: “*Silos de Burjassot (S.XVI). Origen y desarrollo constructivo. Evolución de sus estructuras. Estado de conservación.*” de Ana Valls Ayuso. Año 2014), realizar el trabajo, a partir de las hipótesis, al fin de ampliar el conocimiento y aportar avances de investigación sobre el monumento.



Ilustración de la explanada con el conjunto monumental del año 1844



Estudio del interior de los silos con georadar realizado en la tesis doctoral

Ilustración de la explanada con el conjunto monumental del año 1844

Estudio del interior de los silos con georadar realizado en la tesis doctoral

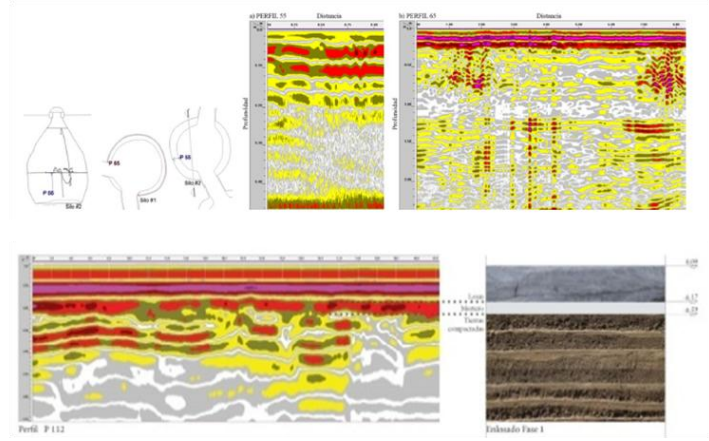
HIPÓTESIS DEL TRABAJO

La hipótesis planteada desde el principio del estudio y objeto de las nuevas informaciones que se pretendía adquirir sobre el monumento, ha estado estudiar la posible influencia que puedan tener las grandes concentraciones de humedad del subsuelo, y en este caso de los silos, en las fábricas de los edificios.

Por esto ha nacido la necesidad de hacer un análisis higrométrico de los muros, es para plantear el estudio patológico o de lesiones de estos elementos constructivos y sucesivamente examinar si en función de la orientación, proximidad del suelo, diferentes tipos de sistemas constructivos en muros, la presencia de huecos o oquedades influyen sobre los resultados obtenidos, esta parte se ha empezado aquí, analizando un muro de particular posición y debe ser continuada y terminada.



Foto tomada por la autora



Estudio del interior de los silos y del enlosado realizado en la tesis doctoral

En particular, las fases de la investigación desarrolladas en España han sido:

- Investigación histórica y bibliográfica
- Investigación de archivo
- Estudio de la historia y evolución del monumento
- Levantamiento arquitectónico/fotográfico de la estructura
- Estudio de materiales y tecnologías constructivas
- Toma de datos higrométricos con aparatos diferentes
- Elaboración y análisis de los resultados

1. PRESENTACIÓN DEL CONJUNTO

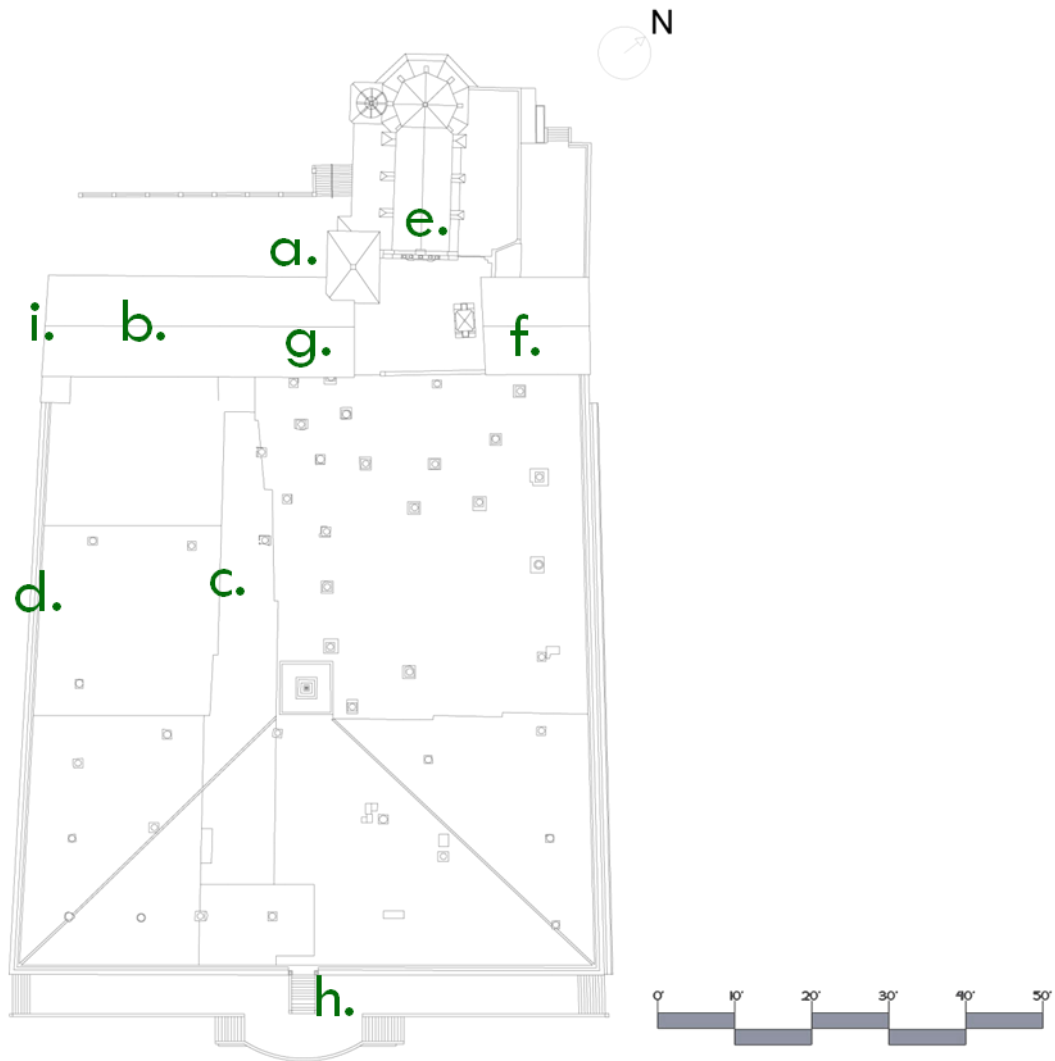
El monumento denominado "Silos de Burjassot" es un conjunto monumental construido a finales de siglo XVI en las afueras de Burjassot, un pueblo de la provincia a unos 10 km de Valencia, arriba de una colina en la que entonces surgía una pequeña ermita rodeada de una pineta.

Hoy está incluido ha sido inglobado por el crecimiento del pueblo y esta incluido en el casco urbano de Burjassot y delimitado por:

1. La Plaza de San Roque y su Ermita
2. El paseo peatonal *Conception Arenal*
3. La avenida *Martires de la Libertad*
4. La plaza Emilio Castelar



Foto area fuente internet



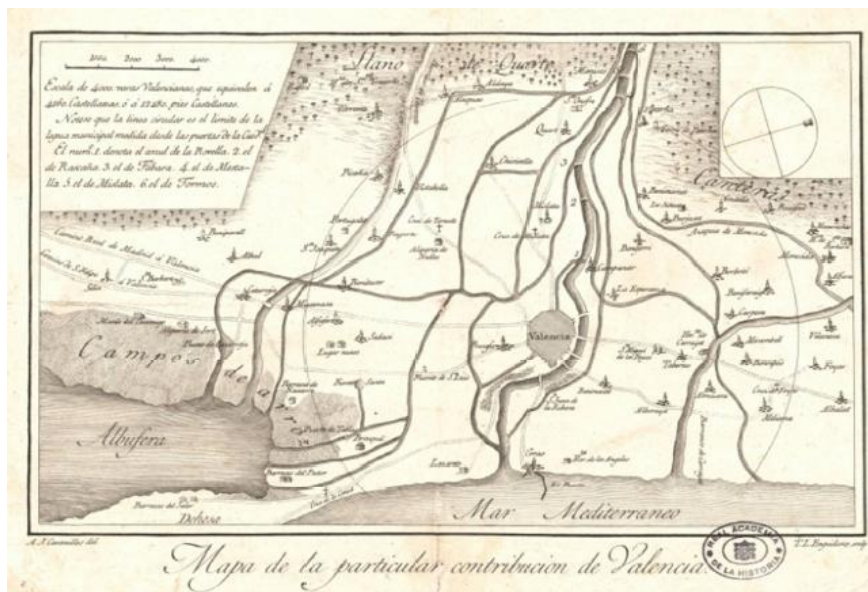
- a. Acceso 1 (rampa desde la Avenida Mártires de la Libertad)
- b. Almacenes
- c. Explanada (donde se notan solo las tapas de los silos subterráneos)
- d. Muralla de mampostería
- e. Ermita de San Roque
(único edificio presente antes de la construcción de los silos)
- f./g. Embarronats (derecho y izquierdo)
- h. Acceso 2 (escalera desde la Plaza Emilio Castelar)

