

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tesisenred.net](http://www.tesisenred.net)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

B. VOLÚMENES  
VOLUMEN 2: HERRAMIENTA DE APLICACIÓN DE LA BASE TEÓRICA

B.V2



**INDICE**

<b>OBJETIVO DEL MANUAL .....</b>	<b>151</b>
<b>UTILIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN .....</b>	<b>152</b>
<b>02.01 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>152</b>
<b>02.02 LO EXISTENTE .....</b>	<b>152</b>
<b>02.03 QUE ALCANZAR .....</b>	<b>153</b>
<i>02.03.01 Luz natural .....</i>	<i>153</i>
<i>02.03.01.a Parámetros de análisis: .....</i>	<i>154</i>
<i>02.03.01.b Cálculo de la luz natural .....</i>	<i>156</i>
- <i>Métodos de cálculo .....</i>	<i>156</i>
- <i>Herramientas de simulación para el cálculo .....</i>	<i>157</i>
<i>02.03.01.c La ventana como elemento de captación de luz natural .....</i>	<i>159</i>
<i>02.03.01.d El vidrio .....</i>	<i>159</i>
<i>02.03.01.e Materiales de revestimientos interiores. ....</i>	<i>160</i>
<i>02.03.02 Luz artificial .....</i>	<i>160</i>
<i>02.03.03 La luz en espacios expositivos. ....</i>	<i>160</i>
<b>02.04 MANERAS DE INTERVENCIÓN .....</b>	<b>162</b>

## OBJETIVO DEL MANUAL

---

Cuando abordamos una rehabilitación hay algunos pasos que son claves para llevarla a cabo de una manera óptima.

Cuando hablamos de una manera optima de rehabilitar, nos referimos a conseguir una rehabilitación en la que el edificio que se va a rehabilitar, cuando el proceso haya acabado, siga manteniendo su esencia, todo aquello que lo hace diferente y lo singulariza.

No hay una sola forma de rehabilitar, no hay un solo método válido, sino que hay muchas maneras de llevar a cabo la reutilización de un edificio, pero en este manual lo que se pretende es que conseguir ayudar proporcionando un método en el que el edificio rehabilitado, mantenga su esencia, mantenga las prestaciones que ofrecía en los momentos en los que empezaba su andadura.

Normalmente, cuando empezamos cuando empezamos nuestro aprendizaje para ser arquitectos, los profesores nos proporcionaban un método de trabajo para elaboración de los proyectos, unos parámetros a seguir para llegar a un resultado que se ajuste a las intenciones que tenemos para la elaboración de un elemento arquitectónico en un sitio, pero la rehabilitación es una camino más complejo.

Que mantener y que no, es decisión de cada uno, según la interpretación que se haga del edificio, pero estaremos de acuerdo en que lo que no debemos hacer nunca, es eliminar las prestaciones que el edificio por su propia naturaleza nos ofrece.

El manual pretende ser una especie de "libro de instrucciones" para la utilización de la información que se reúne en la tesis.

La rehabilitación es un tema muy amplio a abordar, pero esta tesis se ha centrado en uno muy concreto, la rehabilitación de arquitectura industrial con un uso expositivo.

Dado la gran cantidad de edificios que se rehabilitan de la arquitectura industrial hoy en día y que muchos de ellos se hacen con este uso, es importante destacar como justificación de la importancia de establecer unos parámetros, que muchas de estas rehabilitaciones, como hemos visto, no se explotan uno de las prestaciones más importantes de la arquitectura industrial, la gran cantidad de luz natural que tienen.

El objetivo por tanto de la tesis es por tanto el estudiar estos espacios y los sistemas de aprovechamiento de la luz natural y conseguir utilizar la iluminación en los espacios expositivos.

Este manual pretende clarificar como utilizar la información reunida y ser de ayuda para cualquiera que se disponga a hacer un proyecto de rehabilitación de un edificio industrial con un uso expositivo, siendo extrapolable a proyectos de rehabilitación que quieran hacer un uso eficiente y óptimo de la luz natural.

## UTILIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

---

### 02.01 INTRODUCCIÓN

El manual se estructura igual que el volumen II de base teórica, para ir aclarando cada uno de los puntos y extrayendo de una manera concluyente como aplicar cada apartado al método de trabajo. Por este motivo, en ciertos momentos este documento tomará partes de la base teórica, repitiendo información de la misma para poder aclarar de qué manera es útil para su aplicación en el ejercicio profesional, aunque en ocasiones resulte redundante, creemos que es necesaria la repetición de alguna ideas y de alguna información, para que así sea más clara su utilización.

Así mismo, este manual pretende ser conciso y claro, para ser lo más útil posible.

### 02.02 LO EXISTENTE

#### Evolución de las fábricas

Cada tipo de fábrica tiene unos elementos clave, cada una según la fecha en la que se haya construido, responde a unos cánones de la época que nos ayuda a detectar más fácilmente esos elementos clave, y por tanto la esencia del espacio industrial que se debe mantener.

Se debe usar la documentación disponible para poder clasificar el tipo de fábrica. Sabiendo la filosofía que regía su construcción, podremos detectar los puntos fuertes del espacio y mantenerlos.

Sabiendo el año de construcciones, el uso que tenía, que tipo de maquinaria o incluso su distribución del espacio nos puede dar pistas de que se debe respetar en los espacios de la fábrica.

En esta parte la tesis se presenta una breve evolución de la arquitectura industrial explicando los parámetros básicos de cada tipología. Muchas veces el edificio objeto de la rehabilitación, no estará encuadrado exactamente en una tipología concreta

de las que se presentan, pero sí en una época. Los avances que en ese momento se desarrollaban en la arquitectura industrial y los parámetros que seguían para su construcción nos ayudarán a sacar conclusiones fiables de nuestro propio edificio, detectando sus características importantes.

### **Evolución del hueco en fachada**

A pesar de que la arquitectura industrial es muy importante en la historia de la arquitectura, no está tan estudiada como debería, para poder realizar análisis muy exhaustivos de la evolución de sus huecos.

El hueco en la arquitectura industrial, a pesar de ser un elemento muy importante, no está muy estudiado, por lo que no apoyaremos en la evolución de la ventana en la arquitectura, de una manera genérica que nos ayudará a entender la función y los parámetros importantes de los huecos de la fábrica que nos ocupe en nuestra rehabilitación.

### **Evolución de los espacios expositivos**

Este apartado nos ayudará a comprender los espacios expositivos, su naturaleza y como ha ido cambiando a lo largo de su historia, así como su sensibilidad a la luz natural.

## **02.03 QUE ALCANZAR**

Cuando llegamos a este apartado de la tesis tenemos una serie de apartados que tienen como objetivo, por un lado introducir los objetivos y contenidos de QUE ALCANZAR, y por otro lado presentar unos conceptos básicos sobre la luz, para poder comprender y utilizar la información de los siguientes apartados.

Se tratan de los dos primeros apartados, que simplemente nos ayudan a introducirnos en la temática que nos ocupará en este apartado.

### **02.03.01 Luz natural**

El tercero de los apartados como veos en el guión presenta los parámetros de diseño con la luz natural, estos parámetros los usaremos ahora como parámetros de análisis.

Comprendido que la luz natural procede de tres fuentes distintas:

- Luz natural directa
- Luz solar indirecta, la reflejada por los edificios y los obstáculos exteriores
- Luz natural indirecta, aquella que procede de la reflexión de la luz natural directa reflejada por la atmósfera

Debemos tenerlo en cuenta para el cálculo de la luz natural que se introduce en el edificio, en las salas a rehabilitar, donde queremos hacer un uso óptimo de esta luz.

Debemos tener en cuenta la **temperatura de color** que tiene la luz natural según la hora del día: Puede variar de 2000 k a 10 000 k. Esta característica de la luz natural se debe tener en cuenta según las exigencias que tenga el espacio expositivo que se vaya a ubicar en la sala, pero deberemos conseguir que este cambio de color no afecte a las exposiciones, para así ofrecer la mayor flexibilidad para el tipo de exposiciones que se vayan a hacer en el espacio.

Como vemos en este apartado y antes de pasar al cálculo estricto de la luz natural debemos tener en unos parámetros generales en cuenta para el análisis del edificio a rehabilitar, en lo que a la luz natural se refiere.

#### **02.03.01.a Parámetros de análisis:**

Se debe resolver la incidencia directa del sol por lo que se debe analizar:

- Materiales de revestimiento interior: Coeficientes de absorción, reflexión y transmisión, con el objetivo de saber como modifica la luz en el interior los materiales. Estos revestimiento son objeto de modificación, por lo tanto es uno de los parámetros de diseño que se pueden desarrollar en una rehabilitación.
- Estudio de los huecos: Dimensiones del hueco, Posición de la ventana con respecto al espacio Y Acristalamiento (Parámetro sujeto a diseño)
- Estudio del material de los edificios colindantes :

El material de los edificios colindantes pueden modificar la temperatura de color de la luz incidente, su dirección y la luminancia reflejada según el coeficiente de absorción del material.

- Límite de profundidad. Línea sin cielo:

El límite de profundidad de una sala será el ancho óptimo que tendría que tener una sala para ésta pudiera estar iluminada suficientemente por luz natural, por lo tanto a través de esta fórmula podemos saber, según los huecos que tengamos en fachada el límite de profundidad que tendría que tener la sala, si la dimensión que existe en el espacio a rehabilitar



$$\frac{L}{W} + \frac{L}{H_w} < \frac{2}{(1-R_b)}$$

**L** = profundidad de la sala

**W**= anchura de la sala

**H<sub>w</sub>**=altura de la pared superior

**R<sub>b</sub>**= Reflectancia de las superficies

Lo que denominamos **línea sin cielo** es aquella línea a partir de la cual no se recibe luz del cielo directa.

En la determinación de la línea sin cielo, hay que tener en cuenta la parte superior de la ventana.

De ahí que la posición de la línea sin cielo puede variarse si se varía esta altura.

Se determina la línea de cielo según vemos en el gráfico en el apartado correspondiente en el volumen 2.

Nos es útil el cálculo de la línea sin cielo para determinar en qué puntos se debe controlar la entrada de luz incidente, como vemos en el apartado del caso práctico, que se apantalla la luz hasta el punto de línea sin cielo si se quiere evitar la luz incidente en la exposición.

- Estudio del recorrido del sol y ángulos de incidencia

Como vemos en la ilustración de este apartado, el sol tiene un recorrido u otro según la época del año, y varía su altura con respecto al edificio a estudiar a lo largo del día.

El estudio del recorrido que hace el sol en el lugar elegido para el control de la luz que se introducirá en el edificio es muy importante, por eso debe ser la primera información que se toma del lugar, en lo que a la luz natural se refiere.

**02.03.01.b Cálculo de la luz natural****- Métodos de cálculo**

Para el estudio de la luz interior de una manera más exhaustiva, tenemos dos formas de cálculo de la luz natural, por un lado estudiar una iluminación relativa, calculando el factor medio de luz natural y por otro lado, un método que no proporciona valores absolutos de iluminación.

En el apartado anterior, estudio del recorrido del sol, veíamos como el ángulo de incidencia, es importante, junto con la línea sin cielo, para conocer, hasta que punto de la sala entrará la luz y con qué ángulo, de esta manera podemos diseñar o determinar que tipo de apantallamiento se ha de utilizar.

**FACTOR DE ILUMINACIÓN NATURAL**

Si la intención es apantallar toda la incidencia de la luz natural, y lo que queremos saber es un valor promedio de de la iluminación que vamos a tener interior, es suficiente con el cálculo de factor de iluminación natural, que se calculará según los procedimientos descritos en el apartado correspondiente del volumen 2.

Si el acristalamiento, puede variar la entrada de luz que procede del exterior, y se quiere tener en cuenta, para ser más exhaustivo en la medida, se ha de hacer, mediante la fórmula que se indica en el mismo apartado.

Atendiendo a la reflexión que se hace en dicho apartado, debemos entender que el factor de iluminación, al ser un porcentaje, según el lugar en el que estemos, y la iluminación exterior que tenga el lugar, así será el porcentaje, es decir, no es lo mismo un 2% de 60 lux, que un 2% de 2000lux.

**MODELOS DE CIELO**

El dato anterior únicamente nos daba valores suponiendo que el cielo siempre esta cubierto.

Si para la rehabilitación que nos ocupe, es importante saber exactamente, por la solución que se quiere dar, o por la exigencia de la zona expositiva y lo que expone, se hará un cálculo más exhaustivo, que es calcular la iluminación natural para cada uno de los cielos estandarizados.

El procedimiento es mucho más complejo, como podemos ver, pero la precisión es mayor, por si se quiere, hacer un aprovechamiento muy ajustado de la luz natural y se quiere controlar mucho el de nivel de iluminación interior natural que hay en las salas.

En cualquier caso, como diremos en siguientes apartados, la luz natural, únicamente serviría para cubrir la iluminación del ambiental, por la dificultad de controlar los múltiples casos que se pueden dar a lo largo del año y del día de la luz natural.

- **Herramientas de simulación para el cálculo**

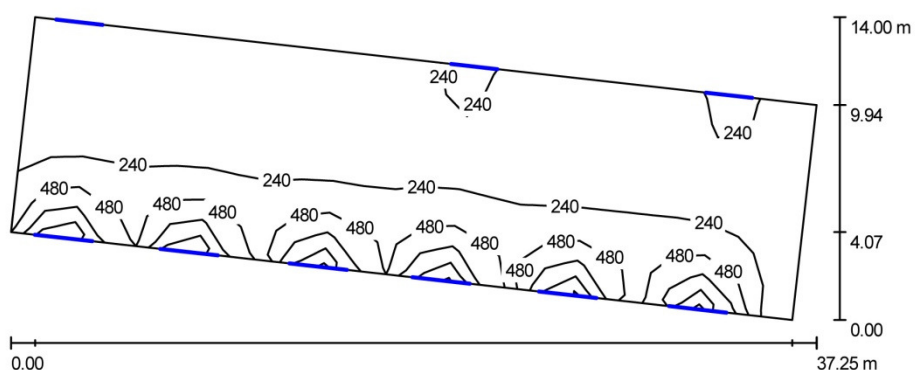
• **Maqueta real y el Heliodón.**

Siguiendo las instrucciones de la base teórica se realiza un heliodón portable para poder realizar los estudio pertinentes de la entrada de luz en un espacio interior valiéndonos de una maqueta a escala del espacio que queramos estudiar.

• **Maqueta virtual.**

El estudio de la maqueta real se puede apoyar con el estudio mediante maqueta virtual. Mediante programa informática y a raíz de esta maqueta virtual podemos obtener los siguientes datos:

**LOCAL / Escena de luz diurna / Resumen**



Altura del local: 5.300 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:267

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	272	45	1201	0.164
Suelo	20	247	52	789	0.212
Techo	70	93	44	186	0.470
Paredes (4)	50	79	12	357	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 25 x 7 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

Escena de luz diurna pura, sin participación de luminarias.

**LOCAL / Escena de luz diurna / Resultados luminotécnicos**

Flujo luminoso total: 0 lm  
 Potencia total: 0.0 W  
 Factor mantenimiento: 0.80  
 Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	201	71	272	/	/
Suelo	172	75	247	20	16
Techo	0.00	93	93	70	21
Pared 1	0.02	80	80	50	13
Pared 2	20	77	97	50	15
Pared 3	7.18	54	61	50	9.72
Pared 4	43	83	126	50	20

Simetrías en el plano útil  
 $E_{\min} / E_{\max}$ : 0.164 (1:6)  
 $E_{\min} / E_{\max}$ : 0.037 (1:27)

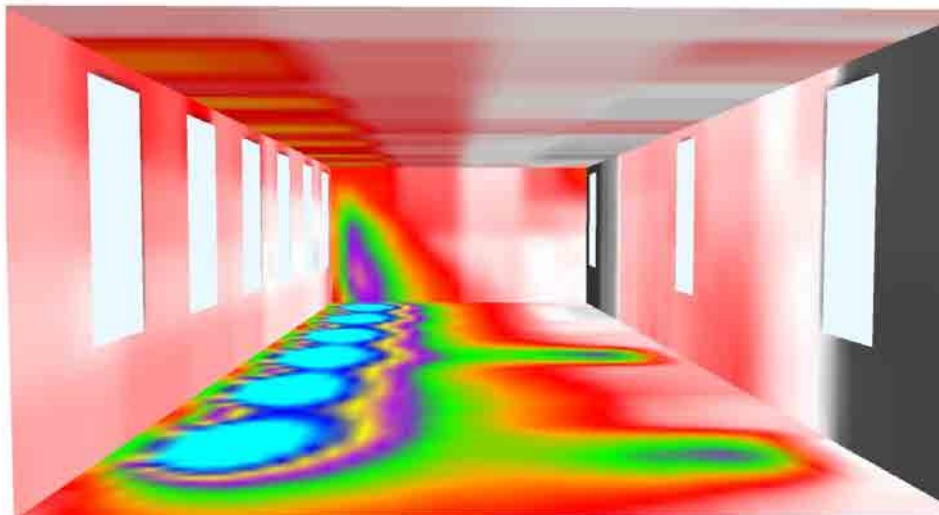
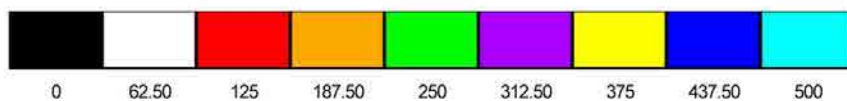
Valor de eficiencia energética:  $0.00 \text{ W/m}^2 = 0.00 \text{ W/m}^2 / \text{lx}$  (Base:  $363.60 \text{ m}^2$ )

**LOCAL / Escena de luz diurna / Rendering (procesado) en 3D**

B.V2



**LOCAL / Escena de luz diurna / Rendering (procesado) de colores falsos**



B.V2

**02.03.01.c La ventana como elemento de captación de luz natural**

Dado que la ventana en un edificio de rehabilitación, en principio nos viene, dada, y partiendo de la premisa de que no vayamos a modificar los huecos, sus características debemos estudiarlas para comprender, según dimensiones, posición en el muro, si es lateral o en cambio está en cubierta.

Estas características nos darán el tipo de luz que entrará en el espacio, por lo que es importante hacer un estudio exhaustivo del hueco, ya que tanto carpinterías como acristalamientos, son de los pocos elementos en los que podemos intervenir, cuando hablamos del hueco.

Así mismo, debemos tener en cuenta unos parámetro básicos que se contemplan en el apartado. Sabiendo al orientación, podemos determinar, el nivel de luminosidad, la constancia o no constancia de la luz y la ganancia de energía que supondrá.

**02.03.01.d El vidrio**

Los vidrios pueden modificar en gran medida la luz que entra a un espacio.

Podemos, por un lado, mantener los acristalamientos, si se establece en el proyecto y es posible el cumplimiento de las normativas, por lo que en este caso, únicamente, habría estudiar el tipo de vidrio y conocer las variaciones que puede ejercer sobre la luz natural.

Si el vidrio es uno de los parámetros a diseñar, la elección del vidrio se debe hacer acorde a las modificaciones que queramos que haga de la luz.

Se proponen una amplia gama de vidrios en apartado y se especifica los que tienen propiedades que alteran la luz, así mismo se indica las características básicas de un vidrio, para que sepamos que parámetros podríamos conocer para un diseño óptimo.

En el caso práctico se ha decidido, prescindir del control de la luz por el vidrio, utilizando en todo momento un vidrio translucido de características convencionales.

#### **02.03.01.e Materiales de revestimientos interiores.**

Este apartado es importante, ya que es uno de los parámetros para la variación de la luz natural en el interior, que se puede modificar normalmente desde el estado original, normalmente además por el estado de los revestimientos de los edificios industriales, que debido al uso, están siempre en malas condiciones.

Como se apunta en el apartado correspondiente, la luz natural que entra en una sala se ve modificada por los revestimientos, según su absorción, reflexión o transmisión.

Por lo que se hace un primer repaso a los conceptos importantes para el estudio de las características de los materiales que se han de poner en los paramentos de las salas.

Así mismo, se da una relación de los materiales que ofrecen según que tipos de modificaciones de la luz natural, por lo que el procedimiento en este paso es determinar según las características, el que se ajusta mejor a nuestras necesidades.

#### **02.03.02 Luz artificial**

Este apartado es meramente por contextualizar la iluminación que ha de utilizarse en caso de que la luz natural no sea suficiente para dar servicio al espacio, pero no es objeto de esta tesis.

#### **02.03.03 La luz en espacios expositivos.**

Para la iluminación de un espacio expositivo se debe para empezar, estudiar:

- La luz natural existente en el museo
- Análisis morfológico del espacio expositivo y su relación con la luz natural a través de los elementos de interacción con el exterior.
- Los efectos de incidencia, difusión y difracción de la luz a partir de los elementos exteriores naturales y artificiales.

- Los HUECOS: Espacios naturales del discurrir de la interrelación de la luz natural con el espacio interior.

El estudio de la entrada de la luz natural por los huecos es la base para desarrollar la iluminación de un espacio expositivo.

En el aparatado que estamos tratando, explica el procedimiento de iluminación de un espacios expositivo en el caso de que se conozca las exposición que va a tener.

Por lo tanto debemos extrapolar las partes de procedimiento que nos sirva para determinar la luz que se puede introducir en el espacios expositivo.

El resto de los porcedimiento los debemos tener en cuenta para conocer las cosas que deben ser flexibles para que el proyectista de la la iluminación en cada exposición pueda adecuarla a las necesidades concretas de la misma.

Por lo tanto, deberemos desarrollar los siguientes planos.

- Cartografía con:

1. MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE LA LUZ

Sobre superficies y alzados del espacio.

2. PLANOS DE CURVAS DE ISOILUMINACIÓN.

Diferentes intensidades de la luz a lo largo y ancho del espacio.

Estos planos nos sirven para estudiar los apantallamientos que debemos utilizar en las salas, que sea flexibles.

En la iluminación de un mismo espacio expositivo, se ha de conseguir:

- Igualar las calidades de la luz irradiada por las fuentes luminosas
- No mezclar fuentes luminosas de diferentes características, esto facilitará la iluminación.
- Iluminación homogénea

Como vemos en el apartado existen además tres tipos de iluminación según lo que se quiere iluminar del edificio expositivo o museo.

**Nivel A: Iluminación ambiental y de tránsito**

**Nivel B: Iluminación de módulos y elementos expositivos**

**Nivel C: Iluminación o micro-iluminación de piezas.**

La conclusión que sacamos, conociendo la naturaleza de la luz natural, es que únicamente puede dar servicio a la iluminación ambiental y de tránsito de los espacios expositivos, pero debe cumplir unas premisas para no intervenir negativamente en el resto de las iluminaciones.

#### **NIVEL A: Iluminación ambiental y de tránsito.**

Este tipo de iluminación debe alcanzar los siguientes objetivos:

- *Conseguir una iluminación que resalte la arquitectura del edificio.*
- *Permitir una fácil visión en la entrada a un espacio expositivo.*
- *Realzar el volumen, diseño y colores de los grandes elementos expositivos.*
- *No interferir en ningún momento ni dificultar la lectura y observación de carteles, monitores u objetos. La visión de las vitrinas o contenedores, e impedir la creación de sombras inapropiadas sobre piezas o elementos expositivos.*

Para conseguir estas características, debemos seguir las premisas establecidas en el apartado correspondiente y adecuar los apantallamientos estas restricciones.

#### **02.04 MANERAS DE INTERVENCIÓN**

Este apartado quiere aportado un análisis a distintos referentes de intervenciones en patrimonio industrial, con un uso museístico o expositivo.

El análisis de estos referentes, nos muestra que tipo de intervenciones se han hecho. A parte de funcionar como un apartado didáctico de cómo intervenir en algún caso o a juicio de los usuarios, de no intervenir, nos da un estado del arte en la materia que hemos tomado como centro de la tesis, la luz en la rehabilitación de fábricas como espacios expositivos.

