

**UNIVERSIDAD DE SONORA**  
DIVISION DE HUMANIDADES Y BELLAS ARTES  
DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA Y DISEÑO

**PROGRAMA DE ARQUITECTURA**

The seal of the University of Sonora is a circular emblem. It features an owl at the top, a central shield with a lamp and an open book, and the motto "TODO LO ILUMINAN" below the shield. The year "1942" is inscribed at the bottom. The words "UNIVERSIDAD DE SONORA" are written around the perimeter of the seal.

**REMDELACIÓN DE CENTRO CRISTIANO  
IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE  
EN CRISTO JESUS EN HERMOSILLO**

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE ARQUITECTO

PRESENTA:

**ROGELIO PEREZ REYES**

**DIRECTORA DE TESIS  
DRA. IRENE MARINCIC LOVRIHA**

**Hermosillo, Sonora**

**FEBRERO DE 2014**

# Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

## Índice

Introducción	
Objetivos	I
Justificación	II
Metodología	III
1. Antecedentes	
1.1 Antecedentes Generales	2
1.2 Características de la liturgia cristiana	4
2. Marco Teórico	
2.1 Principios básicos de acústica	6
2.2 Principios básicos de diseño térmico	29
2.3 Principios básicos de diseño lumínico	32
3. Estudios Preliminares	
3.1 Medio Social y Usuario	
3.1.1 Tipo de Usuario	52
3.1.2 Deseos y Necesidades	52
3.2 Medio Urbano	
3.2.1 Ubicación	54
3.2.1.2 Uso de Suelo	54
3.2.3 Estudio de Impacto Ambiental	55
3.2.4 Imagen Urbana	55
3.2.5 Equipamiento e Infraestructura	55
3.2.5.1 Agua Potable	55
3.2.5.2 Drenaje Pluvial	55
3.2.5.3 Alcantarillado	56
3.2.5.4 Electricidad	56
3.2.5.5 Transporte Público	57
3.2.5.6 Vialidades	57
3.3 Medio Físico	
3.3.3 Clima	58
3.3.4 Vegetación	58
3.3.5 Fauna	59
3.3.6 Conclusiones	60

4. Análisis del estado actual del edificio	
4.1 Levantamiento arquitectónico	61
4.2 Análisis acústico	70
4.3 Análisis térmico	71
4.4 Análisis lumínico	71
5. Propuesta de remodelación	
5.1 Memoria Descriptiva	73
5.2 Apuntes perspectivas y plantas de presentación	75
5.3 Planos Arquitectónicos de la propuesta	84
6. Evaluación de la propuesta	93
Conclusiones	96
Bibliografía y Referencias	97
Anexos	
I: Planos Estructurales & de Instalaciones	
II: Presupuesto Preliminar	

## Introducción

La intención de este documento es el de estudiar las posibilidades de mejoramiento de un edificio existente y dotar o mejorar, según sea el caso, la eficiencia energética, acústica y de isóptica del mismo. Siendo el alcance del trabajo muy variado en cuanto a disciplinas científicas, se ha optado por tomar un enfoque práctico y de análisis de resultados de la propuesta arquitectónica, producto en gran parte de la introducción de herramientas de diseño asistido por computadora, las cuales toman los datos recabados por el autor del documento en sitio y de fuentes bibliográficas y ejecutan gran parte de los cálculos requeridos para arrojar números concretos que puedan ser utilizados en toma de decisiones durante la labor de diseño arquitectónico.

El edificio en cuestión es una estructura edificada a finales de la década de los años 60 y, para la comunidad de usuarios que han ido y venido y permanecido en él, es parte integral de su vida cotidiana, en numerosos casos, ha sido el escenario de acontecimientos muy importantes en la vida de individuos particulares. Cuenta, por lo tanto, con una carga emocional imposible de cuantificar, y es debido a esto, que se ha tratado, en la medida de lo posible, de conservar la disposición espacial actual, así como de tomar en cuenta las inquietudes de toda la comunidad de personas y asistentes eventuales en la elaboración de esta, que a fin de cuentas es, su propuesta arquitectónica.

Los temas abordados en este documento son el mejoramiento de las características acústicas, térmicas y lumínicas del edificio, así como una redistribución general de ciertos componentes de uso cotidiano que se han ido implementando en este de manera improvisada, dotándolos de un carácter oficial dentro del inmueble al darles un espacio definido y adecuado a las características propias de las actividades que se realizan en el.