2.CONSTRUCCIÓN Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL CONJUNTO

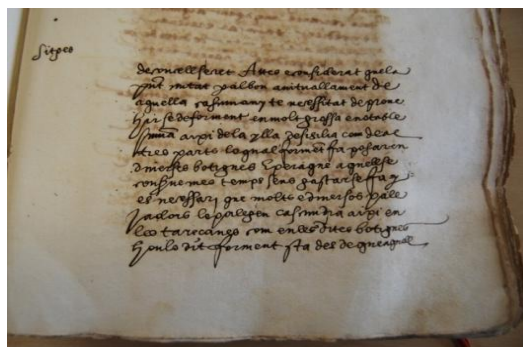
La principales causas de la construcción fueron:

- Aumento demográfico del siglo XVI
- Incapacidad de los actuales almacens (Almudín-Atarazanas) de contener el trigo que llegaba desde Sicilia y Cerdeña
- Excessiva inversión de dinero en el alquiler de las botigas
- Necesidad almacenamiento del trigo para el abastecimiento de la población valenciana.
- Clima y suelos valencianos poco aptos para el cultivo del trigo

Por esto el **Consell de la ciudad de Valencia**, en **Octubre de 1573**, tomó la decisión de la construcción de los tres primeros silos en el lugar elegido.



Mapa de la contribución de Valencia



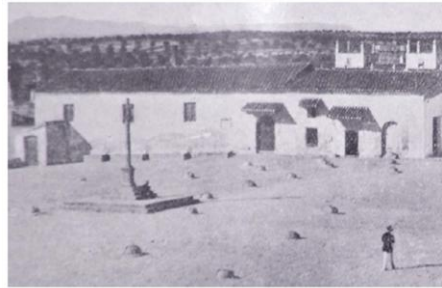
Manual de Consell-A98 Archivo Municipal de Valencia.Foto de la autora

El edificio durante toda su vida ha sido objeto de varias reformas desde su original construcción, reformas vinculadas a los diferentes usos que ha tenido el edificio y las necesidades de cada uno de estos.

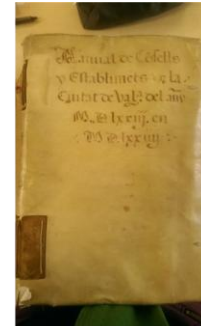
En el año 1573, lo del inicio de la construcción de los tres primeros silos, empieza la larga historia de este monumento que podemos dividir en tres fases principales.

Primera fase [1573-1597]:

Durante esta primera fase se construyeron nuevos silos, un almacén, una cisterna de agua y un muro de cierre al recinto.
La fin de ésta no está definida.



Los almacenes a finales de siglo XVII

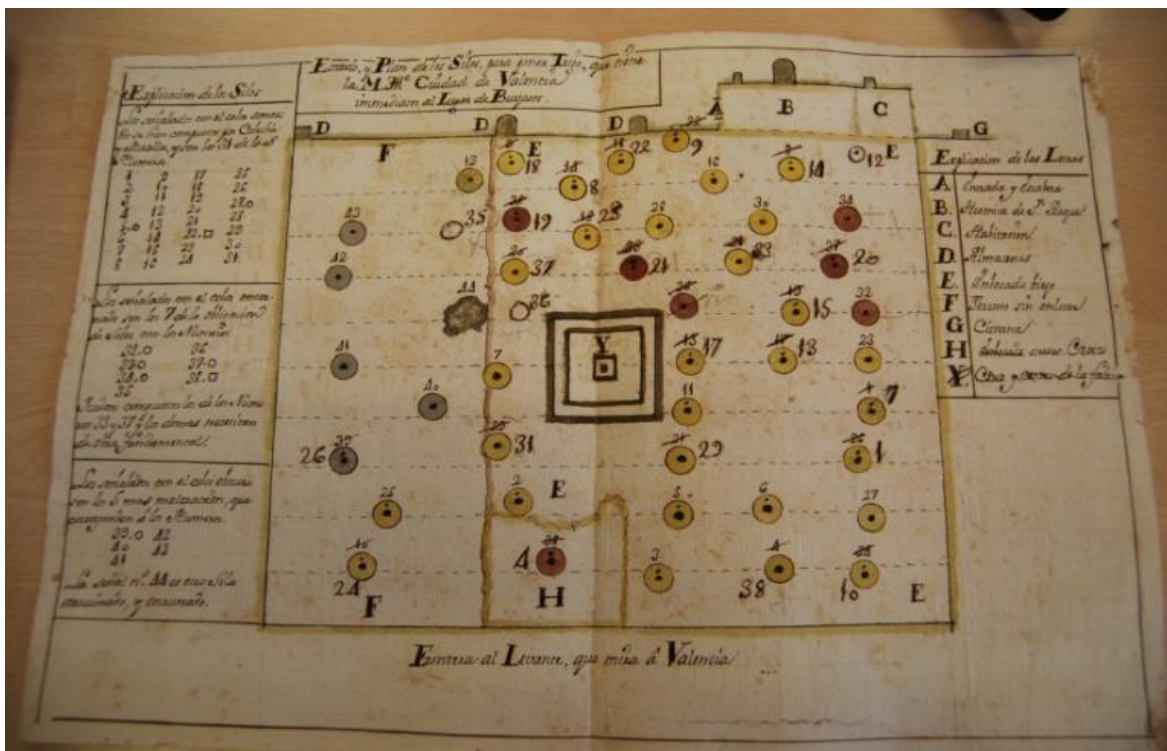


Manual de Coselle y Enabimeto

- Litografía representante Los Silos y la Ermita De San Roque_Museo de Bellas Artes de Valencia " San Pio V "
- Fachada Sureste del Almacén
- Portada Manual de Consell a finales del Siglo XVII. Foto de la autora.

Segunda fase [1704-finales siglo XIX] : I Restauración

En los siglos XVII y XIX se completó el enlosado de la explanada, se repararon los almacenes, se construyó el pozo en 1795, la escalera de acceso desde la plaza Emilio Castelar en 1798, y se escavaron nuevos silos terraplenando algunos otros para problemas estáticos llegando al número definitivo de 41 silos que han perdurado hasta la actualidad.



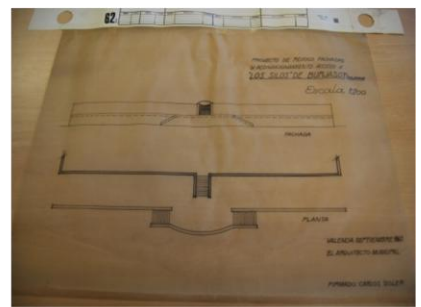
Plano de los Silos _Maestro de Obra Jose Herrero _Año 1755_Archivo Municipal de Valencia_Fotografía de la autora



Pozo_Fotografía de la autora



Secciones de los Silos
Maestro de Obras Rafael Morata_Año 1755



Proyecto de la escalera y segunda entrada
Año 1798

Secciones de los Silos
Maestro de Obras Rafael Morata_Año 1755

Tercera fase [finales siglo XIX-actualidad]: Cambios funcionales del conjunto

Durante este periodo el conjunto termina la función por la que había estado construido, con el alquiler de los depósitos subterráneos a particulares, la instalación en 1931 de la Escuela de Artes y Oficios en los Almacenes dentro de que se construyó la escalera que ahora conecta las dos plantas del edificio(1931),

Los edificios y los depósitos subterráneos fueron ocupados desde el bando republicano durante la Guerra Civil, y por esto durante este periodo se estableció la conexión de cuatro silos entre ellos a través tuneles, gracias a la cual todavía hoy los depósitos son accesibles.

En esta época se hubo también la distrución de la antigua cisterna que se encontraba cerca del Embarronat derecho.

Más tarde, en 1953, fue aperto el nuevo acceso a la Avenida Mártires de la Libertad con la colocación en el portal de la fachada barroca de la Iglesia valenciana de San Bartolomé (1953).

La última fecha importante que se puede nombrar en la historia del conjunto es el año 1981 con la declaración de "Monumento Histórico Artístico Nacional" BIC Bien de Interés Cultural.