Las conclusiones de este apartado, que encontraremos en la base teórica nos aportan una visión y unas conclusiones que nos pueden servir mucho a la hora de saber cómo se ha analizar otras intervenciones que conozcamos, para extrapolar de ellas respuestas de intervención.

Además este apartado nos aporta un visión práctica del estado del arte que se presenta al principio de la tesis, siendo mucho más ilustrativo que la teoría.



B. VOLÚMENES  
VOLUMEN 3: CASO PRÁCTICO. TABAKALERA

B.V3



**INDICE**

<b>01 INTRODUCCIÓN</b> .....	165
<b>02 LO EXISTENTE</b> .....	165
<b>03 QUE ALCANZAR</b> .....	167
03.03.01 Luz natural .....	167
03.01.a Parámetros de análisis.....	167
- Clima y meteorología del emplazamiento:.....	167
- Materiales de revestimiento interior: .....	167
- Estudio de los huecos: .....	167
- Estudio del material de los edificios colindantes :.....	169
- Límite de profundidad. Línea sin cielo:.....	169
- Estudio del recorrido del sol y ángulos de incidencia.....	170
03.03.01.b Cálculo de la luz natural .....	173
1. Maqueta real a escala.....	174
2. Maqueta virtual.....	175
03.03.01.c La ventana como elemento de captación de luz natural.....	179
03.03.01.d El vidrio.....	179
03.03.02 Luz artificial.....	180
03.03.03 La luz en espacios expositivos .....	180

<b>03.04 PRESENTACIÓN DE ESTUDIO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>182</b>
03.04.01 Fase de experimentación de diferentes posibilidades .....	182
03.04.02 Propuesta de apantallamiento para el caso tabakalera .....	189
03.04.03 Conclusiones.....	205

## 01 INTRODUCCIÓN

El volumen tres que nos ocupa trata de aplicar el manual que se ha desarrollado en el volumen dos para la utilización de la información del volumen uno .

Por lo tanto la estructura de este volumen sigue los pasos del manual que se han estudiado del caso Tabakalera, para presentarlo como ejemplo de investigación y aplicación de un método establecido en esta tesis, para el aprovechamiento de la luz natural en los espacios expositivos de fábricas rehabilitadas.

Aunque presentado como el paso final, la rehabilitación de la fábrica de Tabacos de San Sebastián fue la base para ir descubriendo el método y la descubrir que información era necesaria para llevar a cabo el propósito, por lo tanto es base y ejemplo del manual y la información que se redactan en los volúmenes anteriores.

## 02 LO EXISTENTE

El caso de Tabakalera se trata de un proyecto de rehabilitación, en el que se rehabilita la antigua Fábrica de Tabacos de San Sebastián. Este edificio construido entre 1888 – 1913, podemos marcarlo como un ejemplo de fábrica en altura.

Si lo observamos, concentra los rasgos que definen la arquitectura propia de esta época, recordando los rasgos de los que apuntábamos de una estética inspirada en la arquitectura monumental, como grandes puertas de entrada y escaleras imperiales en el centro del edificio como espacio de distribución a todas las zonas “nobles” del edificio, así como la conexión con las salas de trabajo.

Se reconoce la preocupación por la ventilación y la iluminación con la introducción de los 4 patios que permiten una mejor ventilación de las salas, y una mayor entrada de luz. El carácter simétrico parece que recordará a las antiguas fábricas reales, así como la axialidad.

Debido a la importancia que adquiere en este edificio, la ventilación y luz , el caso perfecto para tomar como tipo para diseñar un mecanismo que solucione el control de esta luz natural en este tipo de espacio, pretendiendo que sirva como modelo extrapolable a otros edificios industriales.

El nuevo uso será un Centro de cultura contemporánea, y dentro de este uso, parte de sus salas serán espacios de exposición.



El edificio está conformado a partir de cuatro patios entorno a los que se levantan las salas en 4 plantas además de una planta sótano lo que nos da en total 5 plantas de edificio, teniendo en ocasiones 6, por las entreplantas que se forman en algunas salas, permitido por las grandes alturas en las que se desarrollan las plantas.

A excepción de la planta sótano y la planta tercera, las otras plantas, baja primera y segunda, repiten una planta tipo, que como vemos en la imagen anterior se compone a partir de salas longitudinales entorno a los patios, con salas cuadradas en los extremos.

El cuerpo central de la fábrica en esta planta contiene diversas salas pequeñas, además de las zonas de entrada al edificio, y las escaleras principales del edificio. Estas piezas no será objeto de estudio por no reunir las características buscadas para un espacio expositivo.

Los patios son espacios diáfanos de luz cenital, mientras que las salas cuadradas son espacios en los que la luz nos llega desde dos orientaciones diferentes y exteriores, lo que dificultará el estudio de la luz en estos espacios para su control.

Las salas longitudinales que las encontramos en todas las orientaciones del edificio, siempre tiene dos entradas de luz, ya que a ambos lados tiene hilera de ventanas, pero una de ellas siempre da al patio lo que supone que la luz que entra por ellas siempre es luz más controlada o en el caso de la planta baja prácticamente difusa, ya que el espacio patio no es abierto como en las plantas superiores.

La intención del proyecto que se desarrolla en Tabakalera es la "DESVESTIR SIN DESNUDAR" es decir, se ha de intervenir adecuado los espacios para los nuevos usos pero sin despojar al edificio de su carácter industrial que tiene, de mantenerse el aire fabril, que posee, por lo que el mecanismo diseñado se adecuará a esta intención, interviniendo en los huecos de una manera sutil y respetuosa con el edificio.

## 03 QUE ALCANZAR

### 03.03.01 Luz natural

#### 03.01.a Parámetros de análisis

- Clima y meteorología del emplazamiento:

El edificio está situado en la ciudad de San Sebastián en el norte del País Vasco que tiene un clima oceánico, con lluvia abundante en cualquier época del año. La temperatura media anual de unos 15°C, las temperaturas de invierno se sitúan entre los 18°C y los 20°C y en verano llega a temperaturas de hasta los 35°C, teniendo un clima húmedo.

- Materiales de revestimiento interior:

Los materiales actuales de la fábrica son pavimentos de hormigón en su planta baja y pavimentos de madera en las salas superiores de donde vamos a elegir la sala modelo para la intervención.

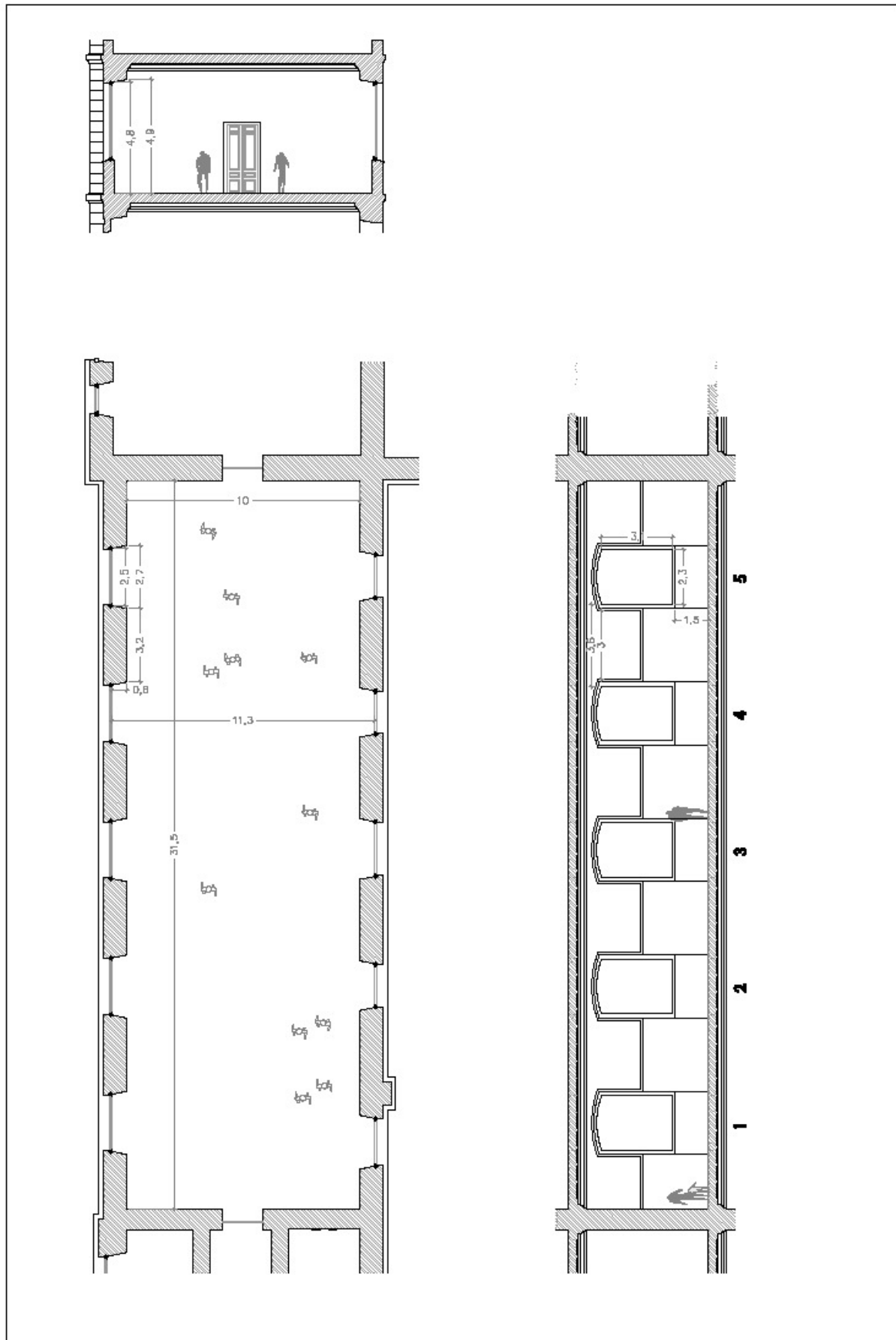
En las paredes en la mayor parte de ellas existe un azulejado, que tiene un acabado mate, por lo tanto no refleja la luz de la misma forma que acabado en brillo.

Por otro lado los techos, que se mantendrán tiene un acaba en en blanco, de una techo de líneas abovedadas, que ayudaran a que la luz se difumine más en la sala.

- Estudio de los huecos:

Se muestra a continuación los huecos, dimensiones, posición. Que tiene la sala seleccionada como tipo, en los siguientes planos.

B.V3



LUZ FABRIL  
en espacios expositivos

ESTUDIO DE LUZ NATURAL, estado actual  
sala tipo seleccionada 1:150

CASO TABAKALERA



## Luz fabril en espacios expositivos

### - Estudio del material de los edificios colindantes :

El edificio únicamente en uno de sus lados tiene un edificio que hay que tener en cuenta por reflexiones de luz natural.

En el lateral sur de la fábrica donde se situaban el almacén de la fábrica, hoy en día demolido, se situará un muro de contención y un cerramiento con un acabado de hormigón, por lo que supone que, la mayor parte de la luz natural que recibe este elemento, es absorbido por el, por lo que no tendremos en cuenta luz natural procedente de la reflexiones de los edificios colindantes.

### - Límite de profundidad. Línea sin cielo:

La línea de cielo de la sala escogida se calcula a partir de una maqueta real de la misma.

Luz invierno



B.V3

Luz verano



- Estudio del recorrido del sol y ángulos de incidencia

En la provincia de Guipúzcoa, debido a las construcciones hacinadas en el fondo de valles sombríos, provoca que la insolación en los espacios de estas construcciones no tuvieran demasiada luz natural, a ello debemos sumarle el hecho de que esta provincia, como todo el País Vasco se caracteriza por tener los cielos de manera frecuente nubosos, lo que impide, que aún teniendo una buena colocación para el aprovechamiento de la luz natural, este aprovechamiento no este garantizado.

Según datos recogidos en el observatorio de Igueldo la nubosidad varía por término medio entre el 60% de cielo cubierto en julio, al 74% del cielo cubierto en Enero.

Dado el marcado relieve del País Vasco, hace que las diferencias de insolación durante las primeras y las últimas horas de día sean grandes en áreas próximas entre sí, debido a las sombras creadas por la topografía. Como en invierno el sol no se eleva en esta latitud más de 25ª sobre el horizonte, es fácil encontrar lugares, incluso habitados, que en esa estación no reciben nunca el sol directamente. En San Sebastián, los montes y colinas provocan algunas diferencias de insolación en los barrios, las playas y otras zonas de esparcimiento.

Con ayuda de un sistema gráfico móvil ideado por E. Baines, que procura la lectura instantánea del acimut y de la altura del sol en cualquier momento día y lugar del globo, podemos conocer con un error despreciable en nuestro caso, la altura y el acimut del sol en San Sebastián en los solsticio desde que amanece hasta que anochece. En las tablas siguiente se recogen los datos en intervalos de 20 minutos. El error posible en los horarios es así 10 minutos como máximo.

<b>Cuadro 1: Acimut y altural del sol en el solsticio de invierno.</b>			<b>Cuadro 2: Acimut y altura del sol en el solsticio de verano.</b>		
<u>Hora (GMT)</u>	<u>Acimut</u>	<u>Altura</u>	<u>Hora (GMT)</u>	<u>Acimut</u>	<u>Altura</u>
7h.30'	122°	0.5°	4h.30'	57°	1.5°
7h.50'	125°	2.5°	4h.50'	61°	4.5°
8h.10'	129°	5°	5h.10'	64°	7.5°
8h.30'	132°	7.5°	5h.30'	67°	10.5°
8h.50'	136°	10.5°	5h.50'	70°	13.5°
9h.10'	140°	13°	6h.10'	74°	16.5°
9h.30'	144°	15°	6h.30'	77°	20°
9h.50'	149°	17°	6h.50'	80°	24°
10h.10'	153°	19°	7h.10'	83°	28°
10h.30'	158°	20.5°	7h.30'	86°	32°
10h.50'	162°	21.5°	7h.50'	90°	35.5°
11h.10'	167°	22.5°	8h.10'	93°	38.5°
11h.30'	172°	23°	8h.30'	97°	41.5°
11h.50'	177°	23.5°	8h.50'	101°	45°
12h.10'	183°	23.5°	9h.10'	105°	49°
12h.30'	188°	23°	9h.30'	111°	52.5°
12h.50'	193°	22.5°	9h.50'	116°	55.5°
13h.10'	198°	21.5°	10h.10'	122°	58°
13h.30'	202°	20.5°	10h.30'	130°	60°
13h.50'	207°	19°	10h.50'	138°	62°
14h.10'	211°	17°	11h.10'	149°	64.5°
14h.30'	216°	15°	11h.30'	161°	67°
14h.50'	220°	13°	11h.50'	174°	69°
15h.10'	224°	10.5°	12h.10'	186°	69°
15h.30'	228°	7.5°	12h.30'	199°	67°
15h.50'	231°	5°	12h.50'	211°	64.5°
16h.10'	235°	2.5°	13h.10'	222°	62°
16h.30'	238°	0.5°	13h.30'	230°	60°
16h.50'	241°	0°	13h.50'	238°	58°
			14h.10'	244°	55.5°
			14h.30'	249°	52.5°
			14h.50'	255°	49°
			15h.10'	259°	45°
			15h.30'	263°	41.5°
			15h.50'	267°	38.5°
			16h.10'	270°	35.5°
			16h.30'	274°	32°
			16h.50'	277°	28°
			17h.10'	280°	24°
			17h.30'	283°	20°
			17h.50'	286°	16.5°
			18h.10'	290°	13.5°
			18h.30'	293°	10.5°
			18h.50'	296°	7.5°
			19h.10'	299°	4.5°
			19h.30'	303°	1.5°
			19h.50'	305°	0°

Debido a que el terreno en que sea asienta San Sebastián no es demasiado abrupto, no se aprecian diferencias de insolación muy radicales entre unas zonas y otras.

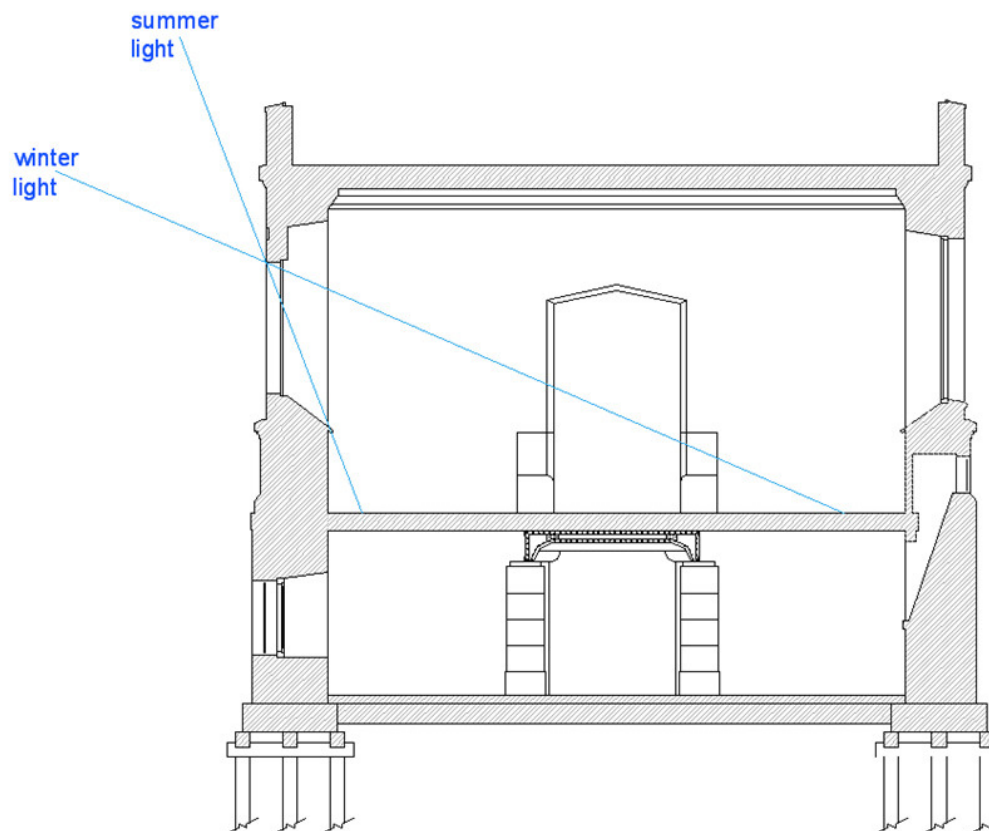
Los montes de la ciudad, Igueldo, Urgull y Ulúa, presentan situaciones opuestas ya sea invierno o verano. En invierno las laderas que dan al norte son muy sombrías. Los acantilados de Igueldo y algunas zonas de Urgull y Ulúa pueden incluso no recibir ninguna insolación directa. Por el contrario, las laderas sur tienen una insolación potencial máxima:

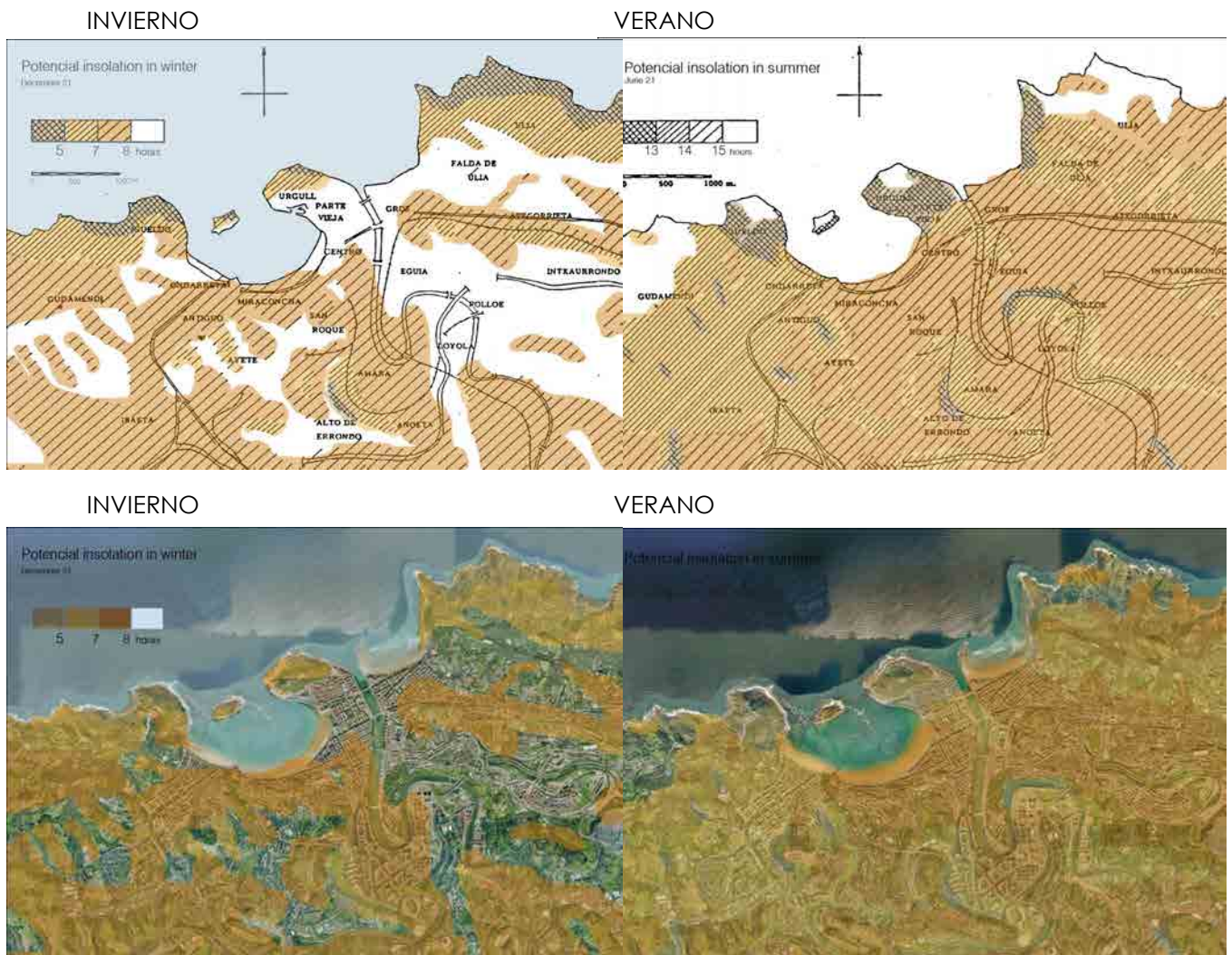
entre 8 y 9 horas. Están así muy bien soleadas las faldas de Guadamendi-Iguaeldo, la Parte Vieja y la Falda de Ulía. Se exceptúan algunas zonas cóncavas o abarrancadas.

Por el contrario, en verano, las zonas de insolación potencial máxima, más de 15 horas de duración de sol, corresponden a las laderas norte de estos montes. Desde una parte del Paseo Nuevo (norte de Urgull) se puede contemplar el recorrido del sol desde su salida hasta su puesta en el mar.

Todo este estudio nos ayuda a comprender en que situación solar se encuentra el edificio de Tabakalera, en cuanto a las horas de insolación que recibe, lo que, combinado con las diferentes inclinación según la hora del día, de la entrada de luz en los espacios, nos proporciona la información necesaria para poder realizar estudios de luz de cada una de las salas, pudiendo establecer un patrón de entrada de luz en el edificio, que se pueda controlar con un tipo de carpintería.

B.V3





### 03.03.01.b Cálculo de la luz natural

Del estudio de cada sala extraemos los valores lumínicos que se debe controlar en cada sala y que debe hacer la carpintería para tamizarla y orientarla para que se adecúe a las necesidades posibles de una exposición.

Con este procedimiento podremos llegar a diseñar un mecanismo que pueda orientar su componente según la orientación de la sala y los requerimientos lumínicos del uso para que sea adecuado y la luz natural consiga un menor consumo de luz artificial, por lo tanto mayor eficiencia energética del edificio.