Fotografías de la autora_Entrada a los Almacenes y particular de la fachada

2. LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO Y FOTOGRÁFICO

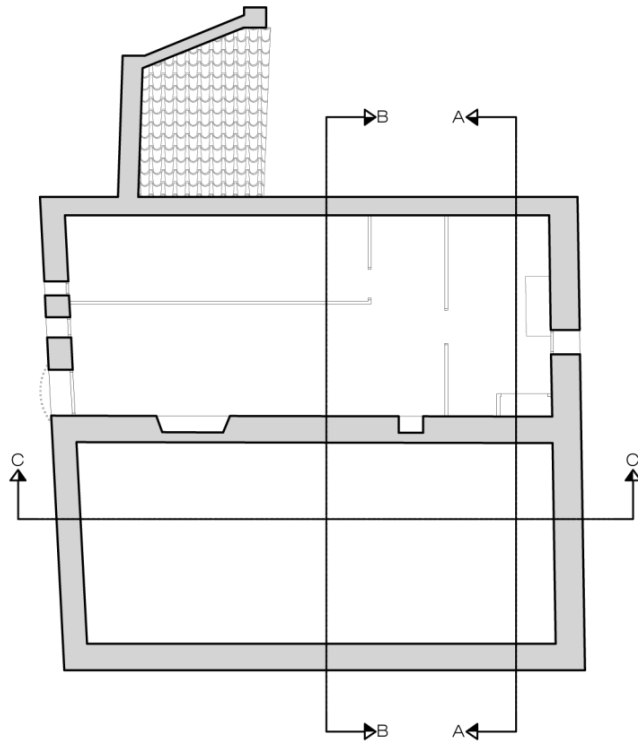
- Embarronats

Fueron la primeras construcciones edificadas en el recinto de los Silos, son edificios sencillos de tipología constructiva a "loggia" (típica del comercio).

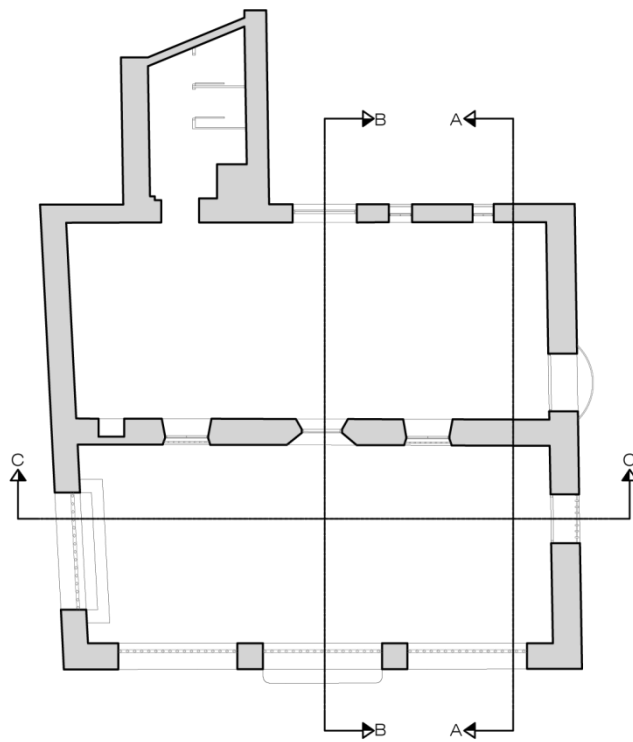
La fachada principal presenta una triple arcada de pilastras de sillares y arcos de ladrillos y arcos de medio punto en la fachadas laterales, hoy cerrados.



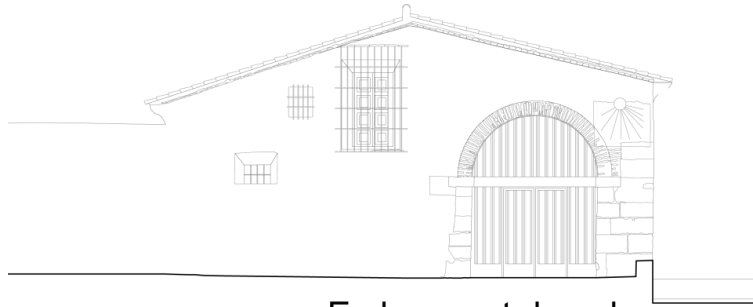
Fotografías de la autora



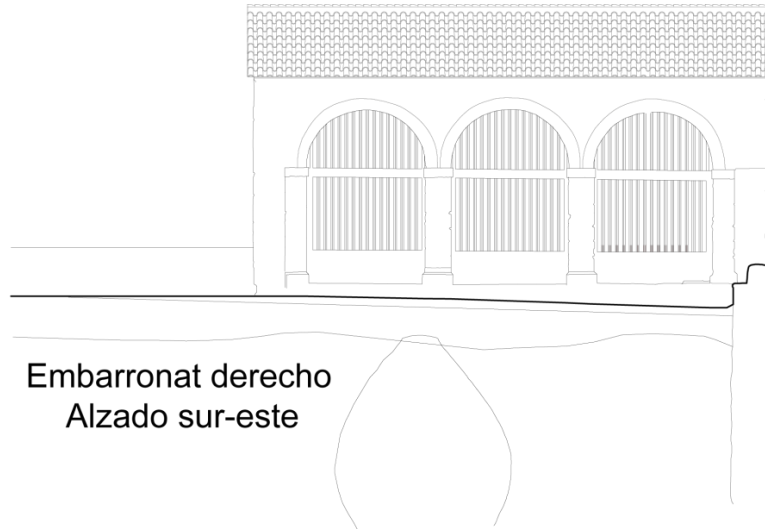
Embarronat derecho
planta primera



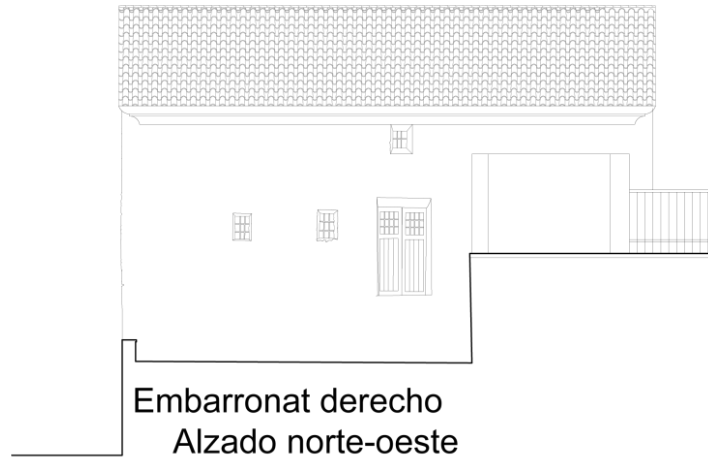
Embarronat derecho
planta baja



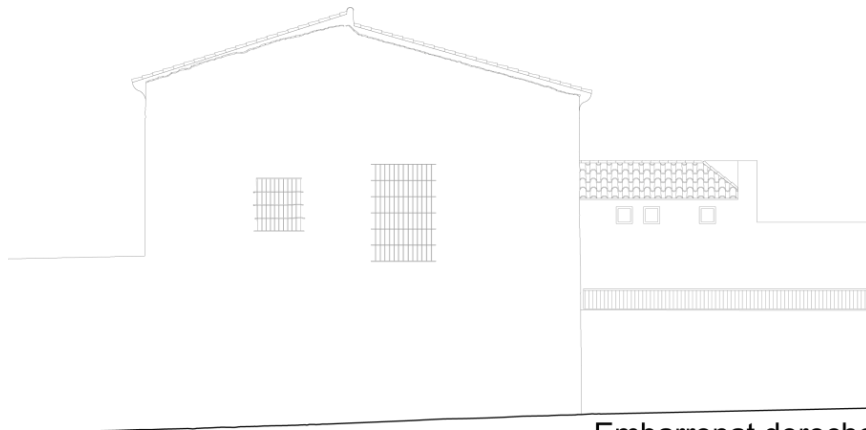
Embarronat derecho
Alzado sur-oeste



Embarronat derecho
Alzado sur-este



Embarronat derecho
Alzado norte-oeste



Embarronat derecho
Alzado norte-este



Interior del Embarronat derecho_Fotografias de la autora



Interior del Embarronat izquierdo_Fotografias de la autora



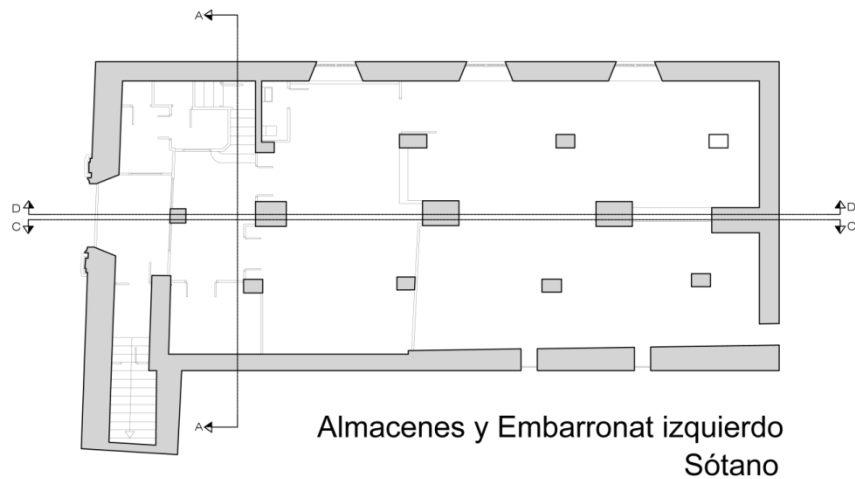
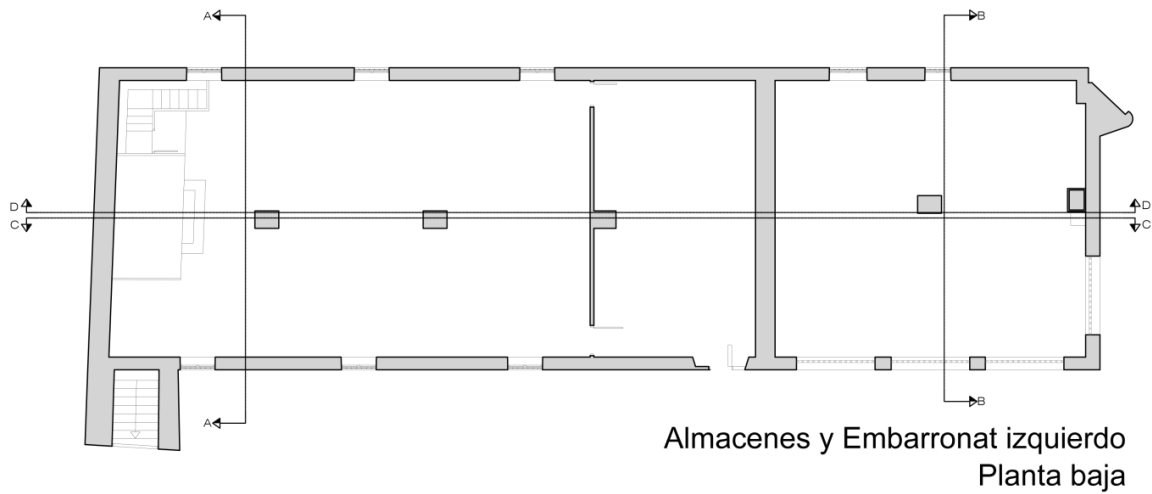
Interior del Embarronat izquierdo_Fotografias de la autora



Interior del Embarronat derecho_Fotografias de la autora

- Almacén

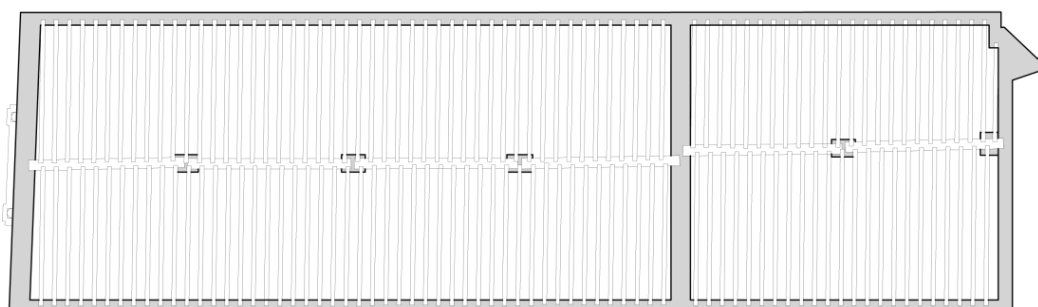
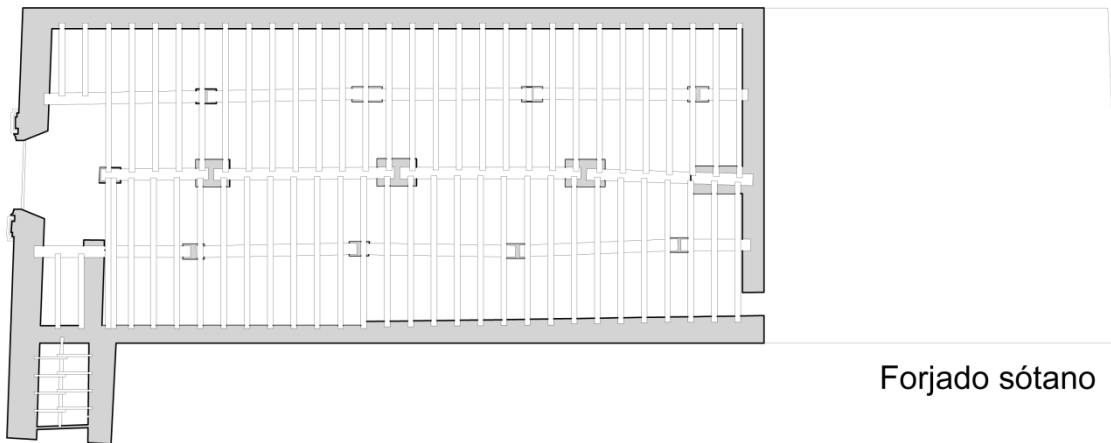
Es un edificio sólido y compacto de planta rectangular y dimensiones 25x12 m. Su estructura portante es a base de muros de carga de mampostería ordinaria, bajo cimentación corrida y pilares de ladrillo macizo con cimentación aislada. Nuevos soportes de ladrillo han sido creados en el sótano, que han permitido reducir la luz de las vigas de madera del forjado. Con la instalación de la Escuela de Artes y Oficios ha sido construido nuevos elementos de comunicación vertical entre plantas, así como abierto y cierre nuevos huecos con el exterior.



El forjado es tradicional, compuesto por viguetas de madera de sección 25 x 12 cm y de bóveda tabicada de una rosca de ladrillo macizo apoyada en los laterales de la vigueta con un intereje de 80 cm.

Sobre estos revoltones, la formación del plano horizontal por diferentes capas:

- capa de relleno realizada con argamasa de mortero de cal
- capa de regularización
- mortero de agarre el solado cerámico
- pavimento de la planta primera
- revoltones y viguetas empotrados en los muros resistentes de tapial

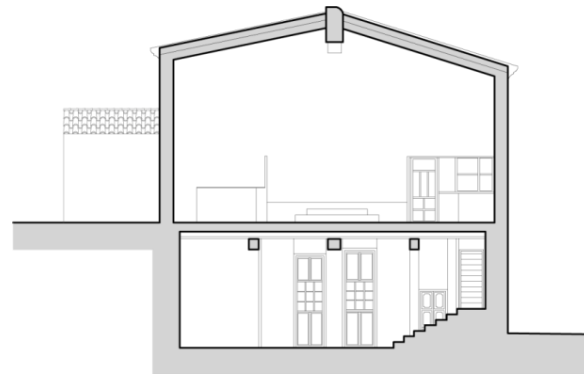


Los pilares son rectangulares y de diferentes dimensiones realizados con ladrillo macizo cerámico.

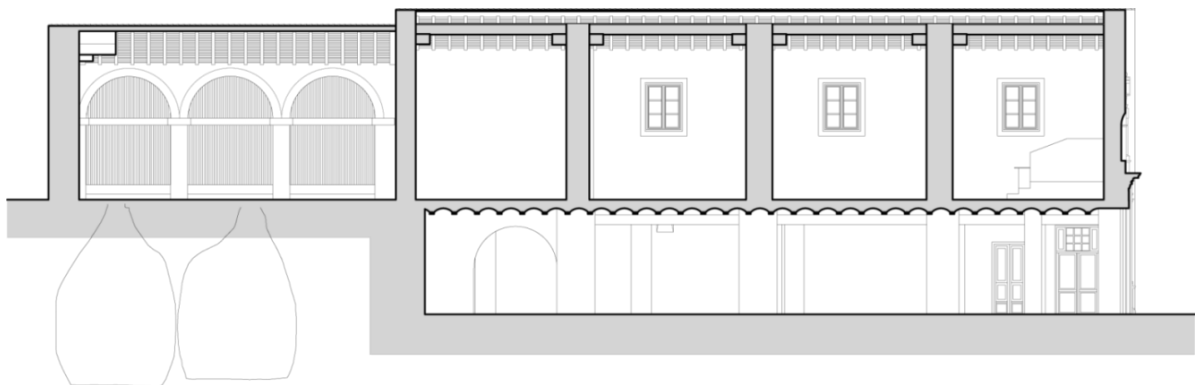
Los pilares originales están dispuestos sobre el eje de simetría del edificio y son de dimensiones aproximadas de 140x90 cm.

Los pilares de refuerzo están situados entre el muro y los pilares originales, en ambos lados de este eje y de dimensiones más reducidas 50x70.

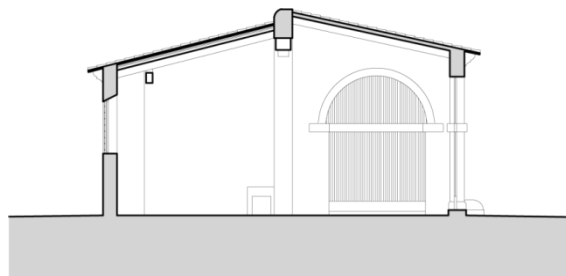
Los pilares en planta primera son de sección más reducida (70 x 90 cm) y dan continuidad a la estructura inicial de 3 pilares.