Este mecanismo se diseñará de tal forma que también se permita la ventilación natural de la sala de una manera controlada, ya que las condiciones térmicas de los espacios expositivos también son específicas en muchos casos para la buena conservación de la obras, el introducir la luz natural en estos espacios introduce más calor en ellos lo que se puede contrarrestar con esta ventilación.

El objetivo es que la luz natural que entre en los espacios consigan dar servicio a las necesidades de iluminación de Nivel A: Iluminación ambiental y de tránsito, dejando los niveles b y c, Nivel B: Iluminación de módulos y elementos expositivos; y Nivel C: Iluminación o micro-iluminación de piezas, que se solucionen con luz artificial.

Se selecciona una sala para poder centro el estudio, esta sala es la que peores condiciones tiene a nivel de orientación y para el apantallamiento de luz natural, ya que se sitúa en el lado sur del edificio.

La luz natural que entra en las salas se estudia de 2 formas diferentes:

1. Maqueta real a escala.
2. Maqueta virtual.

### 1. Maqueta real a escala. 1:20.



Luz invierno



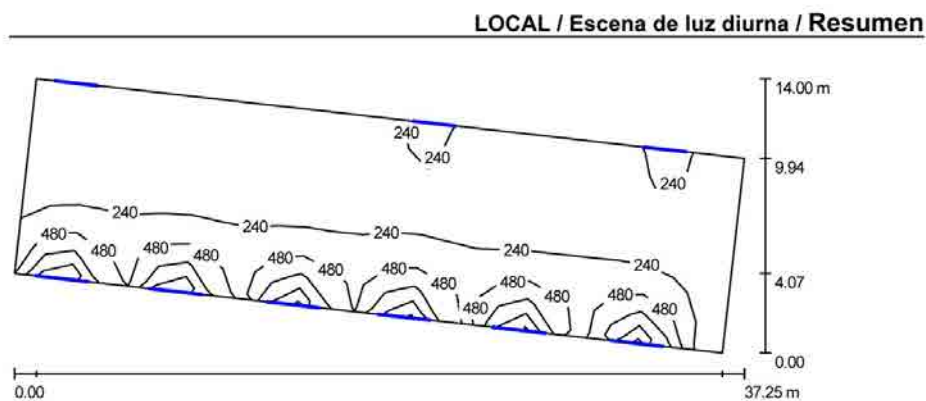
Luz verano

## 2. Maqueta virtual.

Se crea una maqueta virtual de una de las salas que reúne los datos más desfavorables con respecto a la incidencia solar. Introduciendo en el programa los datos que hemos recogido de las inclinaciones de incidencia del sol en San Sebastián, aplicados al edificio de Tabakalera, así como las horas de insolación del edificio obtenemos diferentes entradas de luz natural, según sea cielo nublado, cielo despejado o cielo parcialmente nublado.

Aquí podemos ver un ejemplo de los datos que proporciona la maqueta virtual:

### CIELO CUBIERTO



Altura del local: 5.300 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:267

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	272	45	1201	0.164
Suelo	20	247	52	789	0.212
Techo	70	93	44	186	0.470
Paredes (4)	50	79	12	357	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 25 x 7 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

Escena de luz diurna pura, sin participación de luminarias.

### LOCAL / Escena de luz diurna / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 0 lm  
Potencia total: 0.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	201	71	272	/	/
Suelo	172	75	247	20	16
Techo	0.00	93	93	70	21
Pared 1	0.02	80	80	50	13
Pared 2	20	77	97	50	15
Pared 3	7.18	54	61	50	9.72
Pared 4	43	83	126	50	20

**Simetrías en el plano útil**

$E_{min} / E_m$ : 0.164 (1:6)  
 $E_{min} / E_{max}$ : 0.037 (1:27)

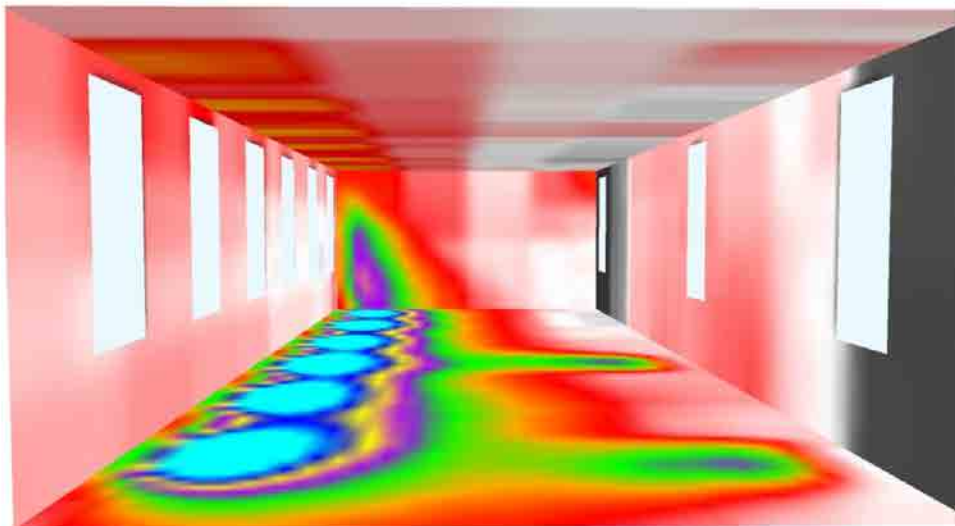
Valor de eficiencia energética: 0.00 W/m<sup>2</sup> = 0.00 W/m<sup>2</sup>/ lx (Base: 363.60 m<sup>2</sup>)

**LOCAL / Escena de luz diurna / Rendering (procesado) en 3D**



B.V3

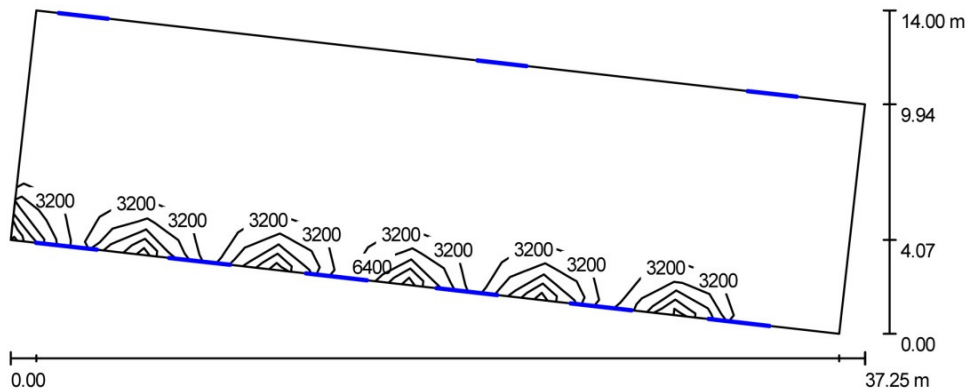
**LOCAL / Escena de luz diurna / Rendering (procesado) de colores falsos**





**CIELO DESPEJADO**

**LOCAL / Escena de luz diurna / Resumen**



Altura del local: 5.300 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:267

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	1421	180	15860	0.127
Suelo	20	1334	195	16726	0.146
Techo	70	414	206	1160	0.497
Paredes (4)	50	492	76	25338	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 25 x 7 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

Escena de luz diurna pura, sin participación de luminarias.

B.V3

**LOCAL / Escena de luz diurna / Resultados luminotécnicos**

Flujo luminoso total: 0 lm  
Potencia total: 0.0 W  
Factor mantenimiento: 0.80  
Zona marginal: 0.000 m

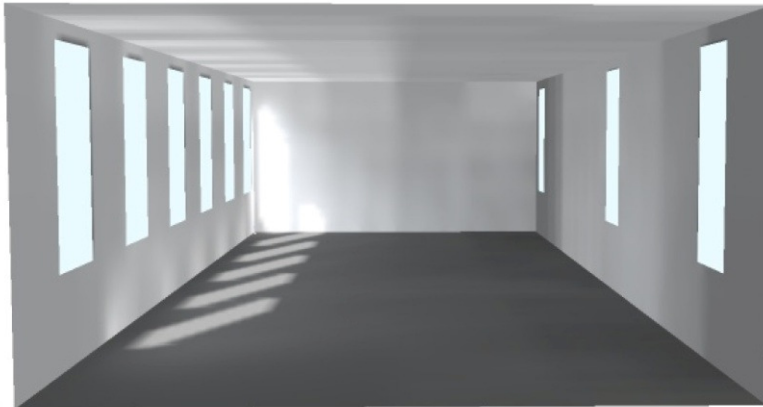
Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m <sup>2</sup> ]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	1120	301	1421	/	/
Suelo	998	336	1334	20	85
Techo	0.00	414	414	70	92
Pared 1	0.02	459	459	50	73
Pared 2	30	306	337	50	54
Pared 3	44	191	235	50	37
Pared 4	1331	374	1705	50	271

**Simetrías en el plano útil**

$E_{min} / E_m$ : 0.127 (1:8)  
 $E_{min} / E_{max}$ : 0.011 (1:88)

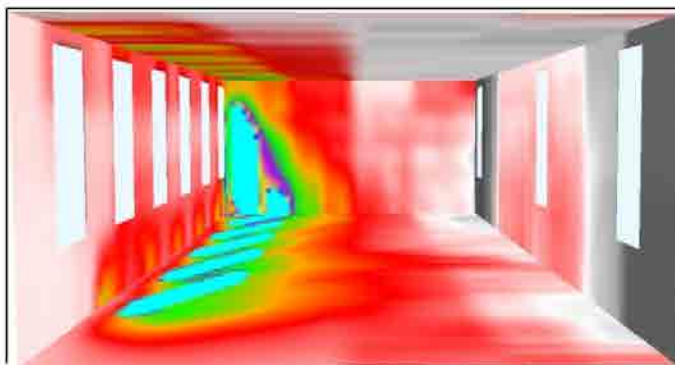
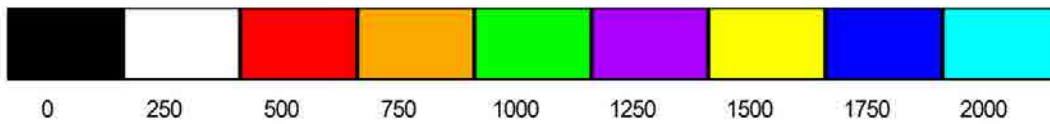
Valor de eficiencia energética: 0.00 W/m<sup>2</sup> = 0.00 W/m<sup>2</sup>/ lx (Base: 363.60 m<sup>2</sup>)

**LOCAL / Escena de luz diurna / Rendering (procesado) en 3D**



B.V3

**LOCAL / Escena de luz diurna / Rendering (procesado) de colores falsos**



**03.03.01.c La ventana como elemento de captación de luz natural**

El edificio tiene una tipología de ventana muy grande, siendo en su mayor parte el acristalamiento original pavés, para permitir la entrada de luz, pero imposibilitar la distracción de los trabajadores con el exterior. Estas ventanas tienen como vemos en los planos originales, prácticamente en todos sus casos, por el interior una línea superior curvada.

Estos huecos, de 3 metros de altura, consiguen, debido a su dimensión introducir muchísima luz en el espacio, y lo hace desde la parte superior de la sala, lo que supone, mayor entrada de luz, que si situarían en una posición más baja. En la mayor parte del edificio, los huecos a pesar de quedarse a 1,5 de altura con respecto al suelo vemos que el rebaje se continua hasta el suelo, pero en la planta baja esto no pasa y debajo del hueco se recupera el grosor del muro, 1 m, en su mayor parte.

Las ventanas se repiten con las mismas dimensiones en todas las salas del edificio en las plantas superiores, mientras en la planta baja están divididas en muchas salas.

Estos huecos, en el caso de verano con el propio grosor de los muros, se consigue el apantallamiento de la luz incidente natural.

**03.03.01.d El vidrio**

Como hemos dicho las ventanas de la Tabakalera en su mayor parte tiene un acristalamiento de pavés. Pero se elimina. En este caso de rehabilitación que nos ocupa, no se va a contar con el vidrio para apantallar parte de la luz natural, ya que se colocará como solución vidrio transparente, que tiene una transmisión de luz de un 70%, es decir un 70% de transmitancia.

Los vidrios translucidos permite una gran entrada de luz, es decir tiene una alta transmisión, pero también un alto factor solar, por lo que además de un control lumínico, se debe hacer un control térmico. En caso de querer solucionar esta entrada de calor al interior, se podría tratar el vidrio transparente, se modifica la superficie añadiéndole capas de óxidos metálicos, modificando las condiciones de reflexión del vidrio, eliminando así la transmisión de calor al interior.

Aunque en este caso, se ha seleccionado un vidrio normal transparente, podríamos proponer también un vidrio laminado, su sistema constructivo se hace a partir de varias láminas de vidrio con una lamina plástica entre ellas que le proporciona mayor resistencia, dentro de este tipo vidrios se engloban los vidrios de protección contra la radiación ultravioleta, ya que se hacen la misma forma, pero estos vidrios incrementan el precio de la solución, pudiendo eliminar la luz incidente con los apantallamientos propuestos en la solución.

### **03.01.05. Materiales de revestimientos interiores.**

Los materiales que se mantendrán en la rehabilitación únicamente será el del techo, ya que se modificará el acabado y se podrá en algunas partes mortero autonivelante, acabado similar al hormigón y madera. Lo que supone que se producirá una dispersión de la luz difusa.

En cuanto a los materiales de las paredes serán pinturas o en su defecto acabados de pladur, por lo que tendrá un acabado de pintura, lo que supone una dispersión de difusión ancha.

### **03.03.02 Luz artificial**

Este apartado es meramente por contextualizar la iluminación que ha de utilizarse en caso de que la luz natural no sea suficiente para dar servicio al espacio, pero no es objeto de esta tesis.

### **03.03.03 La luz en espacios expositivos**

Para la iluminación de un espacio expositivo se debe para empezar, estudiar:

- La luz natural existente en el museo, en este caso del edificio existentes. TABAKALERA.
- Análisis morfológico del espacio expositivo y su relación con la luz natural a través de los elementos de interacción con el exterior, estudio que hemos desarrollado a través de los pasos anteriores.
- Los HUECOS: Espacios naturales del discurrir de la interrelación de la luz natural con el espacio interior, que hemos descrito anteriormente, mediante planos y memoria.

Para el desarrollo exhaustivo de la solución para el apantallamiento de la luz para dar soluciones para unos espacios expositivos, se debe hacer unos planos concretos, que hemos hecho gracias a la maqueta virtual de la sala.

#### 1. MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE LA LUZ

Sobre superficies y alzados del espacio.

#### 2. PLANOS DE CURVAS DE ISOILUMINACIÓN.

Diferentes intensidades de la luz a lo largo y ancho del espacio.

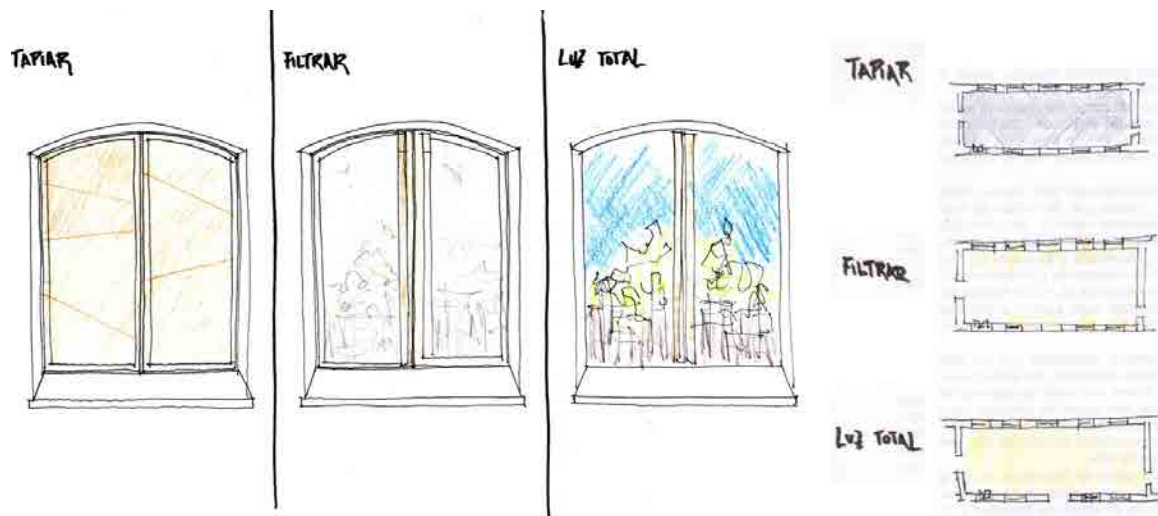
Al final de este apartado se incluirán estos planos en cada uno de los casos posibles de cielo.

El objetivo del estudio y de apantallamiento diseñado es dar servicio al espacio expositivo para cubrir el nivel A de la iluminación de este tipo de espacios.

**NIVEL A: Iluminación ambiental y de tránsito.**

Este tipo de iluminación debe alcanzar los siguientes objetivos:

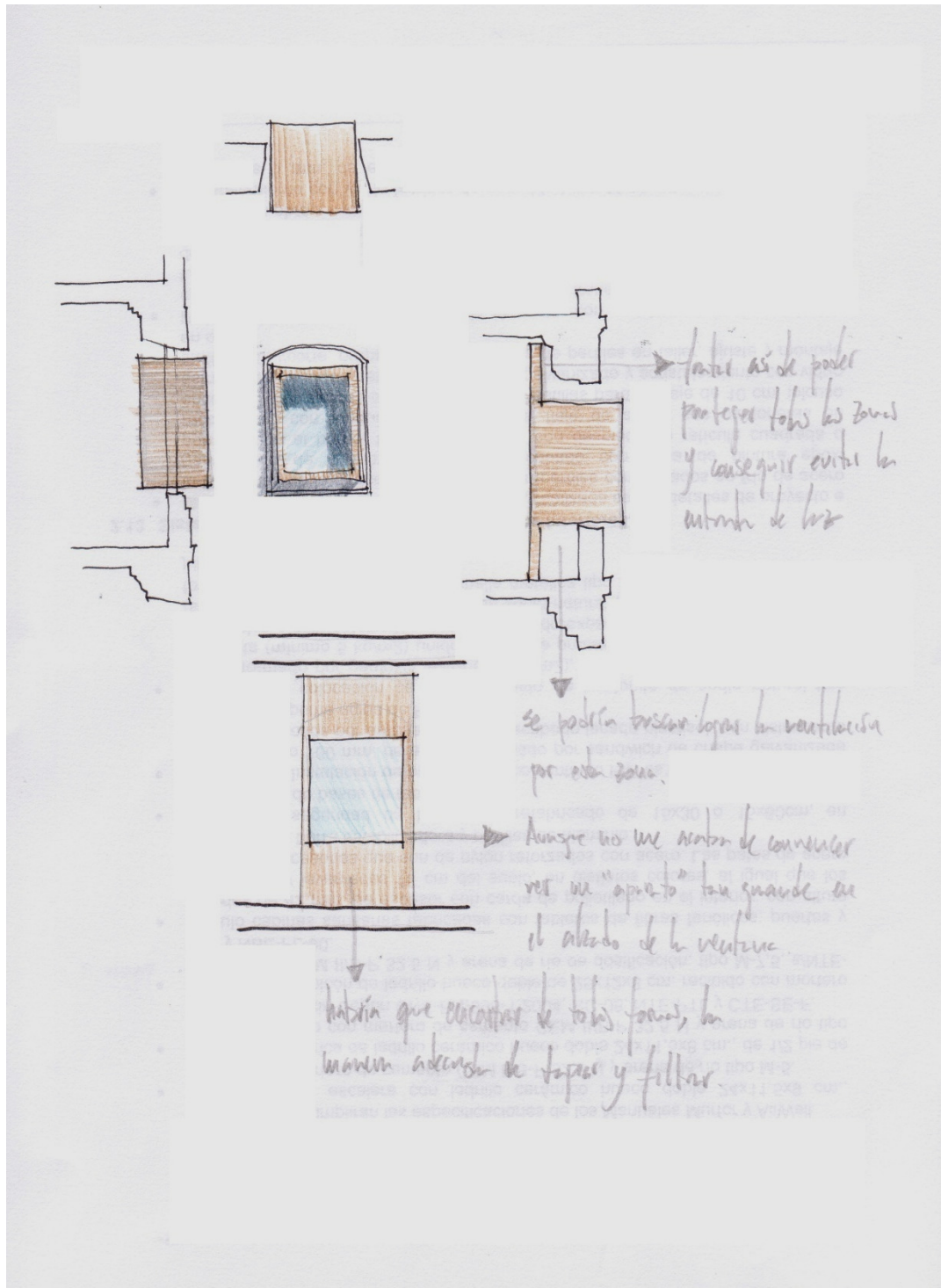
- *Conseguir una iluminación que resalte la arquitectura del edificio.*
- *Permitir una fácil visión en la entrada a un espacio expositivo.*
- *Realzar el volumen, diseño y colores de los grandes elementos expositivos.*
- *No interferir en ningún momento ni dificultar la lectura y observación de carteles, monitores u objetos. La visión de las vitrinas o contenedores, e impedir la creación de sombras inapropiadas sobre piezas o elementos expositivos.*



### 03.04 PRESENTACIÓN DE ESTUDIO EXPERIMENTAL

#### 03.04.01 Fase de experimentación de diferentes posibilidades

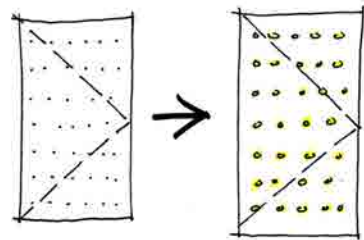
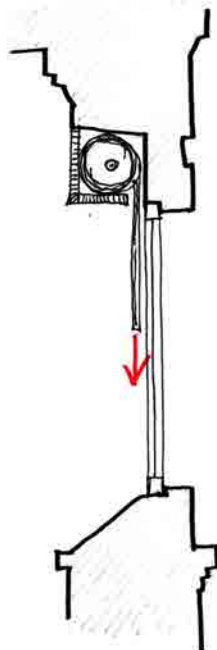
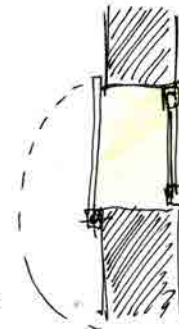
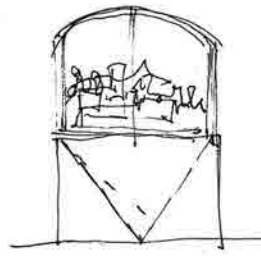
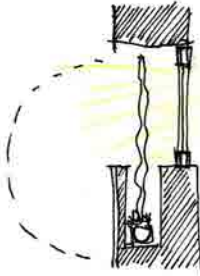
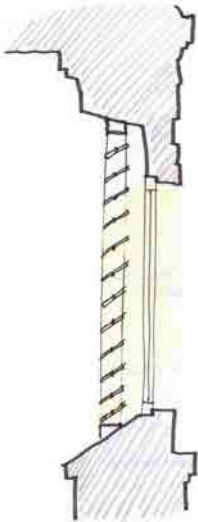
En este apartado se reflejaran varios croquis como reflejo de las diferentes posibilidades estudiadas.