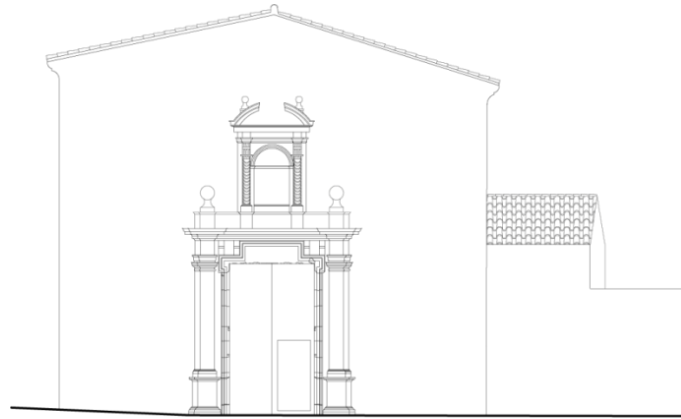


Sección A-A

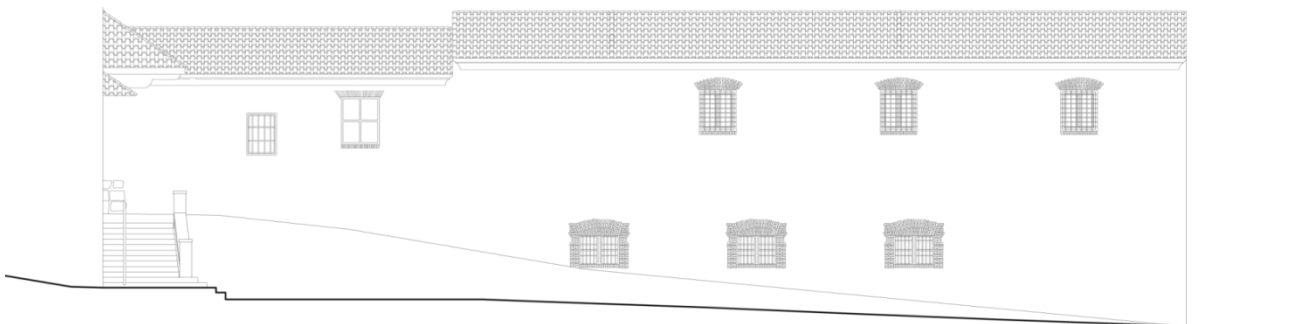


Sección C-C

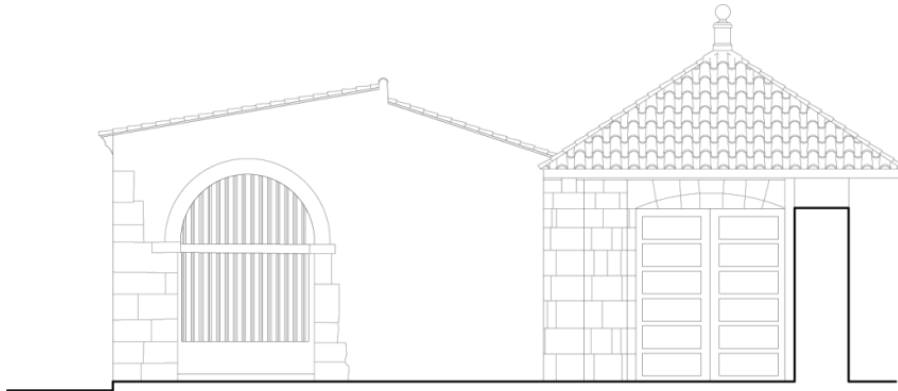




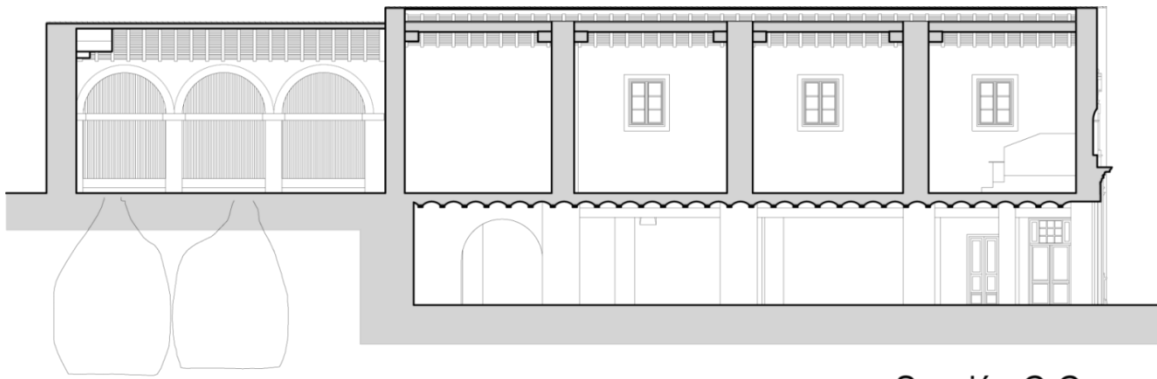
Almacenes
Alzado sur-oeste



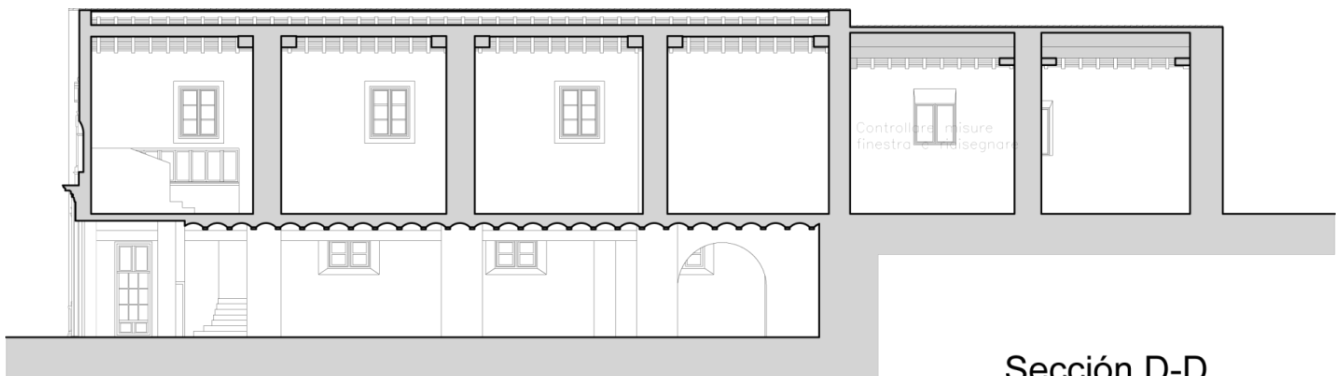
Almacenes y embarzonat izquierdo
Alzado norte-oeste



La cubierta tiene estructura inclinada a dos aguas de pares y correas de madera que soportan los ladrillos macizos que a su vez conforman el soporte para el acabado superficial de la cubierta, que consiste en teja árabe sin recogida de aguas perimetral. Pares recibidos en la cumbre por un entramado compuesto de la hilera y durmiente de apoyo.



Sección C-C



Sección D-D



Interior del Embarronat esquerdo_Fotografias de la autora



Interior del Embarronat izquierdo_Fotografias de la autora



Escalera interior del Almacén_Fotografía de la autora



Planta sótano del Almacén_Fotografías de la autora



Planta sótano del Almacén_Fotografías de la autora

4. ESTUDIO HIGROTÉRMICO DE LOS PARAMENTOS MURARIOS

• INTRODUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

Desde el estudio y el levantamiento del monumento ha salido que uno de los problemas más importantes y graves para la estructura es la humedad.

La mayoría de las patologías presentes en los edificios depende de un excesiva presencia de humedad debida a diferentes causas, cuales:

- Infiltraciones por el deterioro de los elementos constructivos
- Capilaridad de los materiales
- Condensaciones



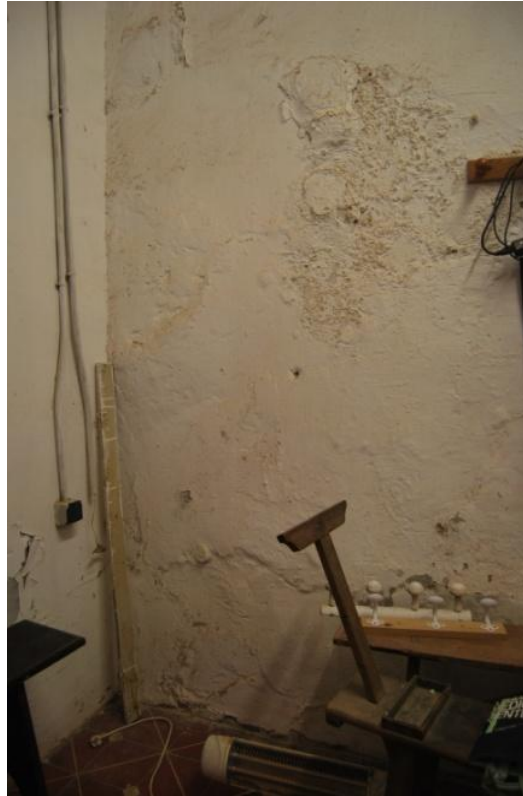
Ejemplos de humedad en los edificios_Fotografías de la autora



Ejemplos de humedad en la muralla_ Fotografías de la autora

Por esto se ha considerado fundamental y necesario estudiar esta patología, y las consecuencias que aporta, para garantizar la integridad futura del edificio mediante una intervención apropiada.