B.V3

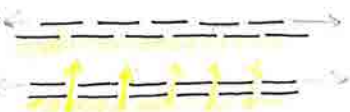


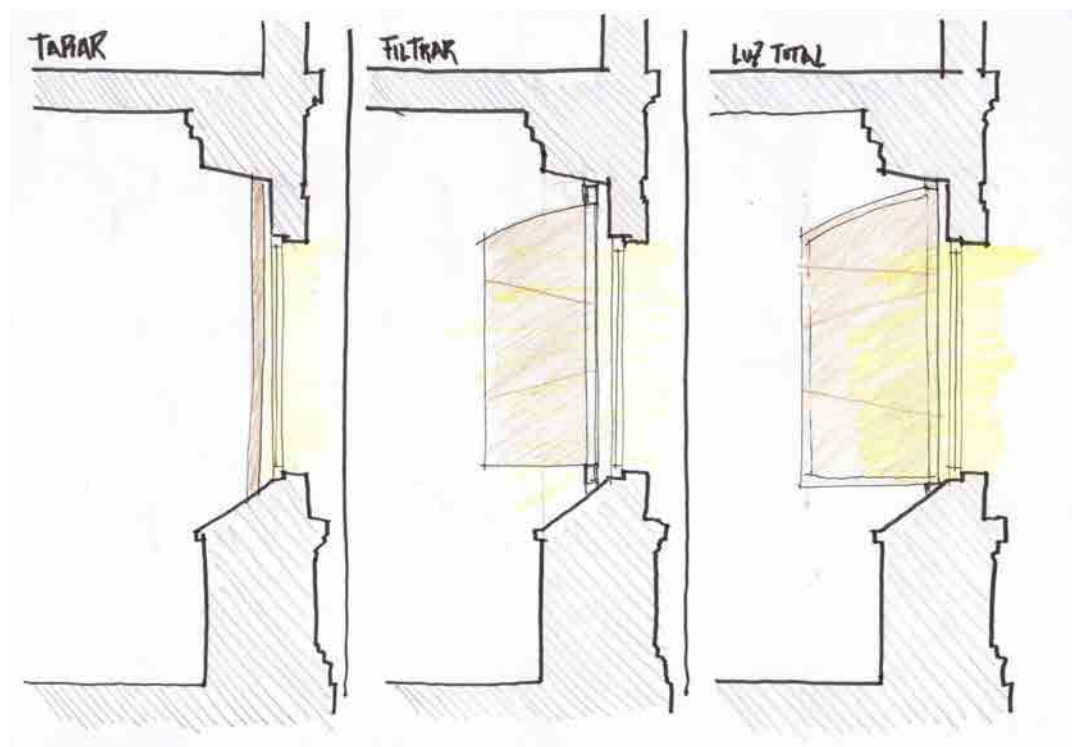
→ Inyecta luz arriba  
en optima pt focal,  
no se pierde luz por  
el vidrio tiempo.  
Ademas que se puede  
modificar la cantidad



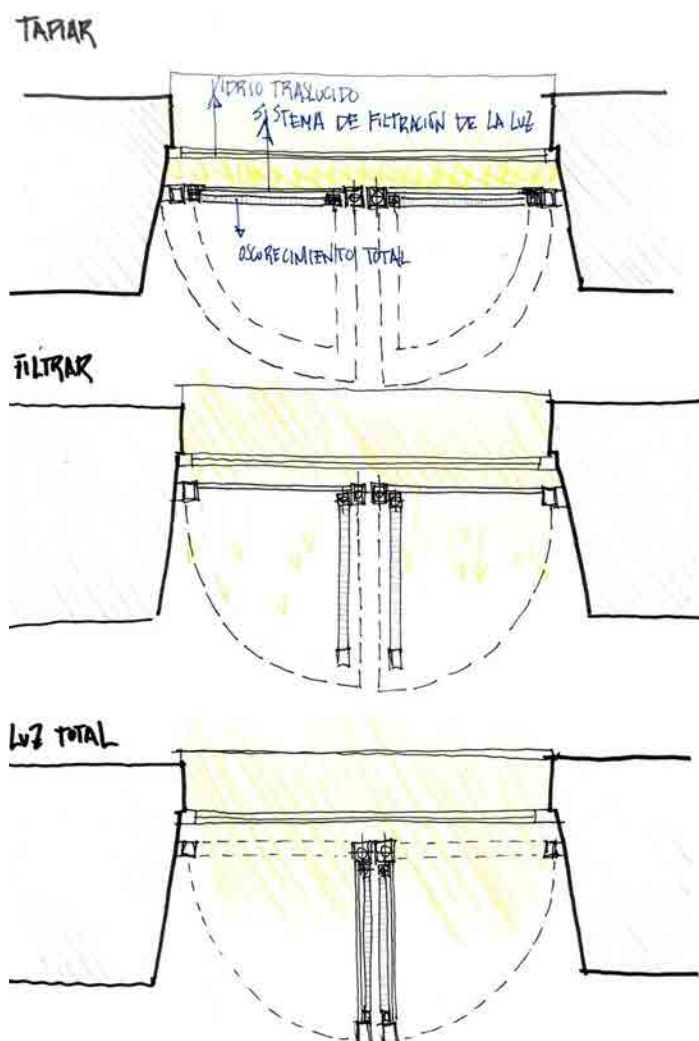
TAPIADO

FILTRADO

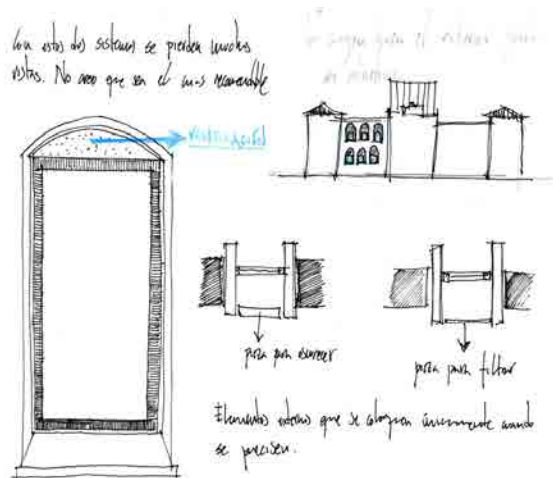
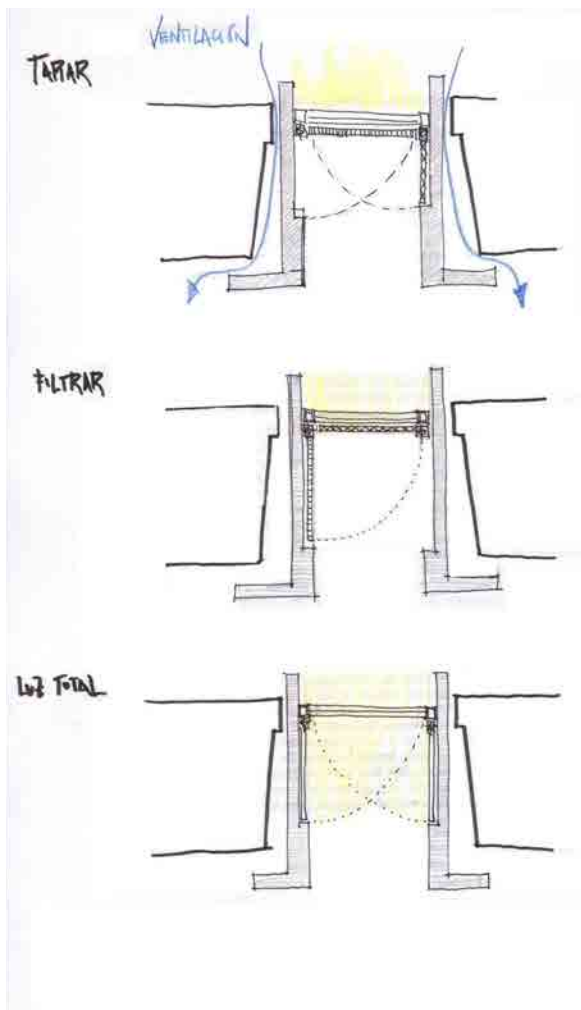
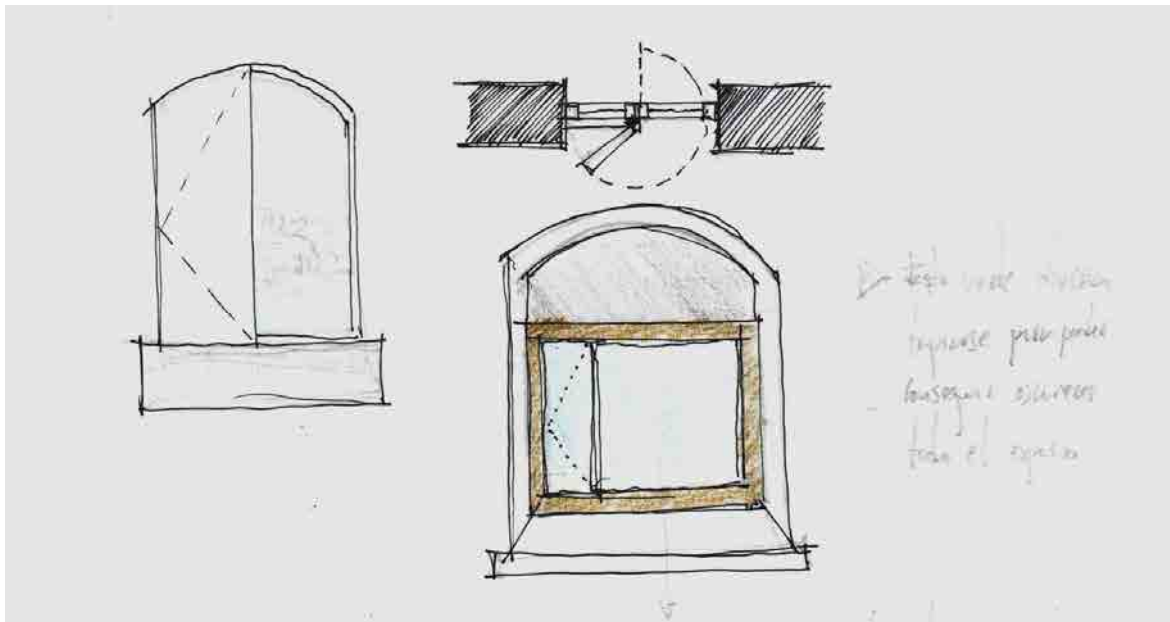




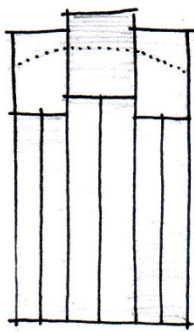
B.V3



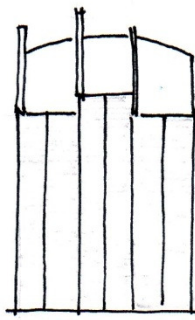




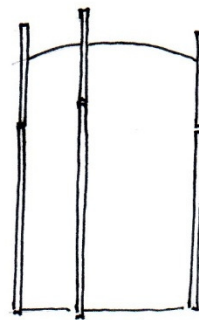
B.V3



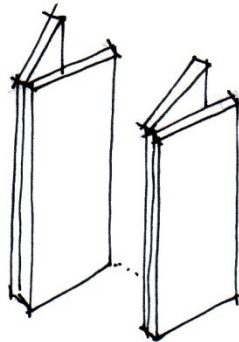
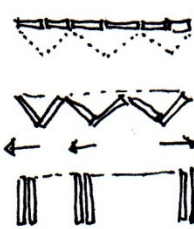
CERRADO



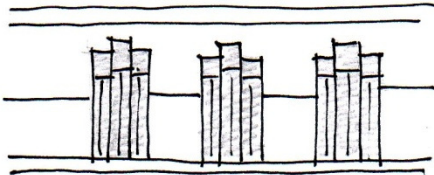
FILTRADO



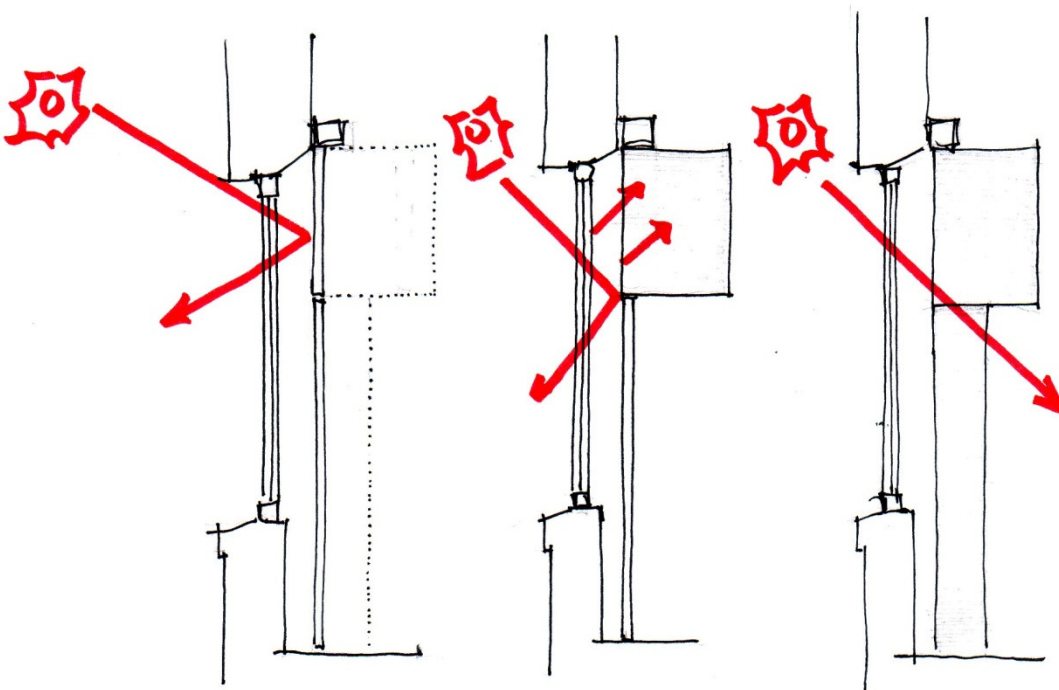
LUZ TOTAL



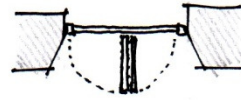
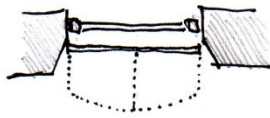
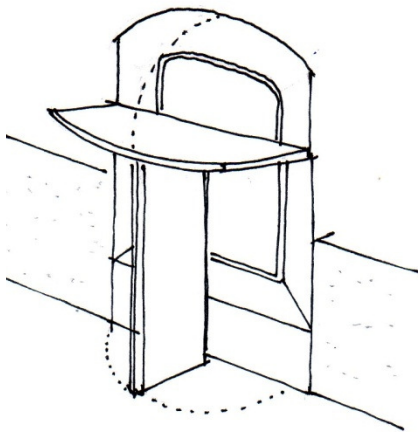
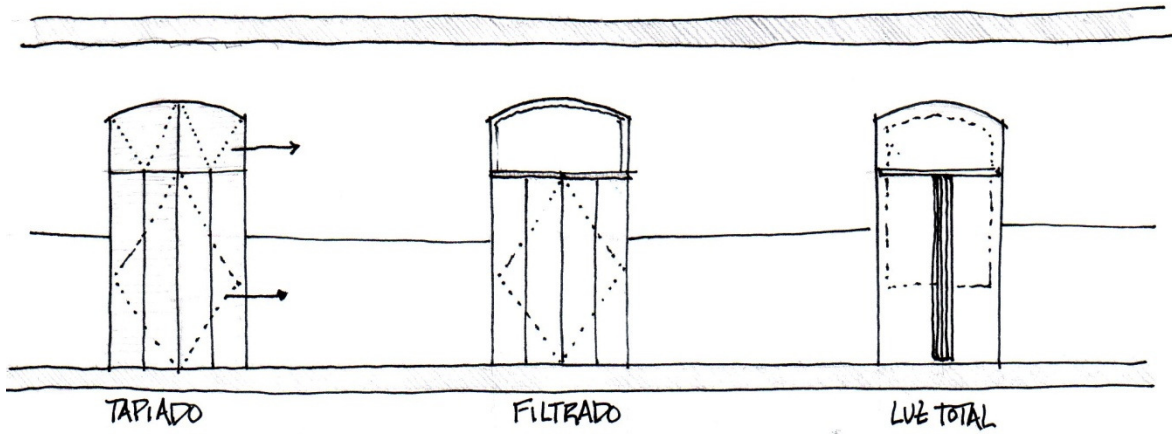
ESTE SISTEMA DE "BIOMBO"  
PERMITE ABRIR EL ANECO  
Y TENER LAS VISTAS COMPLETAS  
(Aunque tendríamos obstáculos visuales  
al tener estos contras en medio del  
hueco)



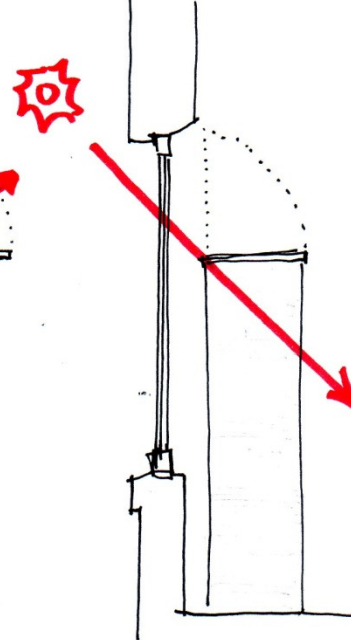
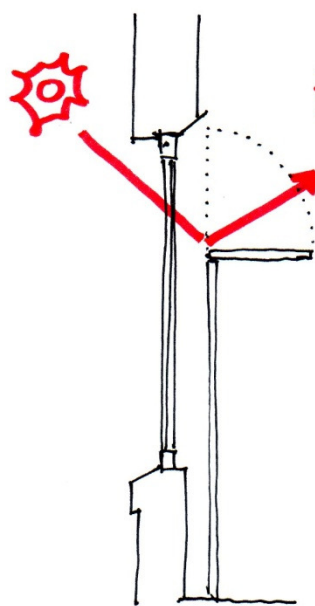
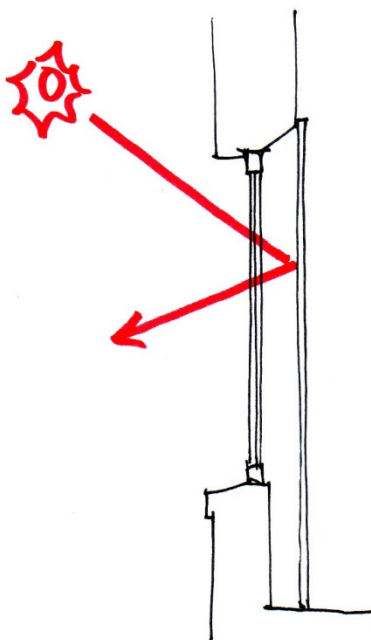
Se pierde la idea de mantener la línea  
del zócalo de azulejos existentes



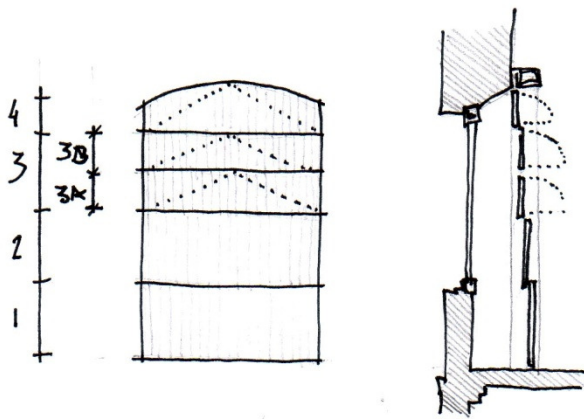
B.V3



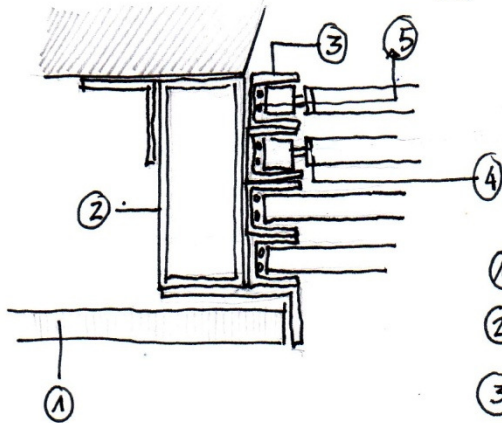
Además de suponer una barrera visual importante, el barrido de las particiones se convierte en un obstáculo



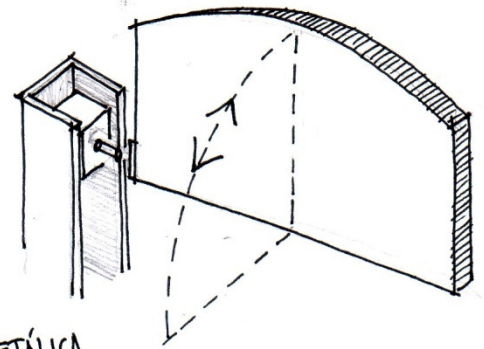
B.V3



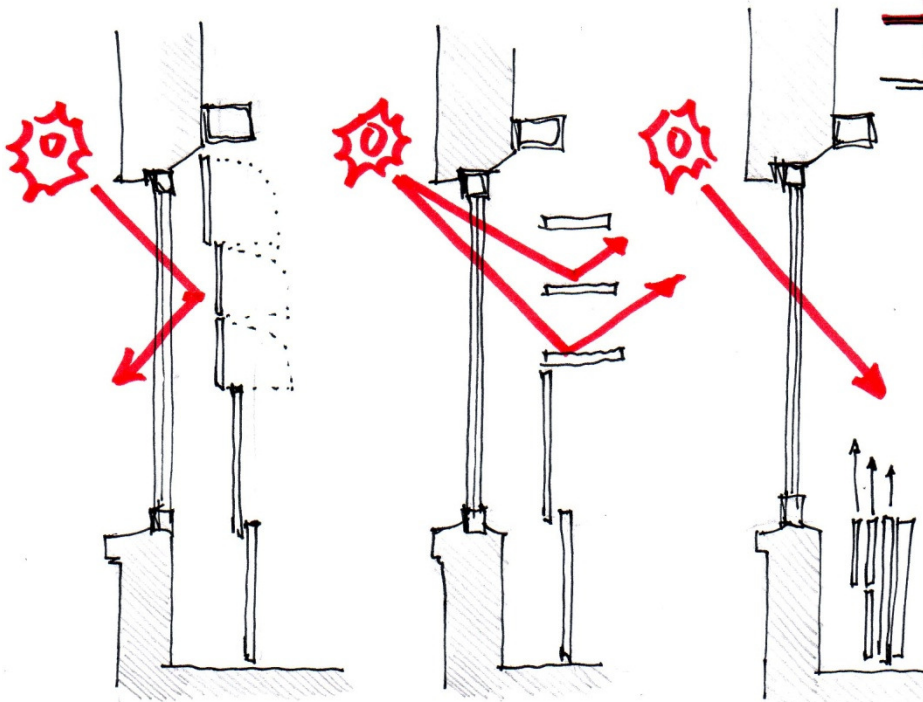
- ④ DESLIZANTE/ABATIBLE
- ③ DESLIZANTE | 3A → ABATIBLE  
                  | 3B → ABATIBLE
- ② DESLIZANTE
- ① FIJA



- ① TRASDADO DE PLADUR
- ② ESTRUCTURA AUXILIAR METÁLICA
- ③ RAÍL
- ④ EJE DE GIRO
- ⑤ RODAMIENTOS



B.V3



¡IMPORTANTE! MANTENER LA  
LÍNEA DE ZÓCALO QUE  
MARCAN LOS AZULEJOS  
EXISTENTES

ESTA CARPINTERÍA PERMITE  
MÚLTIPLES APERTURAS PARA  
MODIFICAR LA ENTRADA DE LA LUZ  
Y AL MISMO TIEMPO POSIBILITA  
TENER LAS VISTAS DEL EXTERIOR  
SIN OBSTÁCULOS VISUALES

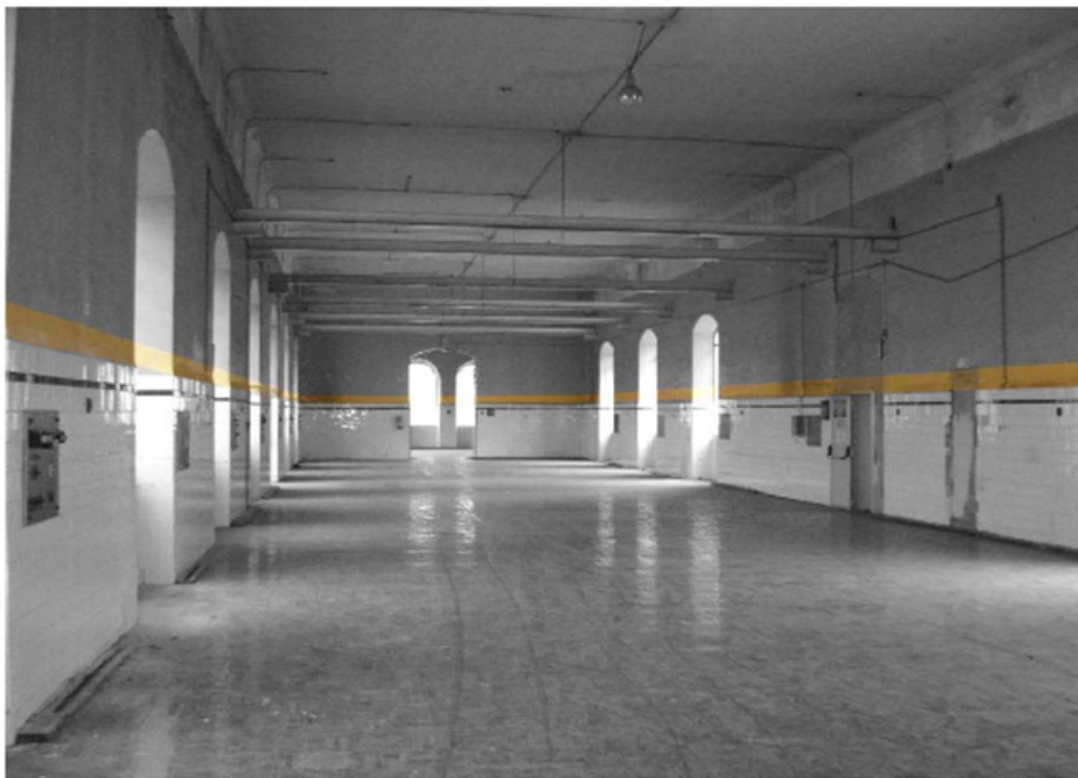
ÚLTIMO CASO DE ESTUDIO

### **03.04.02 Propuesta de apantallamiento para el caso tabakalera**

Despues del estudio de diferentes soluciones y sistemas de apantallamiento se a considerado el último presentado como el más adecuado para el caso concreto de tabakalera, procediendo a un estudio más pormenorizado, partiendo, para la intervención, de los siguiente parámetros o premisas a seguir.