Ejemplos de humedad en los edificios_Fotografías de la autora

Como la causas son varias, este problema se nota en las partes de la estructura de maneras diferentes.

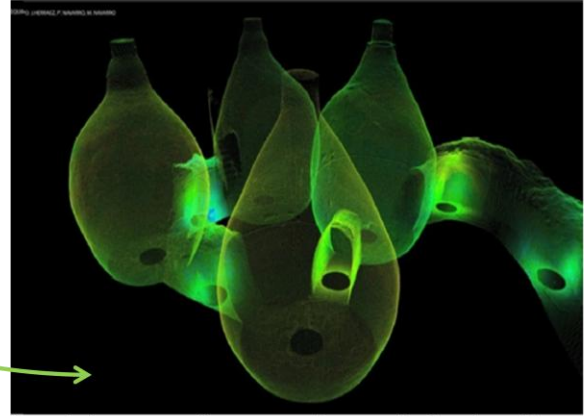
Por esto se ha elegido un método de investigación que empieza por una medición objetiva de los valores de conductividad eléctrica y electromagnética de los muros para después graficizarlos, analizarlos, hacer comparaciones entre comportamientos anómalos en puntos singulares y finalmente entender la causa.



Ejemplos de humedad en los edificios_Fotografías de la autora



Fotomontaje de Ana Valls Ayuso



Indicador de los cuatro silos conectados por túneles obtenido por liberar archivos en una próxima investigación de la UPV

Estudio de los silos con georadar hecho durante la tesis doctoral

Además, la presencia de los silos tan cerca y tan dependientes de los edificios ha sido una motivación más para estudiar la interacción, a nivel de humedad entre los dos, al fin de preservar la integridad de las estructuras y a la vez de estos elementos construidos y al mismo tiempo naturales.

• APARATOS UTILIZADOS

- Aparato 1_DELMHORST BD-2100 Funciona midiendo la conductividad eléctrica del cuerpo en que se fijan sus electrodos.
- Aparato 2_TROTEC 1600 Funciona midiendo la conductividad electromagnética.
- Aparato 3_CHAUVIN CA846 Termohigrómetro para medir temperaturas y humedad relativa del aire y de las superficies murarias a la toma de los datos.



Aparato 1



Aparato 2

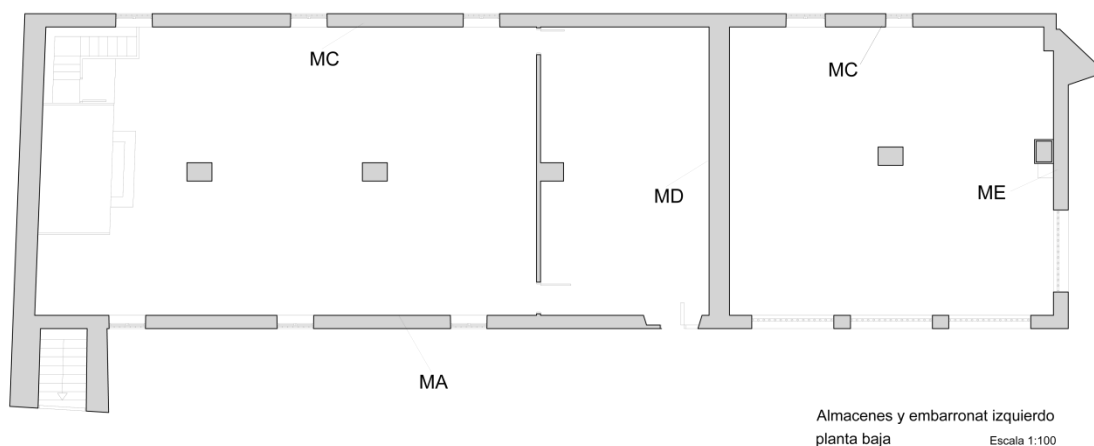


Aparato 3

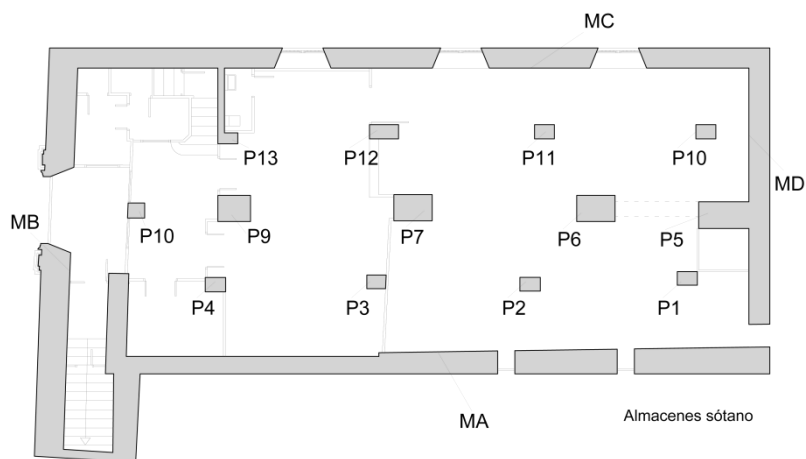
- TOMA DE DATOS

La toma de datos ha empezado con la denominación en plano de todos los muros y pilares de que se tenía que tomar los datos con los diferentes aparatos.
Las paredes analizadas han sido todas la del almacén, más los pilares de la planta baja y las del embarronat izquierdo, por lo cual, donde no se podía tomar por dentro por la presencia de muebles fijos, se han tomado los datos por la parte exterior del muro.

Denominación muros y pilares



Almacenes y embarronat izquierdo
planta baja
Escala 1:100



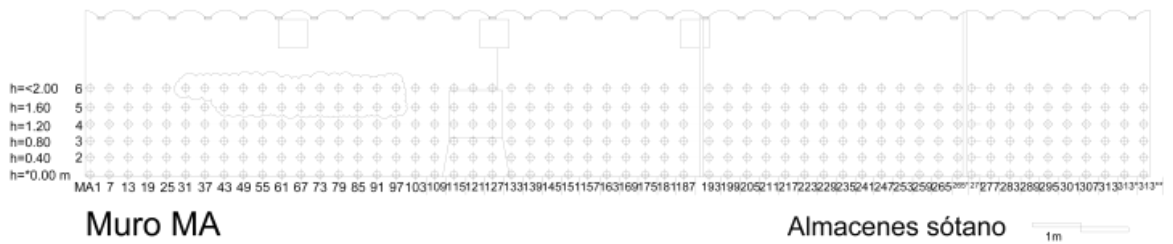
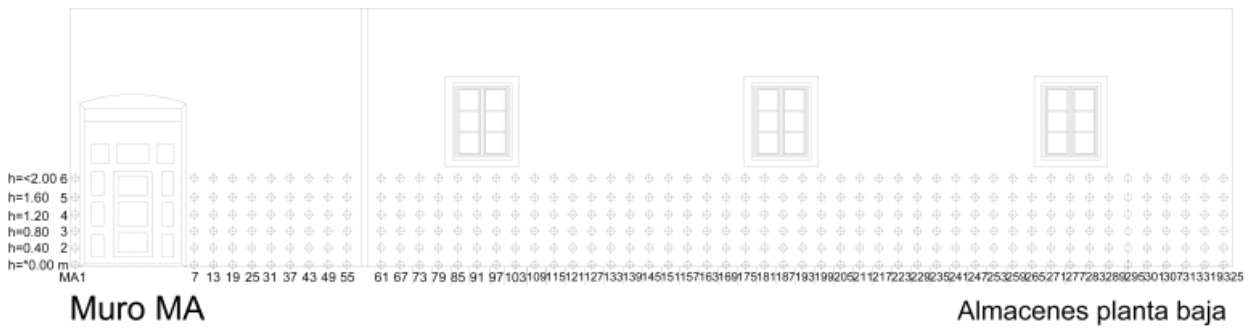
Almacenes sótano



Fases de la toma de datos

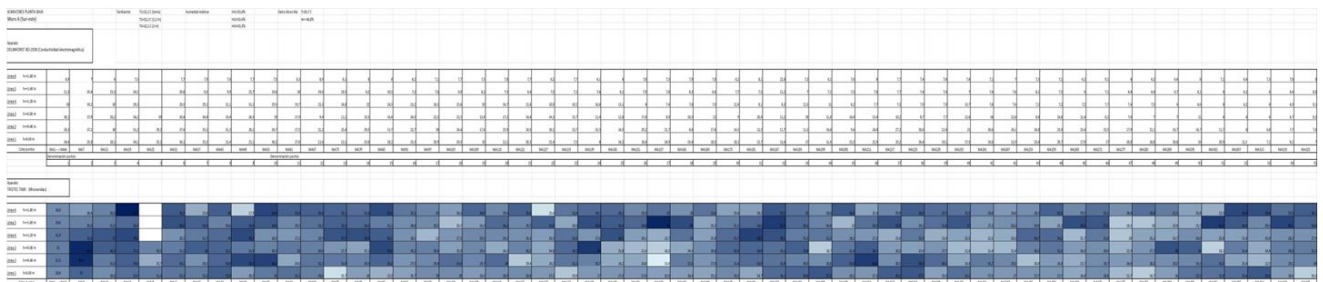
En alzado, para facilitar la toma de datos se han creado primero una malla de 40x40 cm empezando por la parte más baja del muro y obteniendo 6 líneas horizontales a seis diferentes alturas (de 0 m a 2,00 m).

En cada cruce de una línea horizontal con una vertical se ha individuado un punto, denominado con la letras MA (muro A) y numero facilmente identificativos; en cada punto han sido tomados los datos con los dos diferentes aparados.

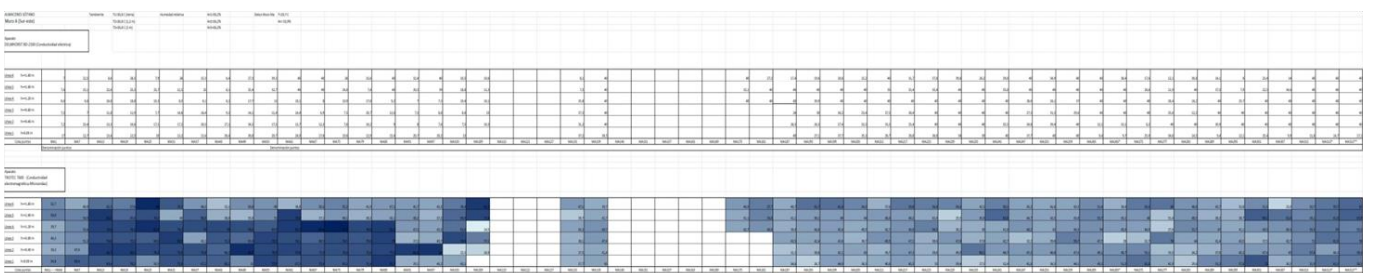


- DATOS OBTENIDOS

Los valores obtenidos han sido sucesivamente organizados en dos tablas de excel (una para cada aparato). En la segunda, dándole un mapa de colores se puede ver ya como varían los valores.



Tablas de los valores de **conductividad eléctrica** y **electromagnética** y de la **humedad relativa** y **temperatura** tomados Muro MA de la planta baja de los almacenes



Tablas de los valores de **conductividad eléctrica** y **electromagnética** y de la **humedad relativa** y **temperatura** tomados Muro MA de la planta sótano de los almacenes

- ELABORACIÓN GRÁFICA DE LOS DATOS

Desde cada tabla ha salido un gráfico. De la primera un gráfico de dispersión con los valores de cada línea de altura coleados por una curva que representa la variación de la humedad a cada altura. Los valores representados son todos positivos porque ha sido calculados a partir del mínimo valor de la pared.

A partir de los datos de la segunda tabla ha salido otro grafico de dispersión, esta vez los valores son positivos y negativos porque representados a partir del valor medio tomado en toda la pared.

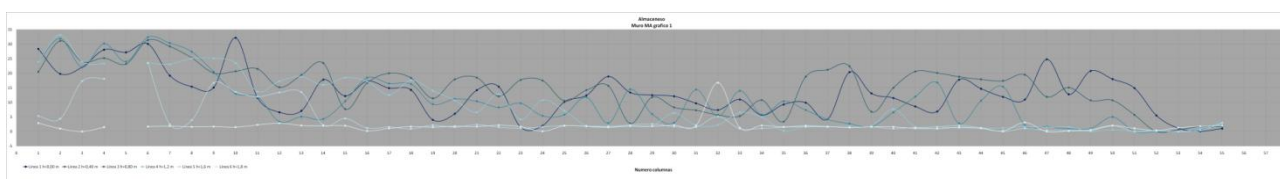


Gráfico 1_ Representación de los valores de conductividad eléctrica respecto al mínimo valor medido en toda la pared Muro MA de la planta baja de los almacenes

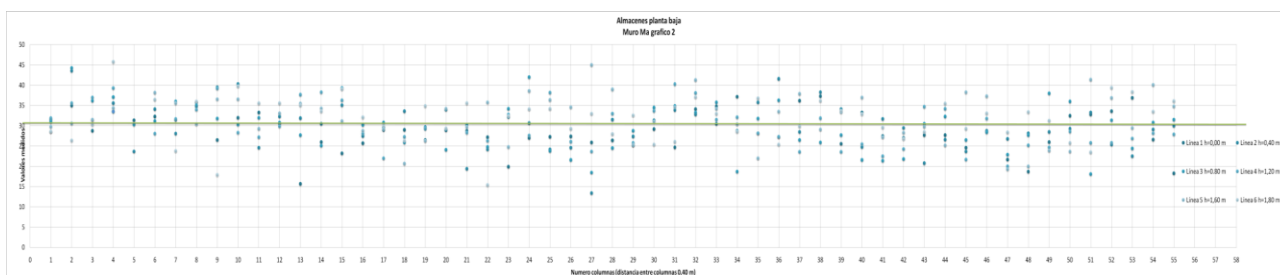


Gráfico 2_ Representación de los valores de conductividad electromagnética respecto al valor medio medido en toda la pared Muro MA de la planta baja de los almacenes

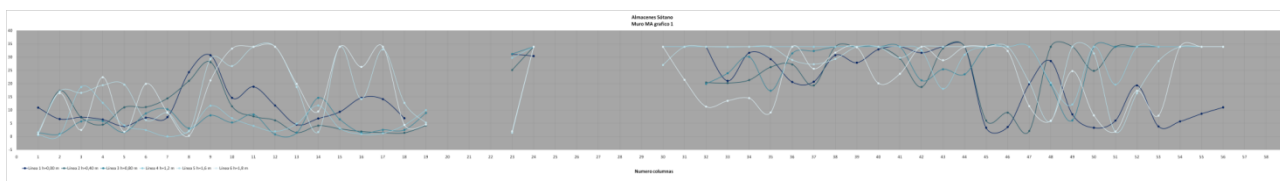


Gráfico 1_ Representación de los valores de conductividad eléctrica respecto al mínimo valor medido en toda la pared Muro MA de la planta sótano de los almacenes

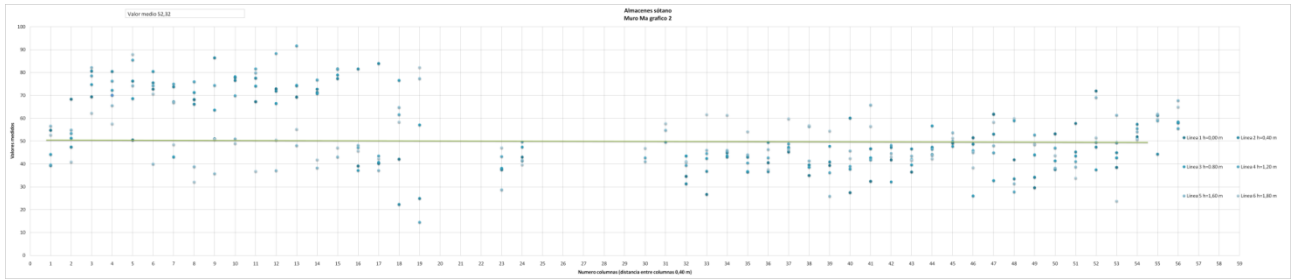
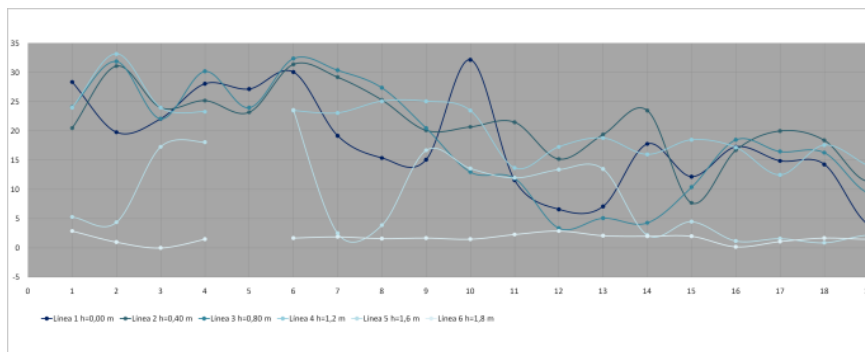
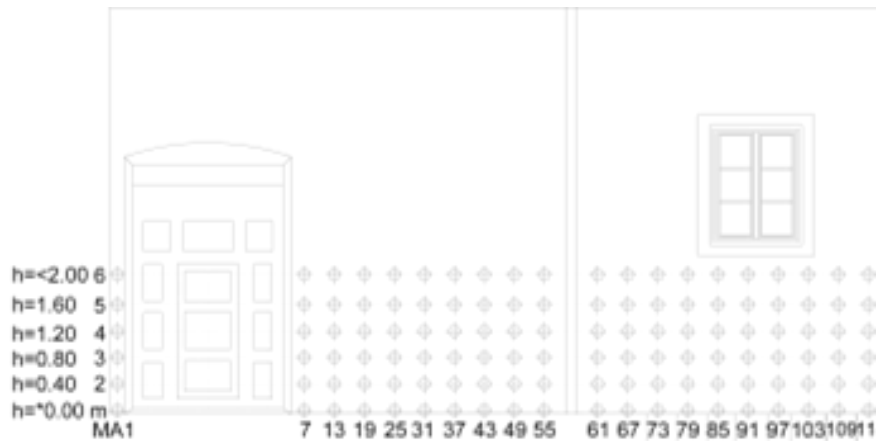