1. **Desvestir sin desnudar:** Mantener el mismo aire fabri, la misma estética industrial de funcionalidad y eficacia.
2. **Escala humana:** La existencia de un zócalo en el edificio de una altura de unos 2 m aproximadamente, consigue mantener la escala humana en estas salas de grandes dimensiones, la prominente horizontalidad que nos marca el zócalo existente nos sirve de guía para trabajar en un sistema de control lumínico. De esta manera se realiza un zócalo de tabique de cartón yeso que servirá de zona de exhibición. Este trasdosado, nos sirve para ocultar una estructura metálica que contiene unos raíles, que permiten el movimiento de unas contras que nos permiten el modificar la incidencia solar en el interior de la sala de la manera mas adecuada a la actividad que se realice en ella.

B.V3



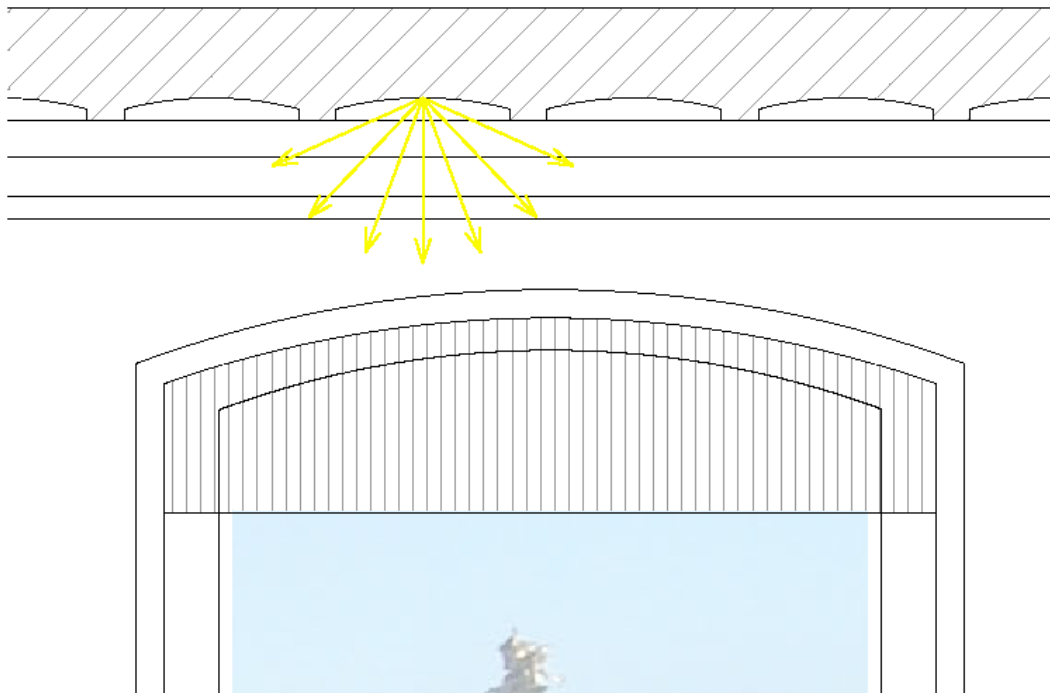


3. **Posibilidad de oscuridad total – luz total – atenuación.** Se plantea, como hemos venido explicando a lo largo de la tesis que los apantallamientos nos den la mayor versatilidad de opciones posibles, desde tapiar totalmente el hueco, para requerimientos muy específicos, hasta permitir la total entrada de luz natural sin ningún tipo de control sobre la misma, en el caso de exposiciones menos exigentes.
4. **Techo:** Intervención en el techo de las salas mediante un sistema que oculte las instalaciones necesarias en estos espacios, y a la vez consigue reflejar la luz que viene rebotada del sistema de apantallamiento, para conseguir que esta luz natural se difumine y llegue a todas las partes de la sala.

B.V3

#### Aprovechamiento de la luz difusa del techo

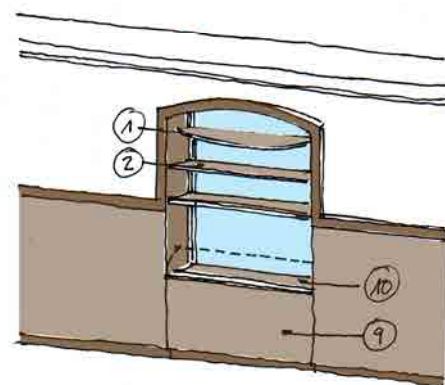
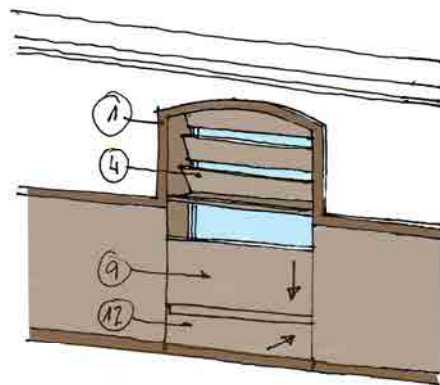
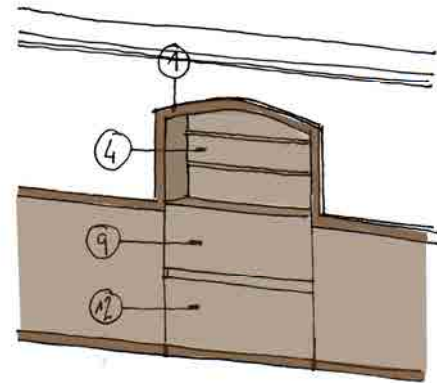
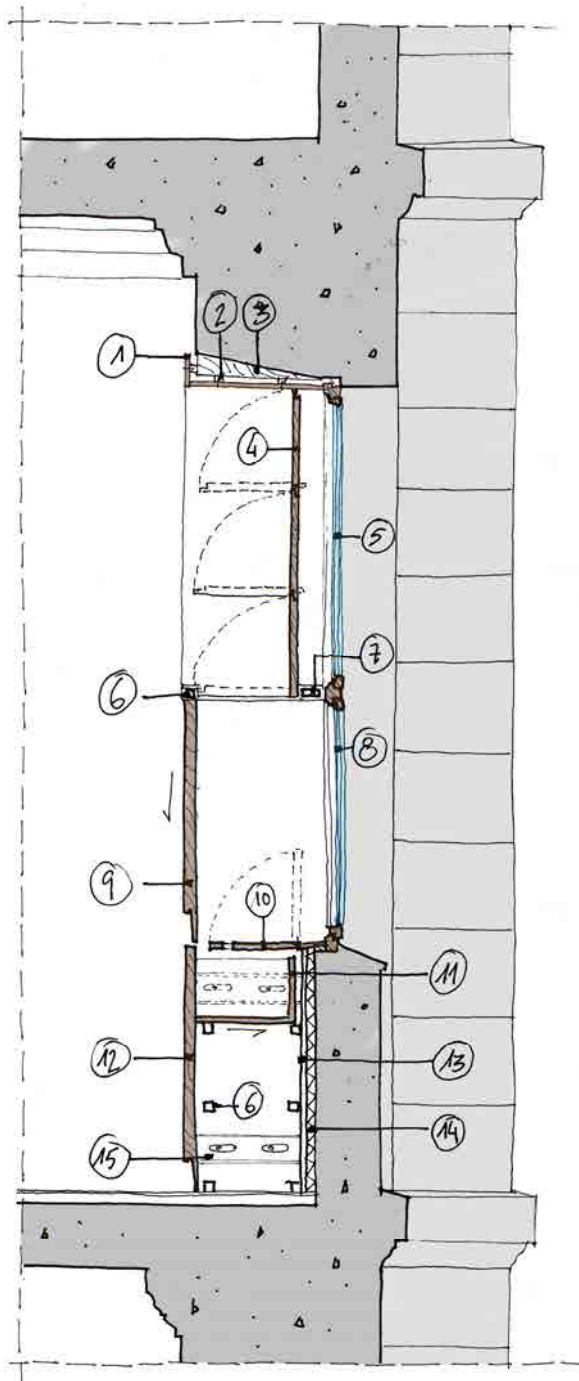
El techo abovedado ya existente en las salas de exhibición, actúa como un elemento de difusión de la luz. El rayo incide en las bovedilla y sale reflejado en múltiples direcciones consiguiéndose así una luz uniforme.



DET1 E 1/20

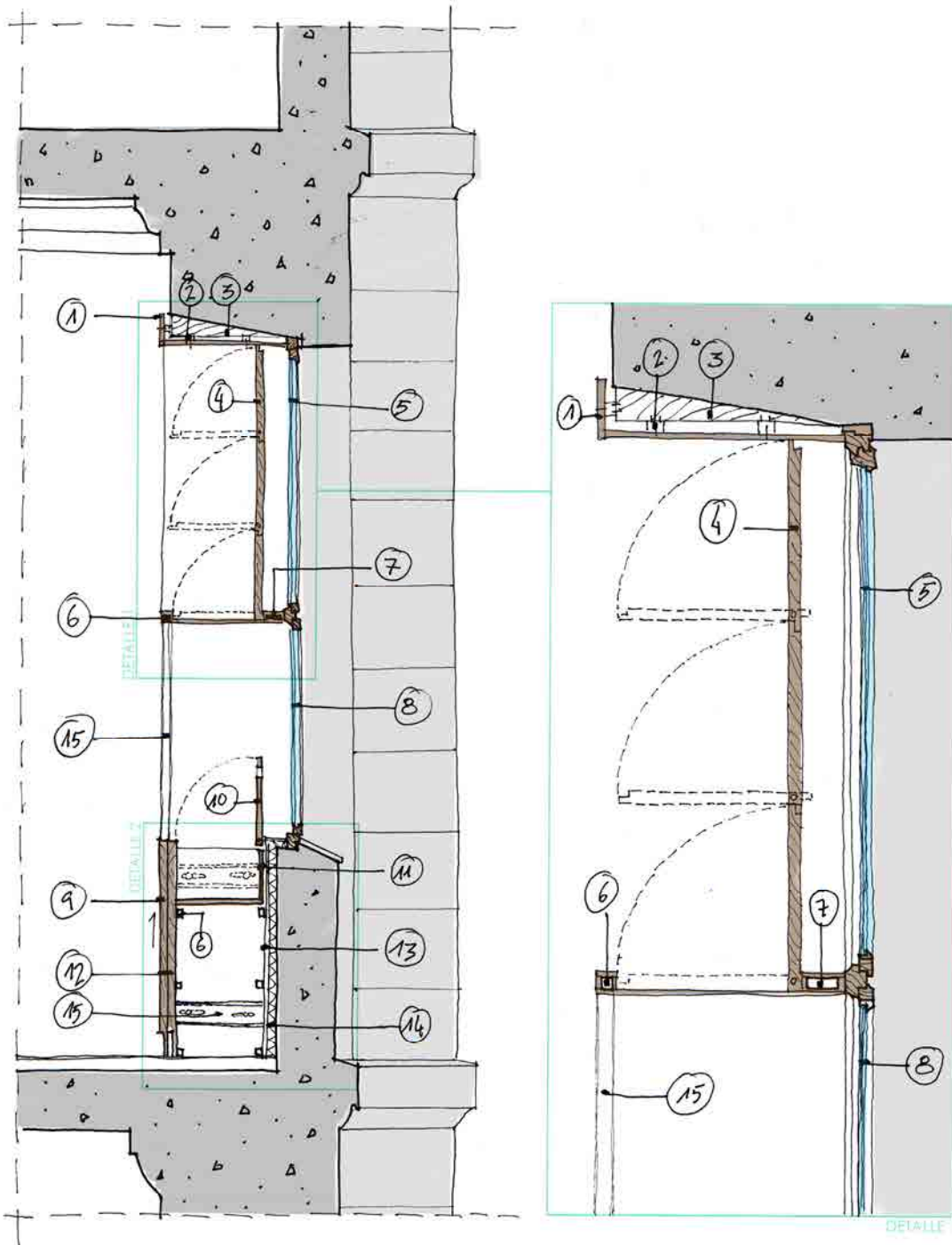
Detalle constructivo de la solución adoptada

Detalle e/1:40



B.V3

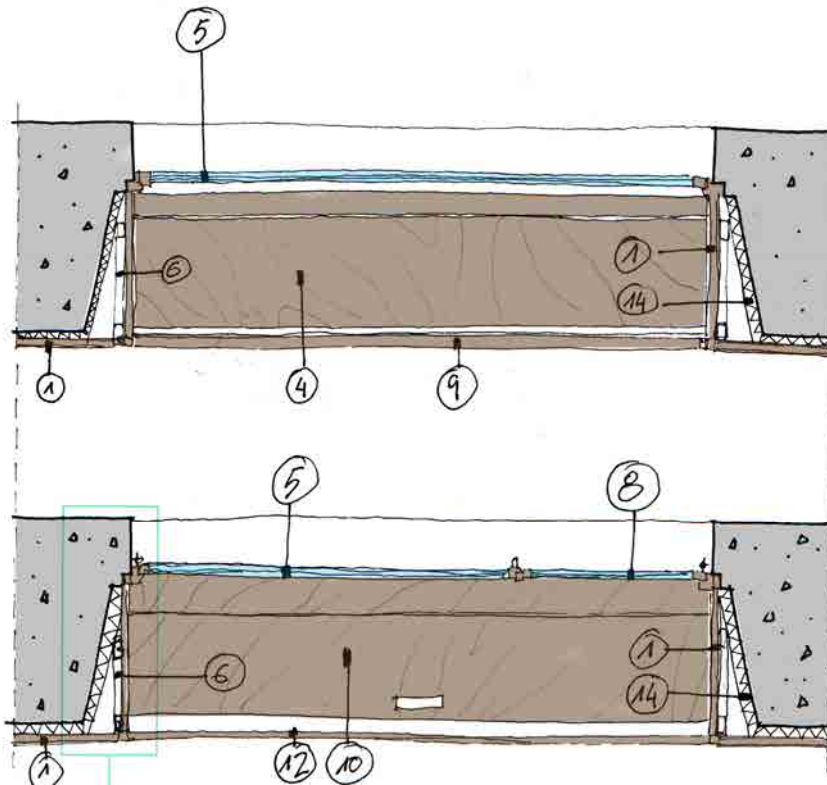
Detalle e/1:40



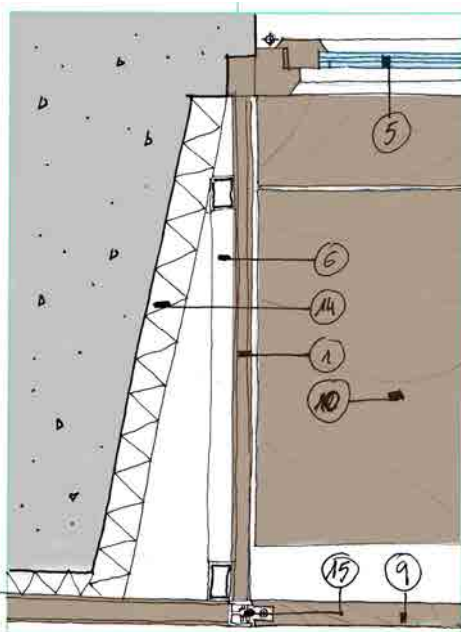
B.V3



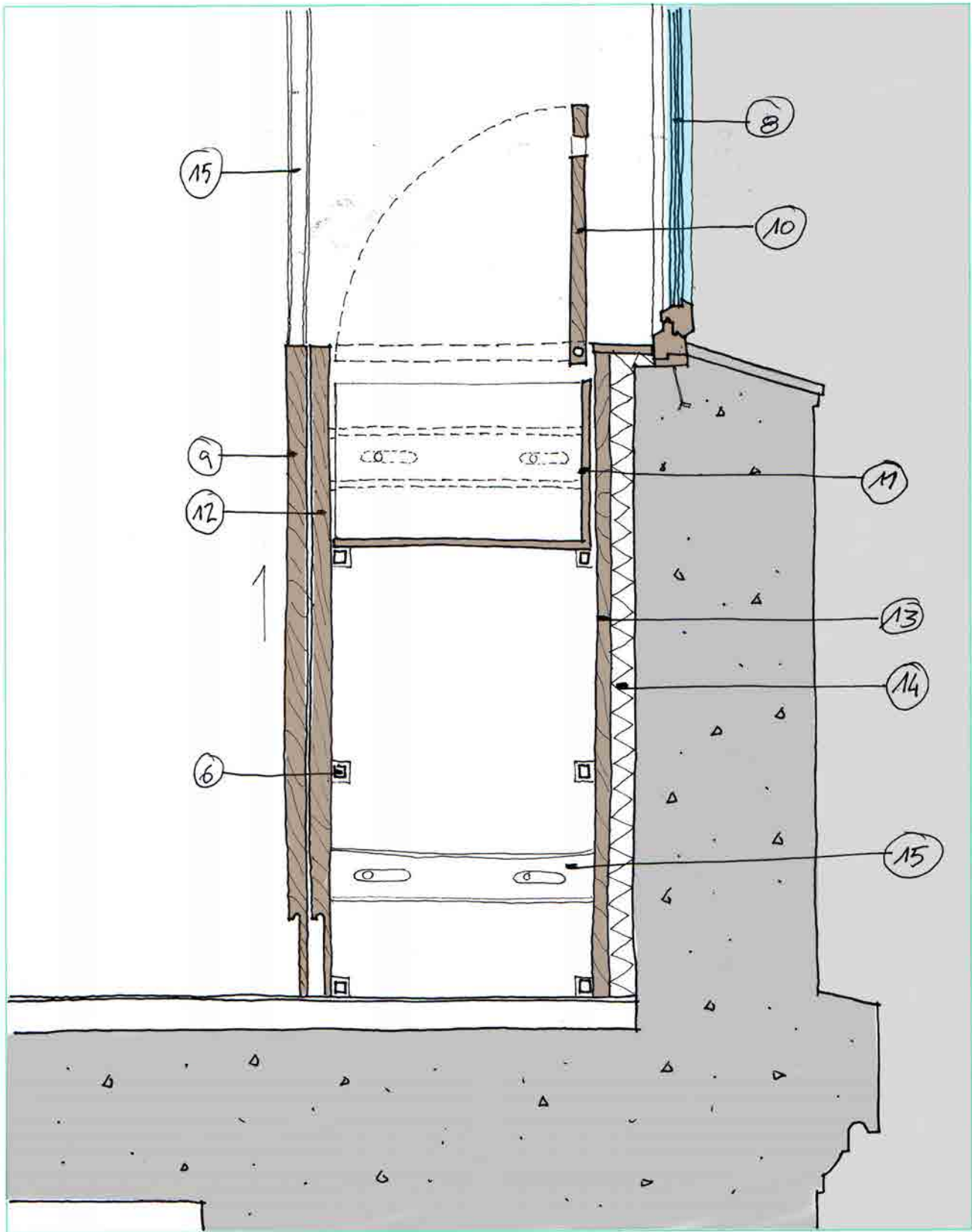
Detalle de planta e/1:40



Zoom de planta e/1:10



- ① PANEL DE MADERA E=2'5cm.
- ② RASTREL DE MADERA 3x4 cm.
- ③ CUÑA DE MADERA
- ④ CONTRAVENTANA DE MADERA PRACTICABLE
- ⑤ CARPINTERÍA DE VIDRIO FIJO. MARCO DE MADERA
- ⑥ PERFIL ESTRUCTURAL DE ALUMINIO 35x35cm
- ⑦ PERFIL ESTRUCTURAL DE ALUMINIO 3'5 x 9cm
- ⑧ CARPINTERÍA DE VIDRIO PRACTICABLE. MARCO DE MADERA
- ⑨ CONTRAVENTANA DE MADERA DESLIZANTE VERTICAL
- ⑩ PANEL DE MADERA PRACTICABLE
- ⑪ CAJÓN DE ALMACENAJE DE MATERIAL
- ⑫ CONTRAVENTANA DE MADERA DESLIZANTE HORIZONTAL
- ⑬ PANEL DE MADERA E=3cm
- ⑭ LANA DE ROCA
- ⑮ GUÍA METÁLICA

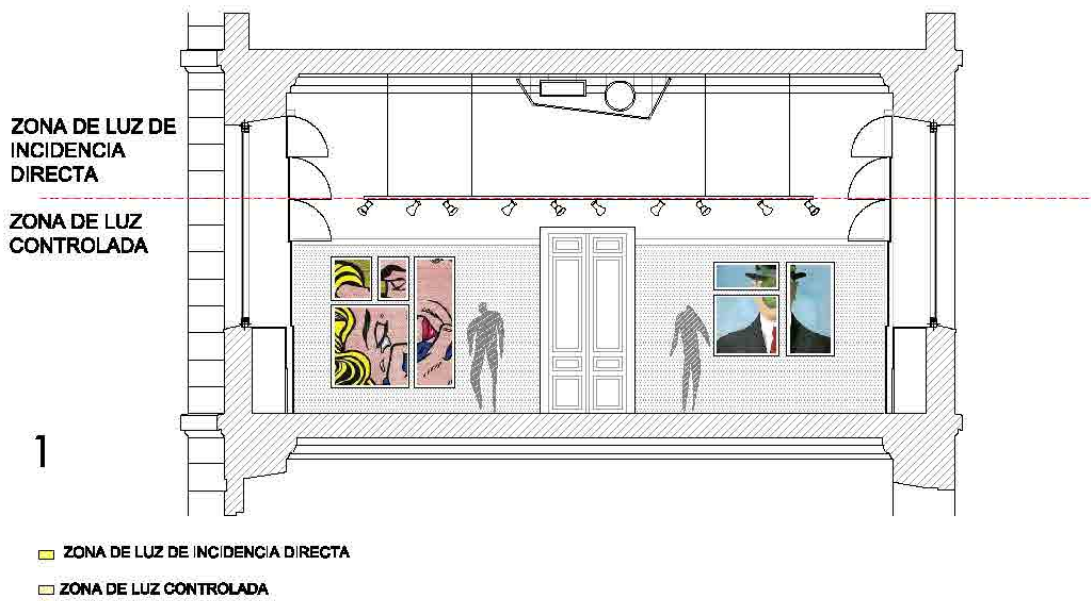


DETALLE 2

Zoom de sección e/1:10

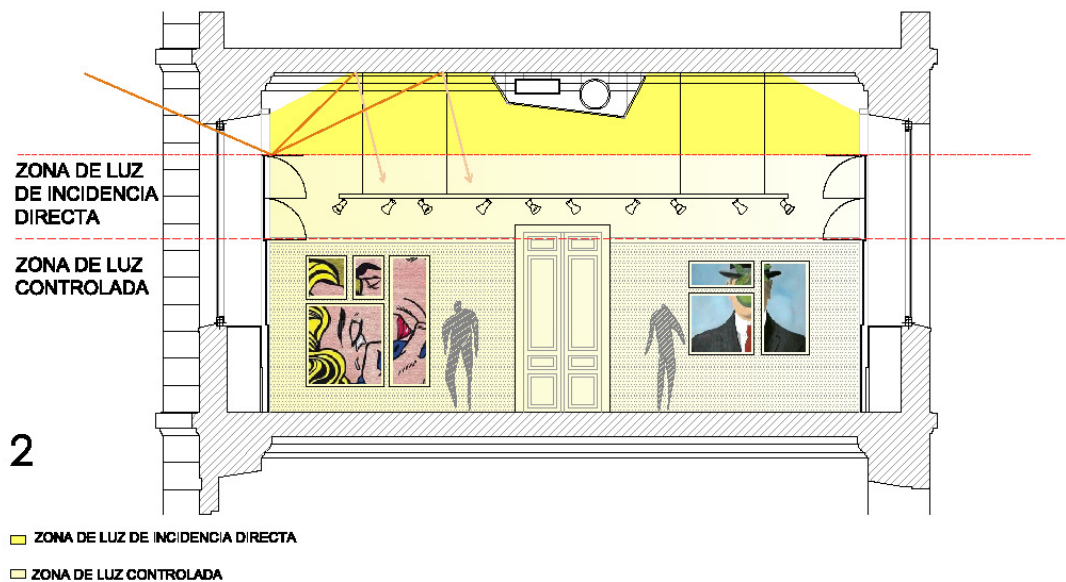
B.V3

**ESQUEMA DE CONTROL LUMÍNICO**



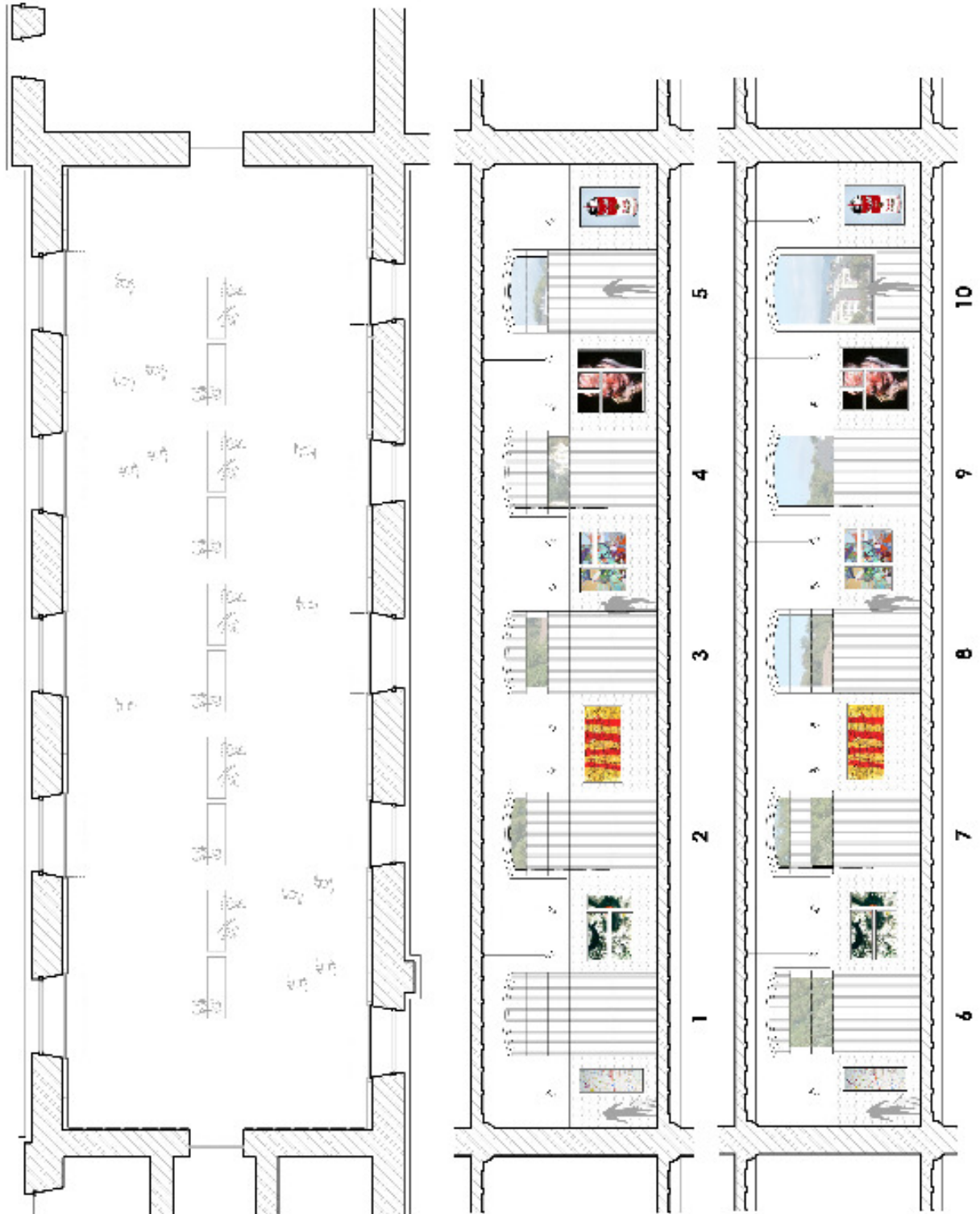
B.V3

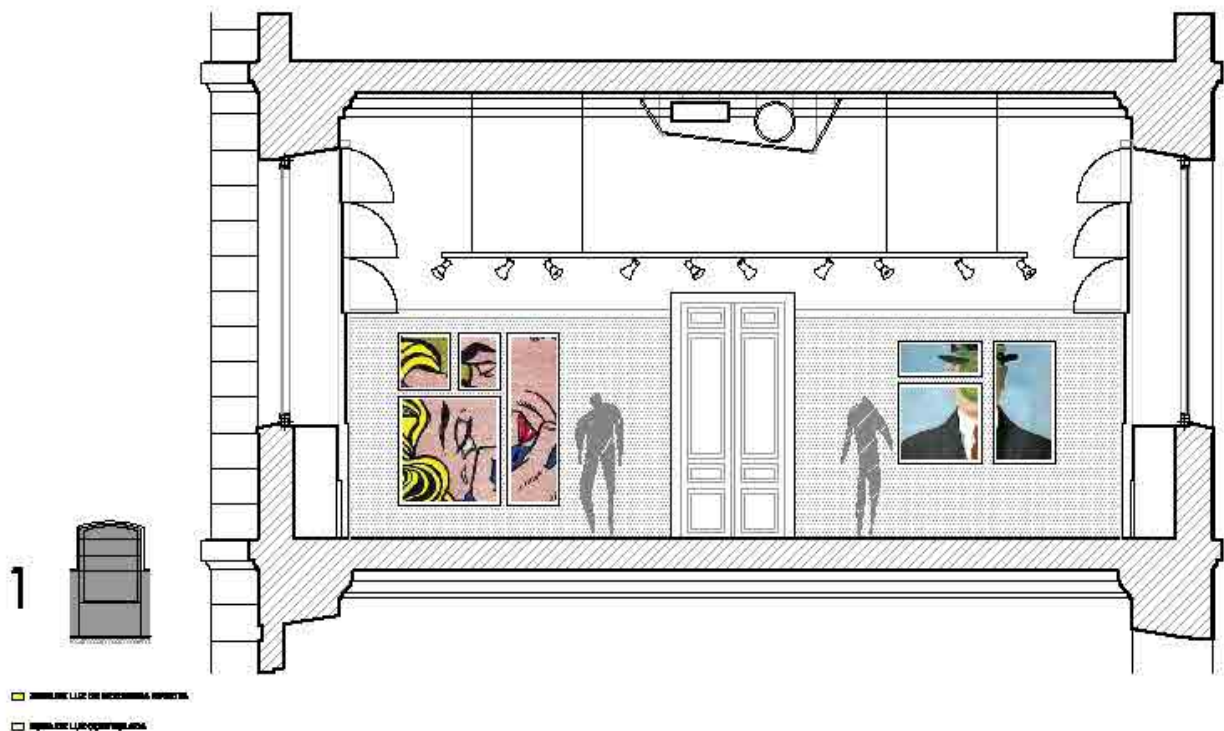
**ESQUEMA DE CONTROL LUMÍNICO**



### ANÁLISIS DE OPCIONES DE APERTURA

B.V3



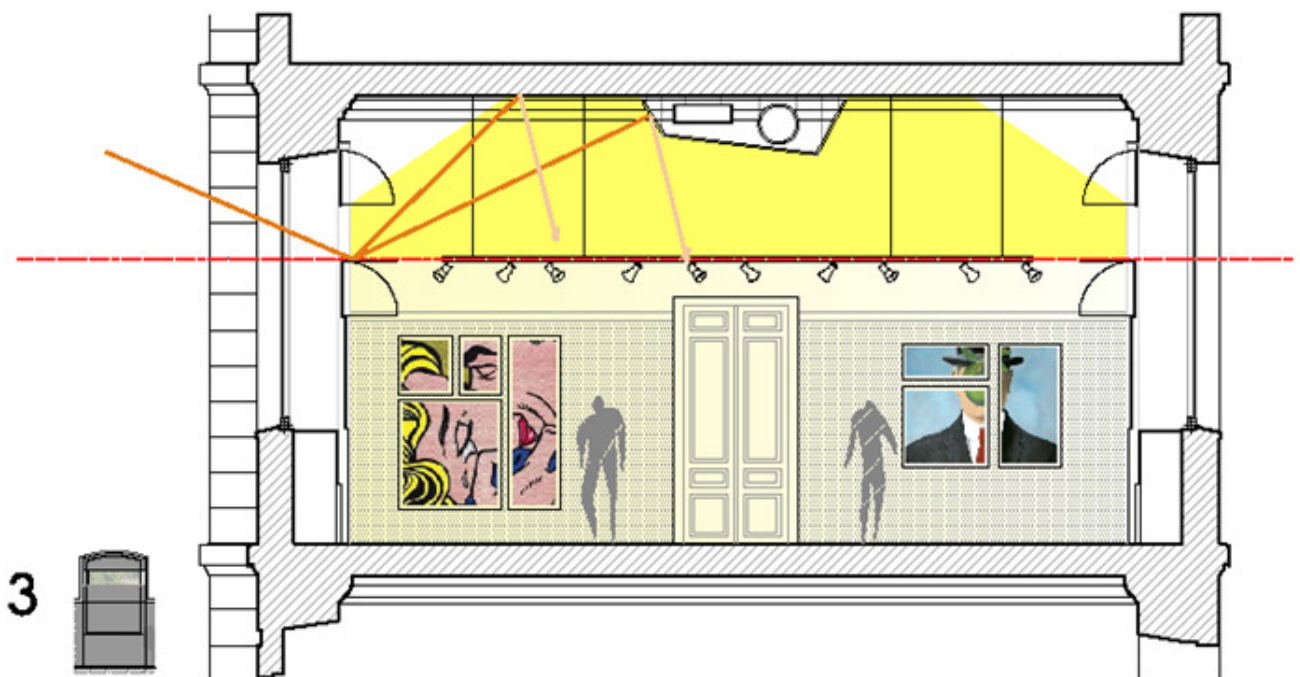
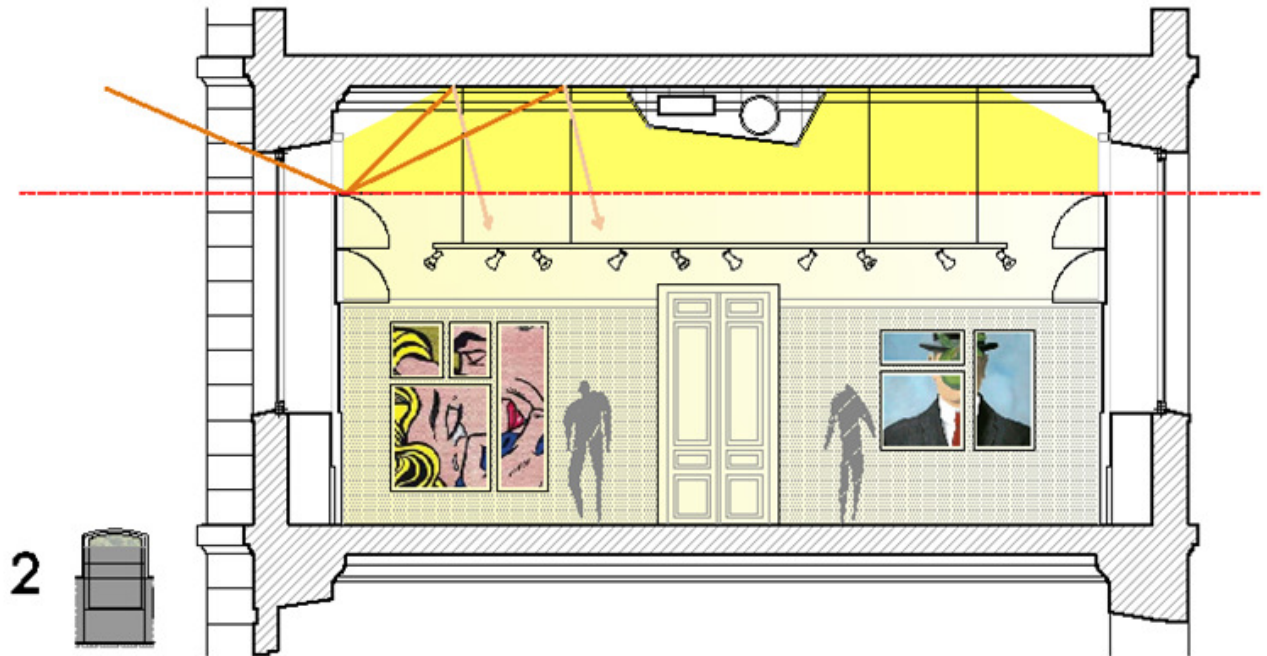


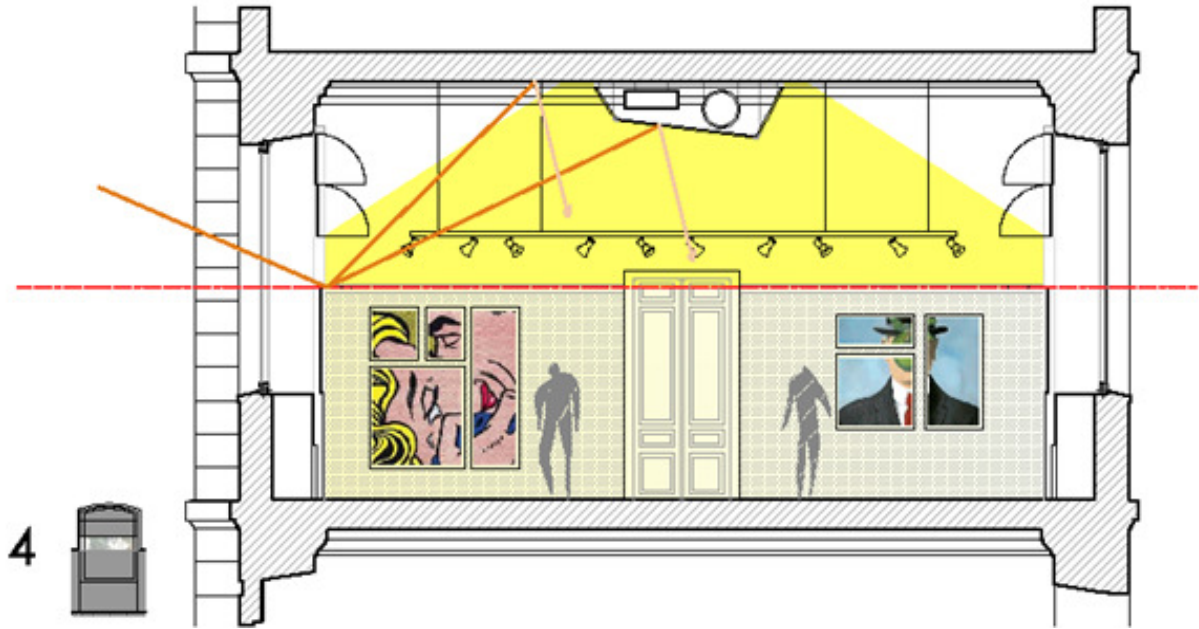
En cada una de las posiciones se presenta el esquema de luz y la foto de maqueta real.

En esta posición se trata únicamente de todas las piezas del apantallamiento cerradas.

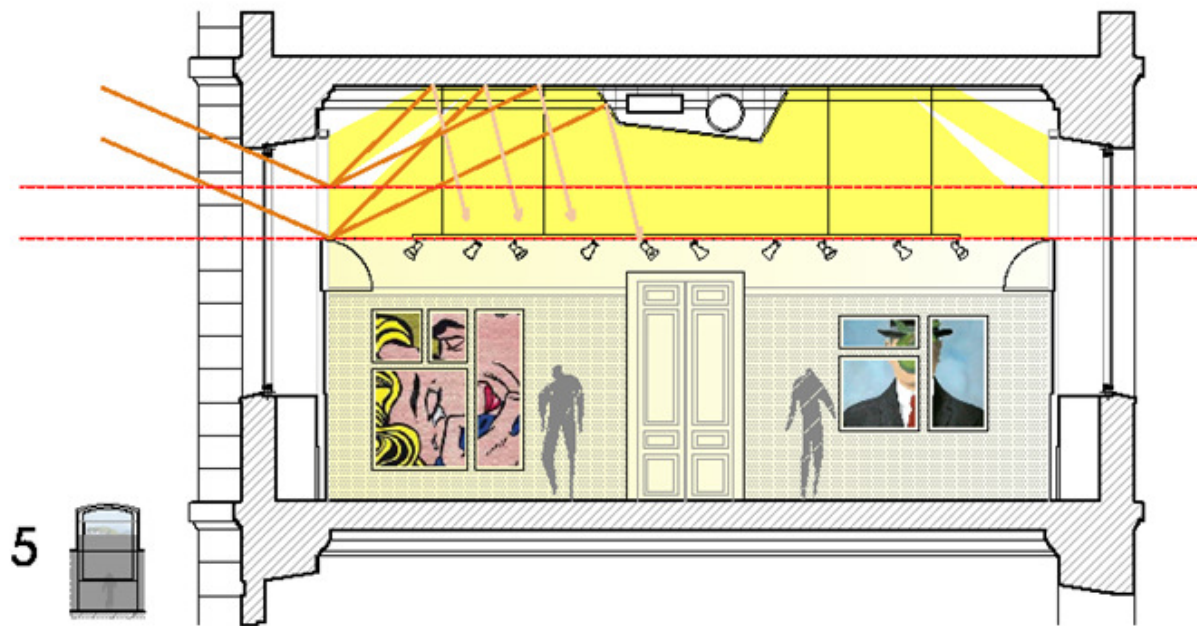
Las siguientes posiciones de la 2 a la 7, se pueden observar las diferentes posiciones de colocación de la pieza superior, que esta formada por 3 partes practicable cada una de ellas. Lo que proporciona cada una de estas posiciones son diferentes alturas a las que entra la luz natural, siempre por encima de la línea de exposición, y siempre luz reflejada, por lo tanto indirecta. La posición elegida dependerá de las necesidades de la exposición.