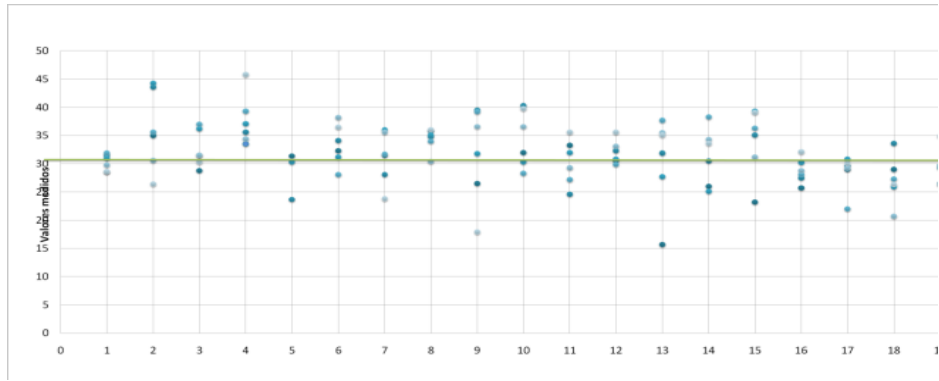
Gráfico 2_ Representación de los valores de conductividad electromagnética respecto al valor medio medido en toda la pared Muro MA de la planta sótano de los almacenes

- ELABORACIÓN GRÁFICA DE LOS DATOS _ESTUDIO DETALLE MURO MA (Planta baja-Sótano)

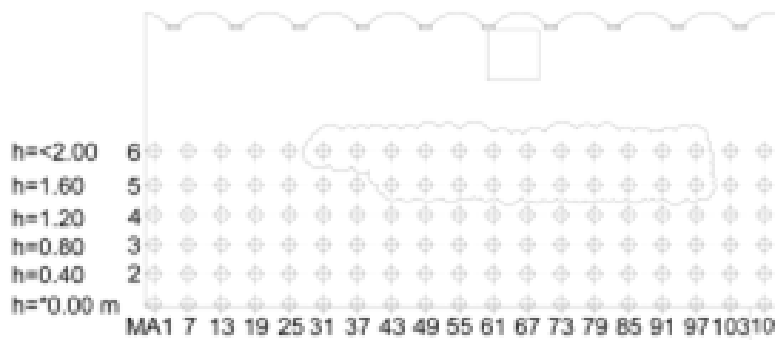
Para profundir el estudio se ha puestola atención sobre una parte del muro, en esta caso las primeras 20 columnas del Muro MA, a partir de la entrada a los silos, para compararla con la parte justo arriba en la planta baja.

- Detalles Planta Baja

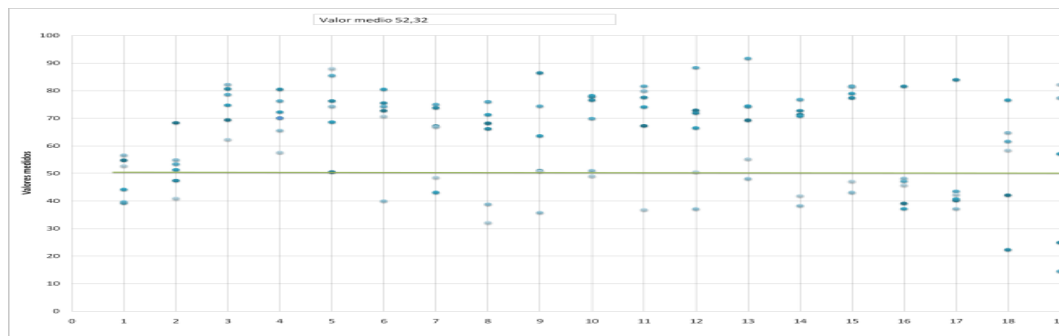
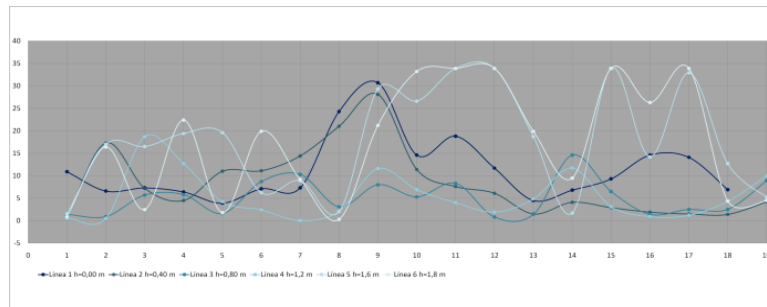




- Detalles Sótano



Muro MA

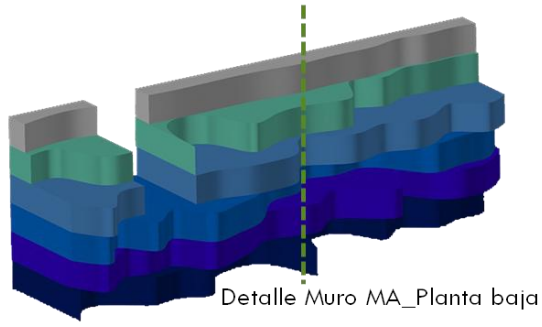


- ELABORACIÓN GRÁFICA DE LOS DATOS _DETALLE MURO MA (COMPARACIÓN ENTRE PLANTA BAJA Y SÓTANO)

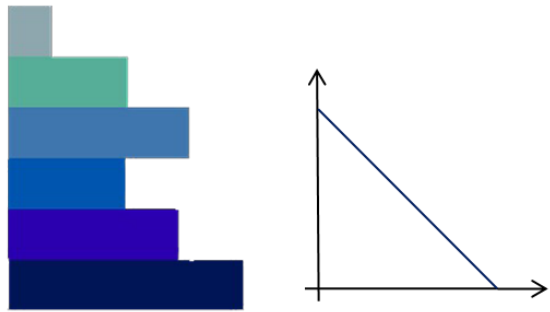
Continuando la elaboración se ha obtenido una Variación tridimensional de la humedad, graficizando de manera tridimensional cada línea del grafico obtenido del los datos de conductividad eléctrica y poniendola una arriba de otra.

En este manera se puede seccionar el gráfico tridimensional en cualquier sección que se endienda estudiar o analizar más en el detalle.

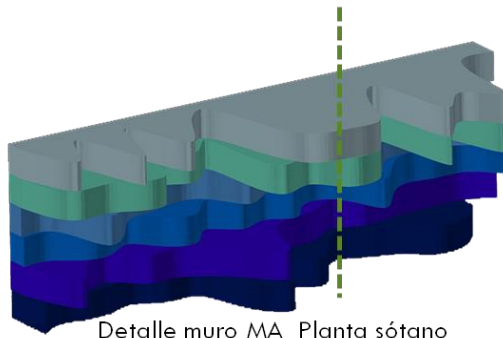
En el ejemplo se ha echo una sección en corespondencia de la culumna número 9, donde en la planta sótano se había un valor muy alto respecto a los a su rededor y ha salido de la sección que en el sótano la vacción de la humedad es de tipo irregular (ántes creciente y después decreciente) de contro en la planta baja la variacción es linear.



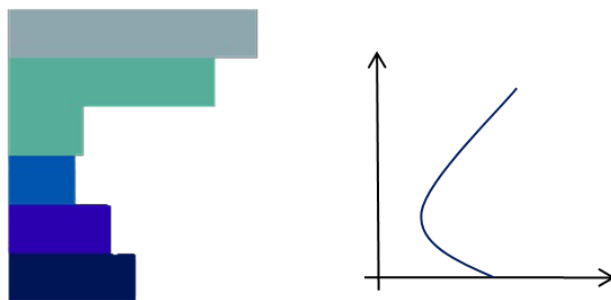
Detalle Muro MA_Planta baja



Sección en punto crítico_Humedad creciente



Detalle muro MA_Planta sótano



Sección en punto crítico_Humedad decreciente

PRIMERAS CONCLUSIONES y continuación del estudio

Con esta primera análisis se ha podido ver como la humedad de una muratura puede ser estudiada analíticamente dando informaciones sobre su distribución en las tres dimensiones e la pared.

A partir de esta distribución, haciendo comparaciones y análisis más detalladas entre muros con diferentes orientación, proximidad del suelo, tipos de sistemas constructivos se podrán tener más informaciones sobre el comportamiento de las estructuras respeto a la humedad.

El trabajo continuará analizando con el mismo método los datos tomados en los otros muros del edificio y en los pilares. Detectando valores y puntos singulares y buscando la razón de estas particularidades para tener finalmente una visión completa de este problema en los edificios y preservar la integridad de todo el conjunto.