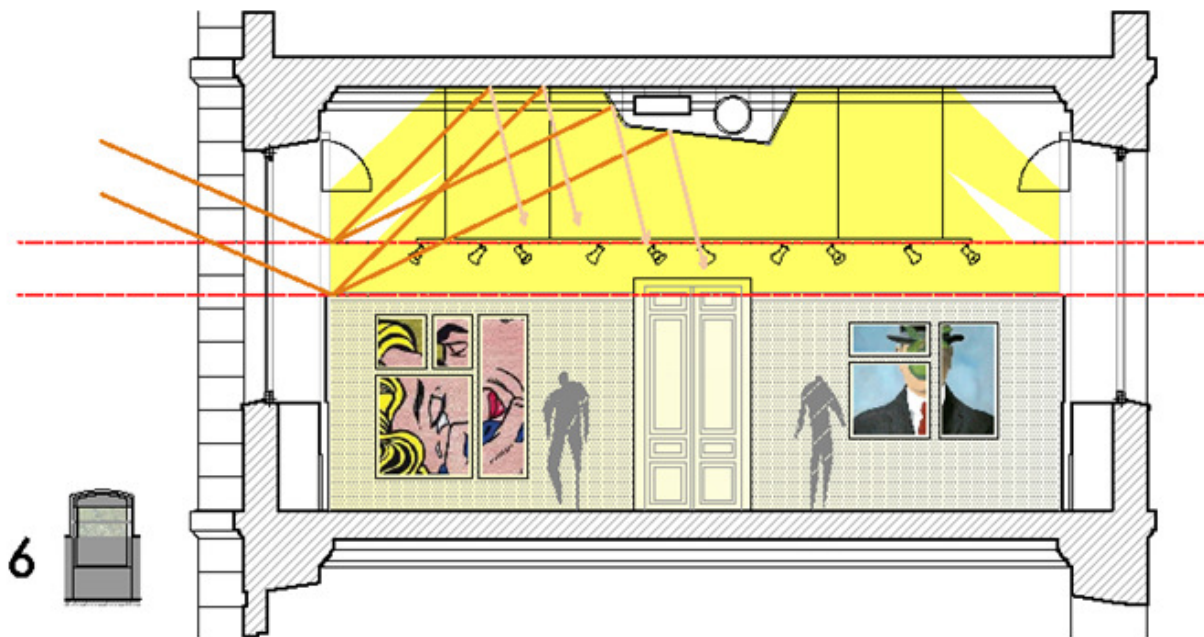




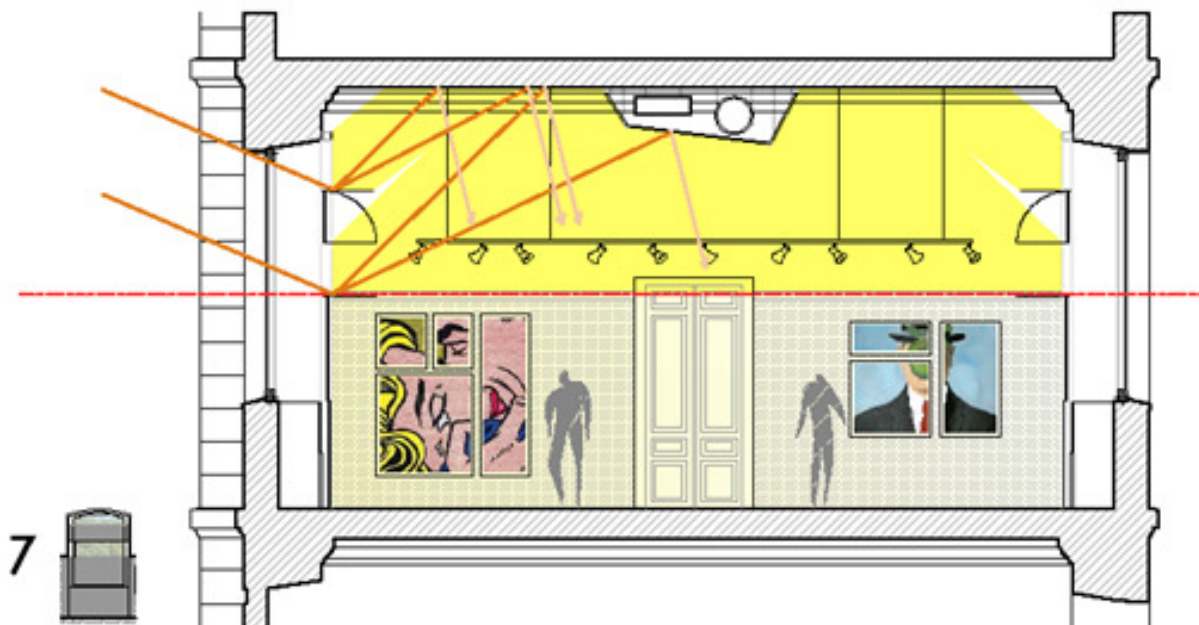


B.V3





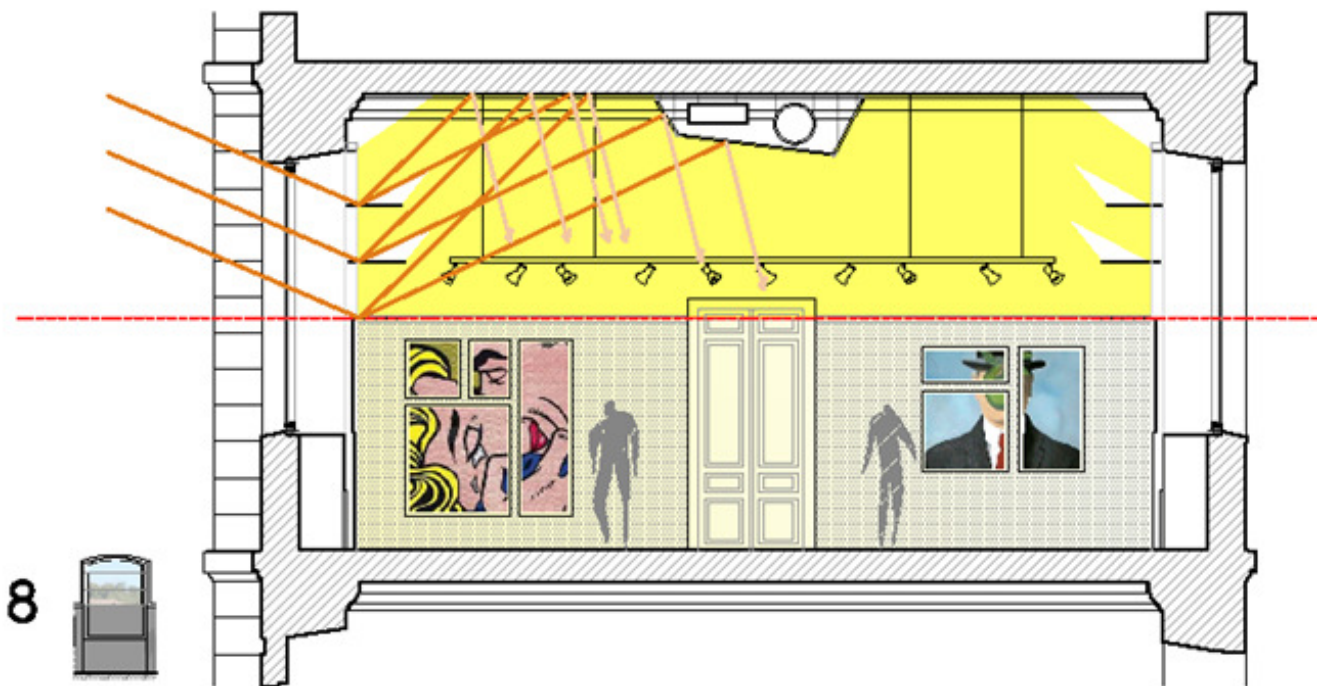
B.V3



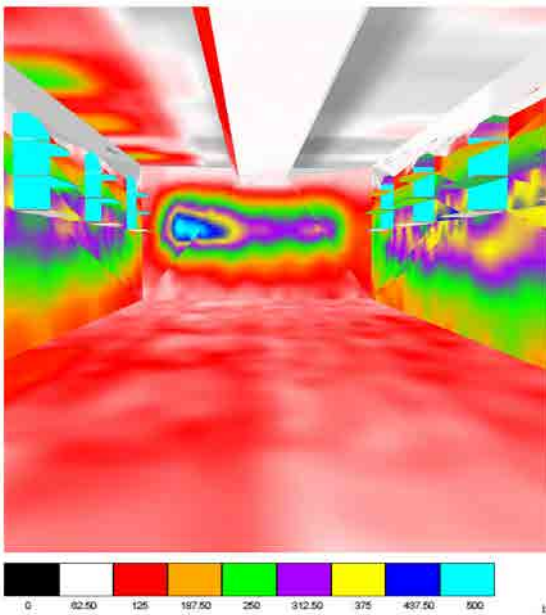
**INVIERNO:** Luz incidente apantallada y reflejada hacia la parte superior de la sala, dando como

**VERANO:** Entrada de luz difusa por ángulo mayor de incidencia ya apantallado en la parte inferior. (No reflejado en imagen)



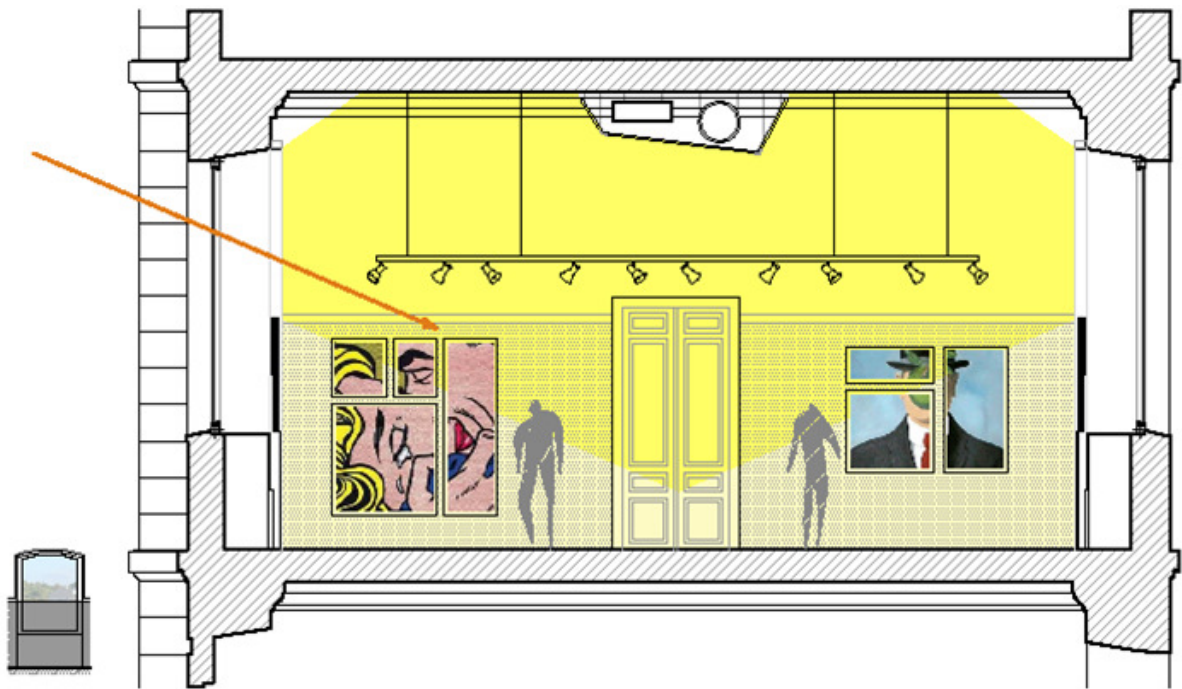


B.V3

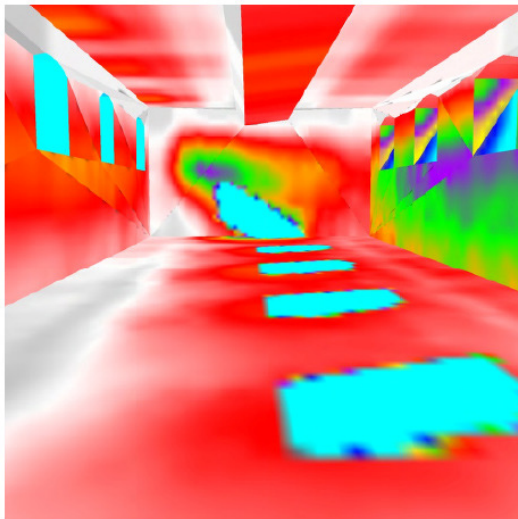


**INVIERNO:** Luz incidente no apantallada, entrada directa del sol al plano de trabajo.

**VERANO:** Luz apantallada por pieza inferior, entrada de luz homogénea, e indirecta. (No reflejado en imagen)

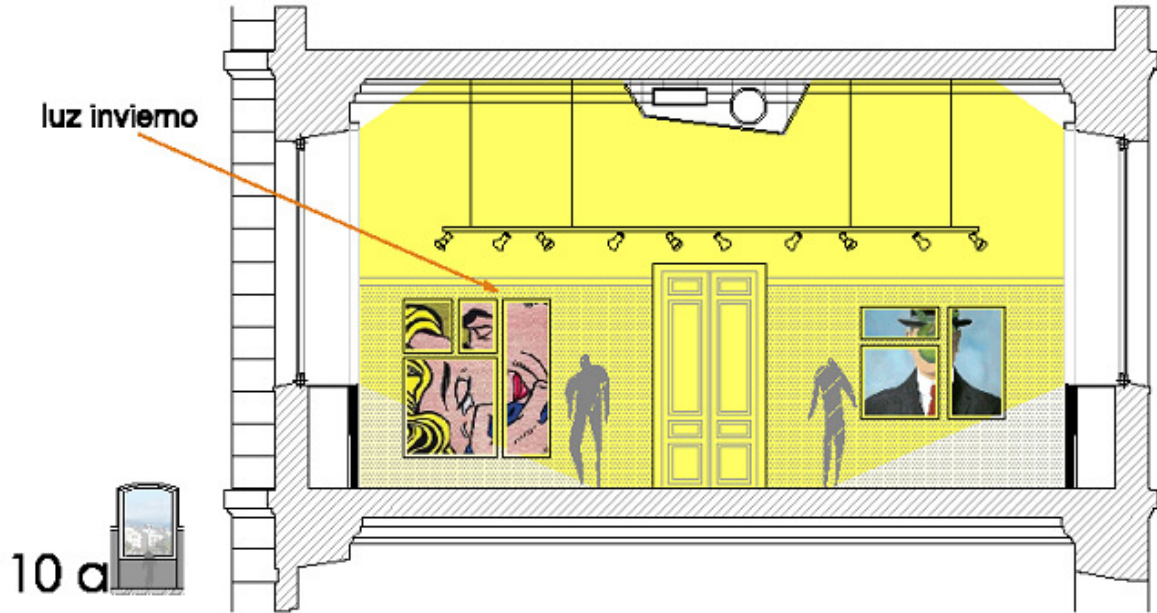


B.V3

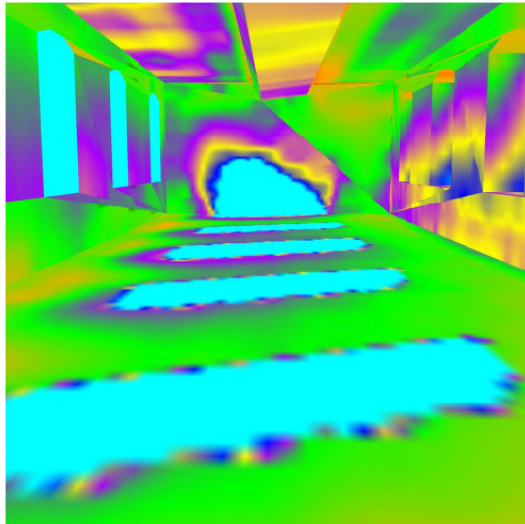


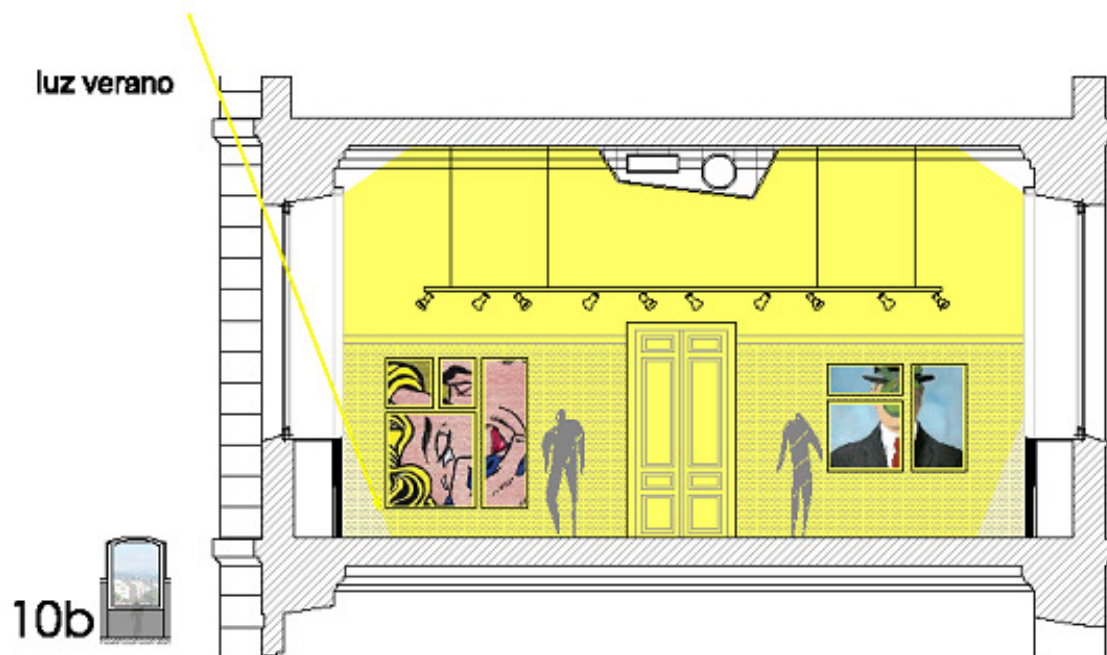
**INVIERNO:** Luz incidente no apantallada, entrada directa del sol al plano de trabajo.

**VERANO:** Luz incidente no apantallada, entrada directa del sol pero no llega al plano de trabajo, se ve en la imagen de la página siguiente.



B.V3





B.V3

Esta plano nos refleja la única posición en la que teniendo este tipo de apantallamiento entra la luz incidente en verano, las anteriores se desarrollan con la luz incidente de invierno, por que es el ángulo de incidencia más desfavorable

### **03.04.03 Conclusiones**

En el apartado anterior se muestran los planos correspondientes a la solución adoptada para el apantallamiento de la luz natural en la sala considerada tipo, para el desarrollo del diseño de dicho apantallamiento.

Como hemos podido ver a lo largo de la tesis, el objetivo de la misma, es conseguir establecer un método, que nos ayude a diseñar un apantallamiento óptimo para el aprovechamiento de la luz natural para espacios expositivo en un edificio rehabilitado.

El pretender un aprovechamiento de la luz natural, no viene únicamente motivado por mantener, la estética o características del edificio, si no que pretende conseguir un gran ahorro energético para el edificio, lo que supone por tanto un ahorro económico, consiguiendo favorecer al medio ambiente, y utilizándolo lo que ya nos da para conseguirlo.

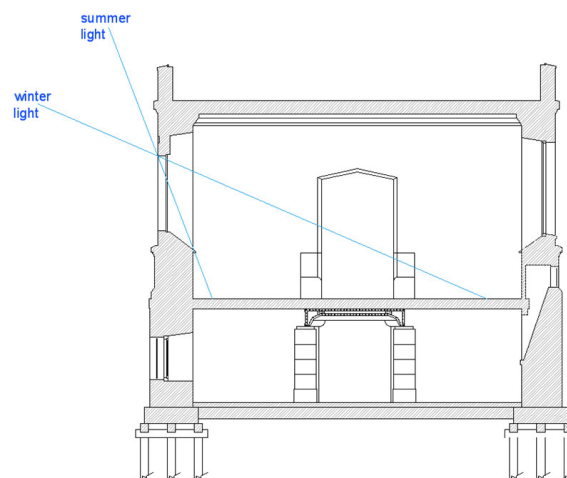
Para poder llegar a las conclusiones finales del comportamiento del apantallamiento, y conocer los datos generales que nos hacen concluir, que, este tipo de apantallamiento, es una buena solución para el objetivo que se planteaba, debemos presentar las conclusiones de analizar los cálculos de la luz , realizados mediante maqueta virtual, y el conocimiento que ya tenemos de las características en las que se encuentra el edificio, con respecto a la trayectoria de la luz natural, así mismo se toma para todos los casos la orientación sur del edificio.

Además del apantallamiento, se propone como sistema de apoyo, sensores de luz que consigan medir los niveles de luz ambiental existentes en la sala y activar la iluminación artificial cuando no se llega a niveles necesarios para tal fin, optimizando el sistema para el ahorro energético.

#### **VERANO:**

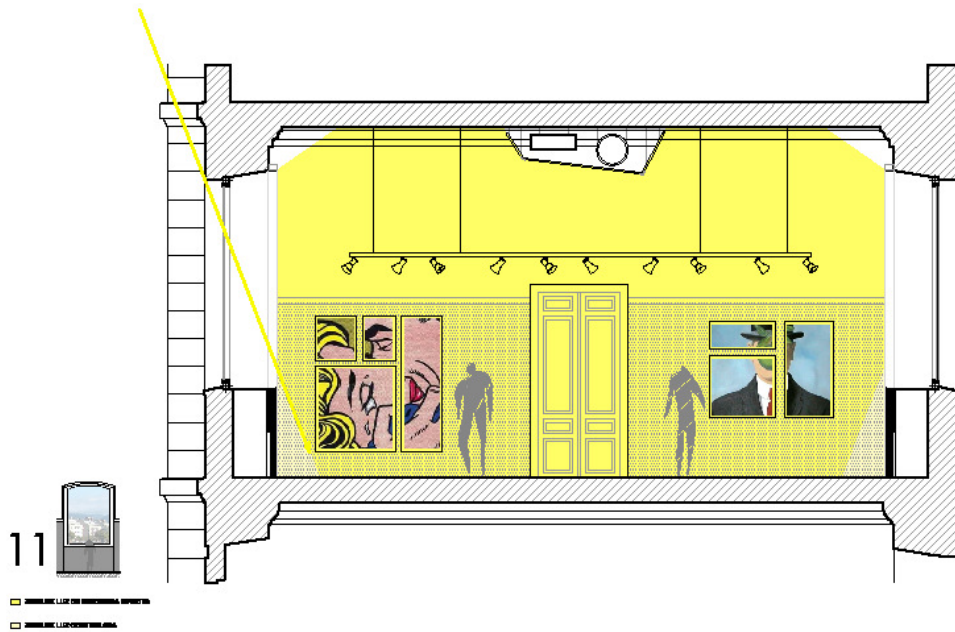
Empezaremos por analizar cómo se controla la luz natural en verano, con dicho apantallamiento, ya sea con cielo cubierto o cielo despejado.

Como vemos en esta sección, presentada anteriormente, la luz

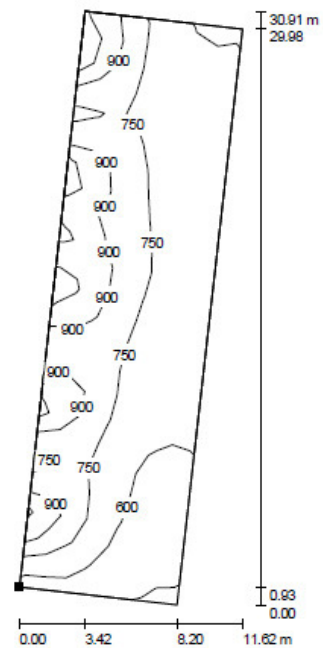
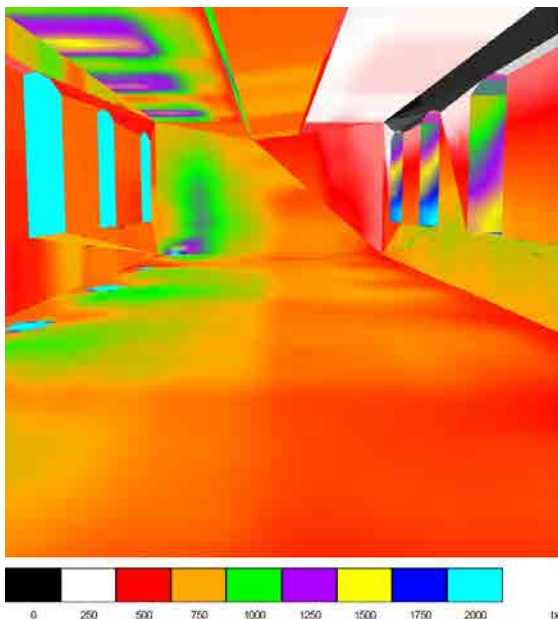


incidente de verano, entra con mayor ángulo a la sala. A pesar de en esta sección vemos, que el muro en la parte inferior, recupera su sección después del hueco, este caso es poco habitual en el edificio, por lo que aplicando estos ángulos de incidencia a una sección más habitual en la fábrica, como la de la sala seleccionada como tipo, podemos ver, que únicamente se va a producir entrada de luz incidente, en caso de que se opte por no hacer ningún tipo de apantallamiento, es decir si se mantienen el apantallamiento en la posición 11, y en cielo despejado.

B.V3



Posición 11, verano, cielo despejado.

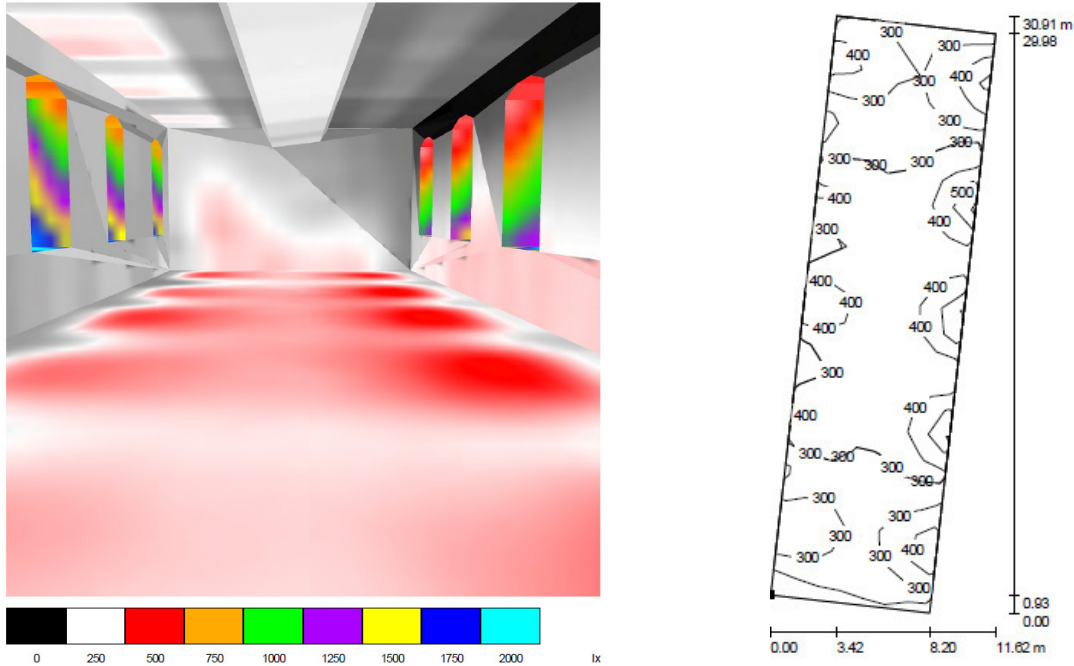


Luz fabril en espacios expositivos

En el anterior imagen podemos ver el render de falso color de Verano, Posición 11, con cielo despejado, que como decimos tiene luz incidente en el lateral de la sala.

Sin embargo, si vemos con la misma posición 11, en verano también, pero con un cielo cubierto, podremos ver que sería una luz válida para una exposición con pocos requerimientos lumínicos, ya que se cumple la premisa base de que no haya luz incidente.

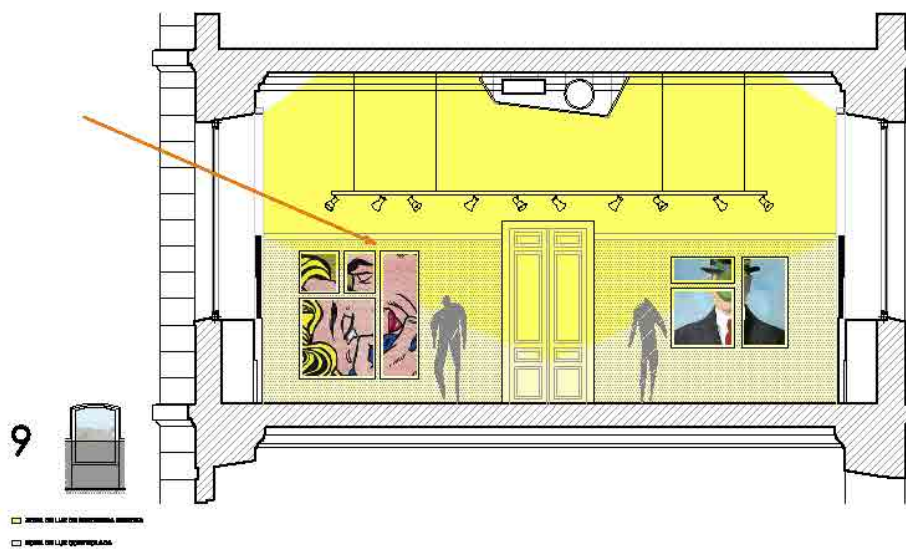
Posición 11, verano, cielo cubierto.



B.V3

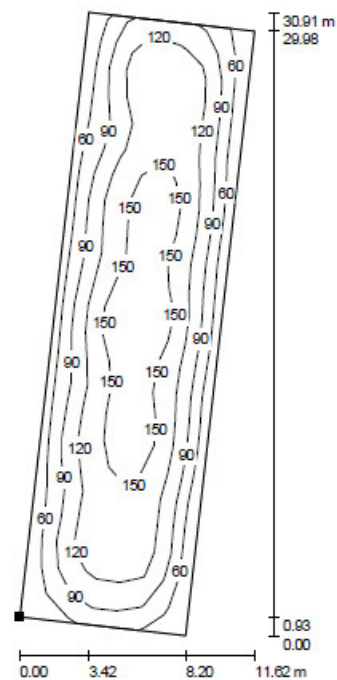
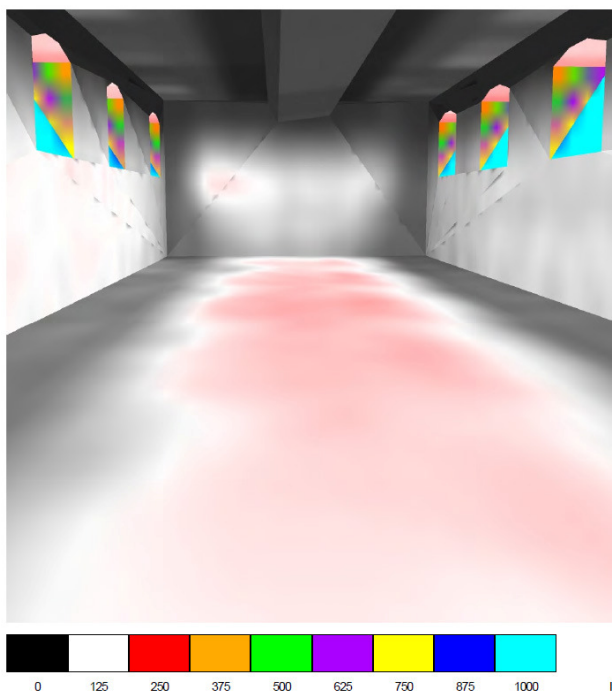
Como podemos ver en el plano de distribución lumínica en planta, lo valores de iluminación serían altos, del orden de 300 luz, cuando en realidad, como iluminación ambiente, es necesario mucho menos, pero en caso, de querer mantener ese grado de iluminación, para una exposición que lo permita, quedaría a juicio de las personas responsables de la exposición.

Basándonos en la sección mostrada anteriormente, donde podemos ver que prácticamente no existe incidencia de luz natural en verano, Para controlar esta luz incidente, sin depender de si el cielo está despejado o no, únicamente deberemos mantener la posición 8 ó, en su defecto, la 9, de esta forma y como podemos ver en los planos de falso color, se conseguirá una iluminación ambiente suficiente, consiguiendo así el objetivo de utilizar la luz natural.



Posición 9, Verano, cielo cubierto

B.V3

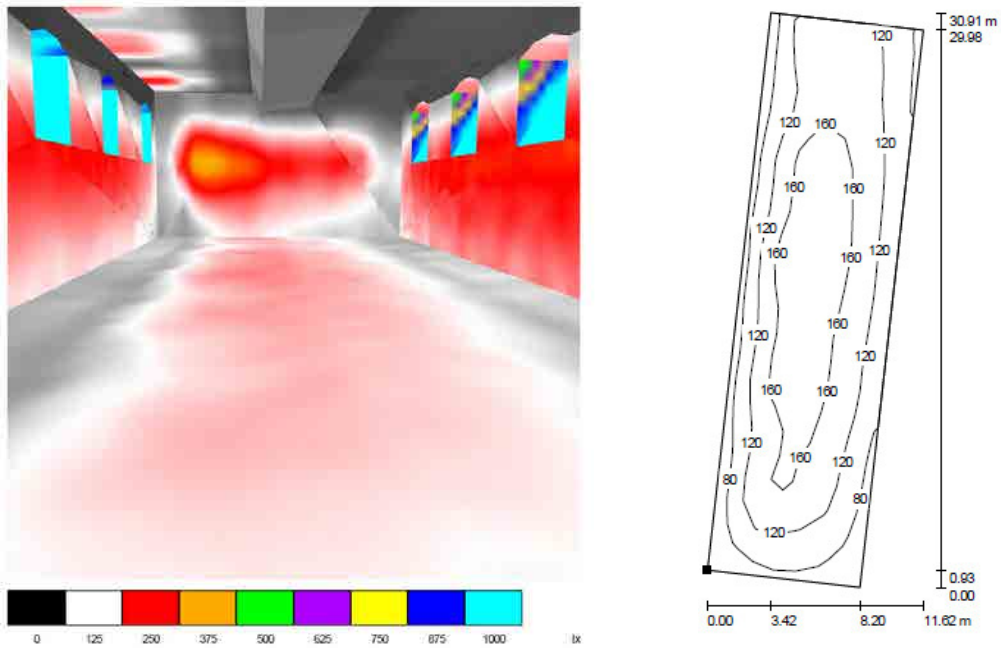


Como podemos ver, los luxes están entre los 60 y los 150 luxes, luz suficiente para cubrir las necesidades de la luz ambiental.



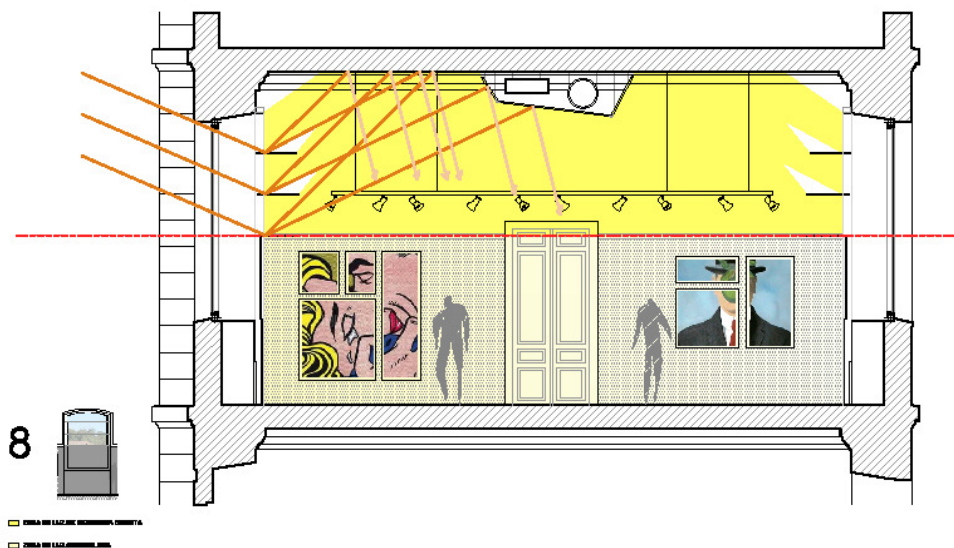
Luz fabril en espacios expositivos

Posición 9, verano, cielo despejado.



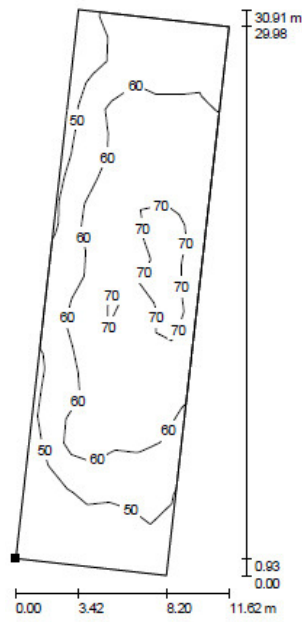
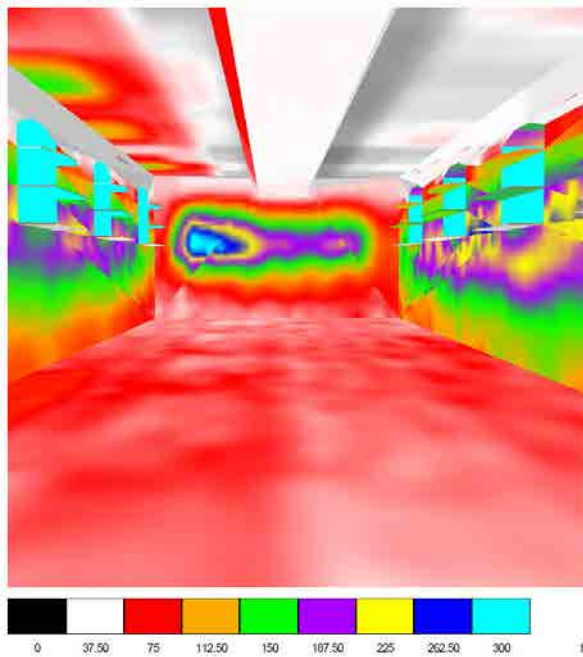
Como podemos ver en las imágenes, los luxes están entre los 120 y los 160, por lo que es una buena iluminación ambiente.

B.V3



Como decíamos, nos valdrán tanto la posición 9 como la 8, pero en la 8 los niveles de iluminación serán menores, pasando a una media como máximo de 60, 70 luxes. así que dependerá de los requerimientos de la exposición:

Posición 8, verano, cielo despejado



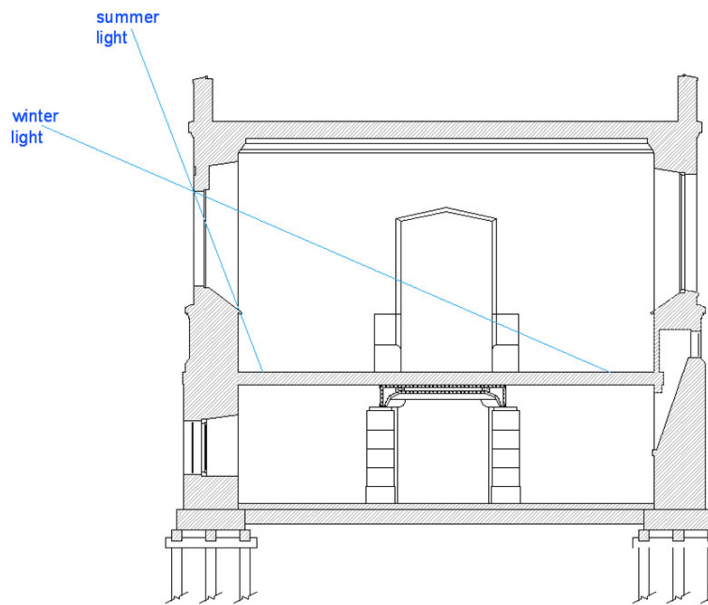
B.V3

Podemos concluir, por tanto que la época del verano, la posición óptima será la posición 9, en el caso de querer unos niveles de iluminación altos, y no tener ningún tipo de incidencia.

Las posiciones restantes de 2 a la 6, no permiten suficiente entrada de luz como para solucionar toda la iluminación ambiental.

**INVIERNO:**

Al tener un ángulo de incidencia menor, la época del invierno, nos da muchos más casos diferenciados que debemos analizar.



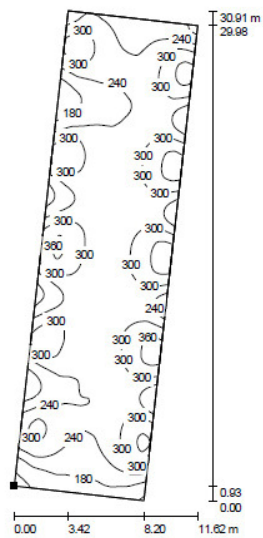
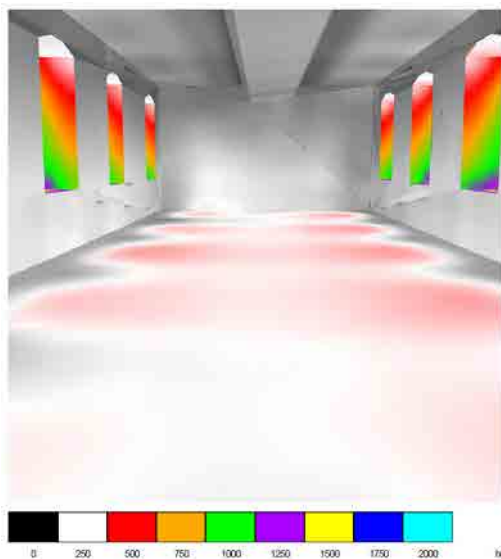
Tal y como hemos dicho hasta ahora, la posición óptima dependerá de las condiciones específicas necesarias para la exposición que se esté iluminando, pero podemos concluir, cuál, de todas ellas, consigue un control de la luz óptimo, manteniendo los niveles de iluminación ambiental necesarios, consiguiendo el equilibrio que permita llegar a un buen ahorro energético.

Analizando los diversos planos de distribución y falso color de las distintas posiciones podemos concluir:

La posición 10, que si nos fijamos en los planos presentados de las distintas posiciones es la misma que la posición 11, y es como si no se hubiese intervenido en el hueco, pero en invierno, en el caso de que tenga un cielo cubierto no se dan incidencias directas, por que se produce un control natural de la luz, se homogeniza por las nubes, pero da unos valores de iluminación muy altos para una exposición, para ser únicamente la luz ambiental.

Si observamos todos los casos, cuando el cielo está cubierto, por esta misma característica la luz no llega tan incidente, pero no elimina la alta iluminación de esa luz incidente, lo que se puede conseguir con el apantallamiento, incrementando la homogeneización y consiguiendo menos iluminación en las zonas que así lo necesitan.

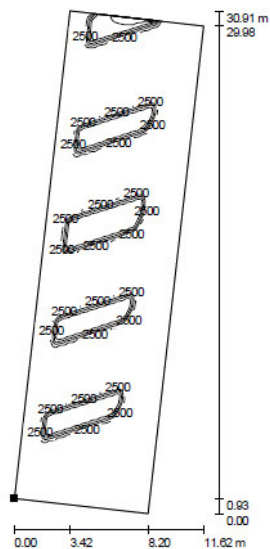
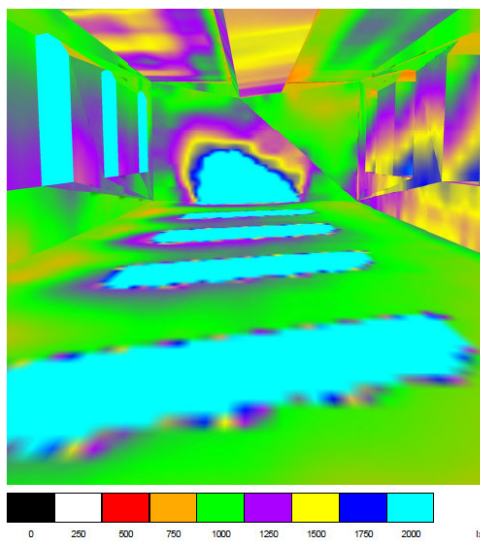
Posición 10, invierno, cielo cubierto.



Como podemos observar, se llegan a valores en el centro de la sala de 300 luxes.

B.V3

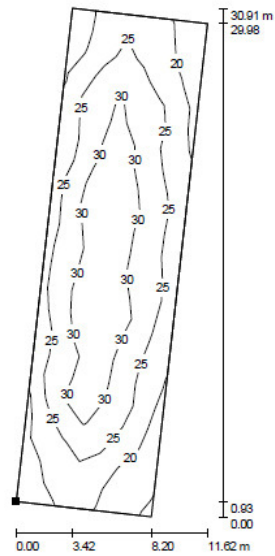
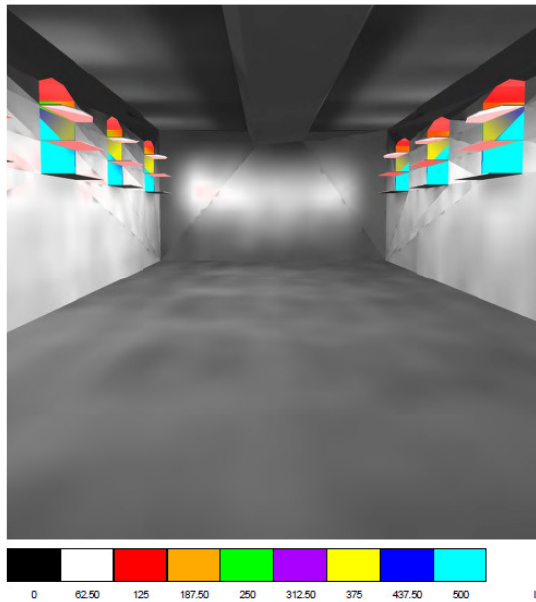
Posición 10, invierno, cielo despejado.



Como podemos ver, en el centro de la sala se producen unas incidencias muy altas, para poder habilitar la sala para cualquier tipo de exposición.

Luz fabril en espacios expositivos

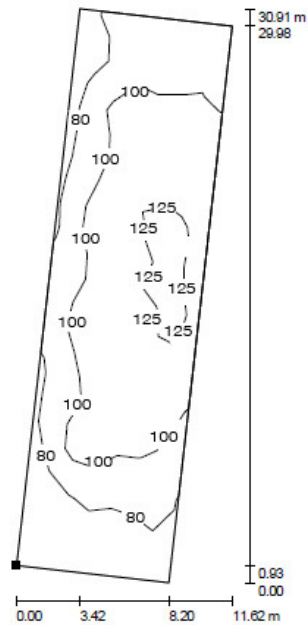
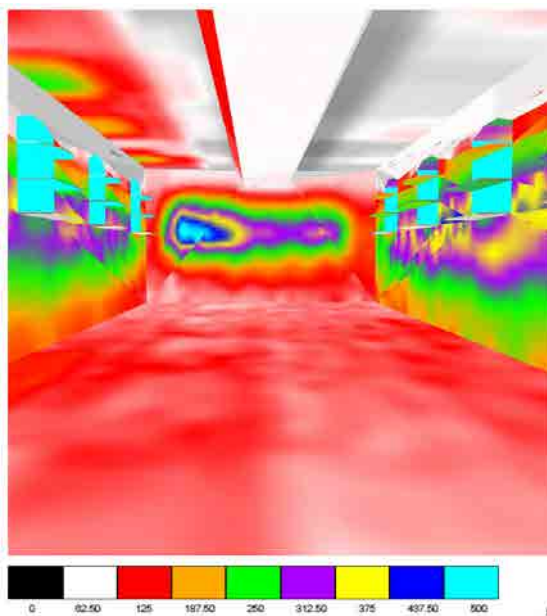
Posición 8, invierno, cielo cubierto.



Según estas imágenes podemos ver que se consigue una homogeneización de la luz que entra en la sala con respecto y una disminución de la iluminación, de 300 luxes en la posición 10, a 30 luxes en el centro de la sala, con las mismas condiciones exteriores.

B.V3

Posición 8, invierno, cielo despejado



Podemos observar que en las últimas imágenes, que con el apantallamiento, conseguimos condiciones homogéneas de luz, con unos valores de iluminación de entre los 80 y 125 luxes, valores válidos para la función que tienen que desarrollar.

Por lo que podemos decir que en la invierno la posición óptima del apantallamiento, será la posición 8, en cielo despejado, y la posición 10 en cielo cubierto, siempre dependiendo de las necesidades de la exposición, pero si queremos que los niveles de iluminación ambiental sean completamente cubiertos por la luz natural, serán estos casos los que se deberán implementar.

Utilizando las posiciones óptimas según la época y la situación del cielo, el ahorro energético puede llegar a alcanzar el 44%.

Es decir casi el 50 % de la energía que se utiliza para la iluminación de manera artificial, se puede ahorrar aprovechando la luz natural y con un sistema para su control, corroborando la importancia que se le viene dando al aprovechamiento de la luz natural en este tipo de espacios.

No sólo conseguiremos mantener una de las características más importantes de la tipología de edificios que queremos rehabilitar, sino que además se consigue un ahorro energético introduciendo luz natural en los espacios expositivos, que proporciona un mayor confort para las personas que lo usan, evitando el desconcierto que provocan los lugares iluminados únicamente con luz artificial.

Esta luz natural controlada es además homogénea, y por lo tanto no interrumpe la buena exposición de las obras.

***En conclusión, la luz natural que proporcionan las fábricas, que son objeto de rehabilitación como espacios expositivos, no sólo se puede utilizar, y por tanto, no dejar siempre tapiados los huecos, sino que además hemos visto, que realizando un estudio pormenorizado, del proyecto concreto, aplicando el método que hemos elaborado, se consigue optimizar el sistema de apantallamiento para que tenga múltiples posibilidades que se adapten a las necesidades de cada momento, de cada época y de cada tipo de cielo, ofreciendo una flexibilidad que normalmente no se soluciona con un solo sistema, si no con una inversión económica en la adecuación de la sala lumínicamente cada vez que ésta cambia de exposición.***