La acústica del edificio, en opinión del autor de este documento, así como de los encargados del equipo de sonido, deja mucho que desear, por lo que hasta cierto punto se ha convertido a este tema en particular en el punto focal del trabajo, y se ha incluido toda la información que se ha considerado pertinente para definir las razones de los alcances dentro de los que se ha trabajado en esta propuesta. Además es de notarse el cuidado con el que se ha abordado el tema de eficiencia energética del edificio, ya que es de especial consideración para los usuarios debido al costo monetario que representa utilizar el inmueble y se espera que a partir de las mejoras contempladas en este documento, sea posible reducir en la mayor cantidad posible las cantidades requeridas para mantenerlo en funcionamiento. Cabe señalar aquí, que este tipo de infraestructura es operada, mantenida y administrada por los mismos miembros y, tratándose de una organización civil sin fines de lucro, les es necesario hacer el uso más óptimo posible de todos los recursos a su disposición, ya sea de personal o monetario.

Sin más que agregar por el momento, se deja a consideración del lector los datos que sirvieron de fuente en la elaboración de este documento, así como el resultado final como referencia del trabajo llevado a cabo a fin de terminar este edificio, el cual es, a fin de cuentas, al igual que la gente que lo utiliza, una obra en proceso de mejora continua.

## I. Objetivo

### Objetivos Generales:

Modernizar el espacio del recinto de ceremonias y reconfigurar el espacio administrativo del centro cristiano para proveer a los miembros de la comunidad de espacios más adecuados y cómodos en sus actividades religiosas.

### Objetivos Particulares:

- Disminuir los costos de operación y consumo de energía del inmueble.
- Proveer al edificio de confort térmico, lumínico y acústico.
- Mejorar la disposición y características físicas de ciertas áreas de uso cotidiano.

## II. Justificación

La 1ª. Iglesia de la asociación civil “Iglesia Apostólica de la Fe en Cristo Jesús”, fue construida en los años 1960, siendo la primera de esta asociación en la ciudad, por los mismos miembros de esta comunidad y con recursos aportados por los fieles.

Hoy en día, la Iglesia cuenta con 14 centros en la ciudad, y alrededor de 500 en el país, llegando algunas de estas congregaciones a los 1000 miembros por centro. Hoy en día, el centro en cuestión cuenta con una población de feligreses de aproximadamente 600 miembros. Siendo este centro uno de los mayores en la ciudad, y tomando en cuenta la antigüedad del centro, se ha decidido remodelarlo, añadiendo nuevos espacios, incluyendo nuevas características a otros existentes, y cambiando la ubicación de otros, en respuesta a las demandas actuales de la comunidad. Se señala además, la necesidad de disminuir el consumo de energía eléctrica, particularmente de los aparatos de aire acondicionado, así como disminuir los niveles de ruido perceptible desde el exterior.

Además de contarse con una mayor cantidad de fondos esta vez, la comunidad cristiana del centro desea a su vez dotar de más y mejores medios de enseñanza y difusión de la doctrina, valiéndose de tecnologías y materiales que no estuvieron a su disposición en el tiempo de la primera construcción. Se planea, a su vez, dotar al inmueble de un área de enfermería, reforzar la seguridad del edificio contra incendios, además de robo, siendo este último problema de reciente aparición, al no contar con un área de estacionamiento mejor definida.

## III. Metodología

El proceso de diseño que se seguirá para llegar a una respuesta satisfactoria de adecuación del espacio arquitectónico analizado en este escrito, será el siguiente:

- Investigación inicial: Se consultará con los usuarios y propietarios del conjunto de edificios las necesidades cubiertas y por cubrir del centro, detallando afluencia de personas, ubicación de las zonas de mayor conflicto, funciones que desempeñan los espacios existentes y las necesidades percibidas por la comunidad de feligreses en general. Se realizará también una evaluación del estado actual del inmueble, así como presenciar el funcionamiento del mismo durante los servicios para observar los puntos de mayor conflicto, además de experimentar los problemas de acústica mencionados anteriormente, tomar nota sobre todas las fuentes sonoras y su naturaleza, así como el equipo electrónico utilizado en la sonorización, la potencia y el rango sonoro en que opera dicho equipo.
- Análisis de desempeño térmico: Para llegar a una solución óptima a los problemas del inmueble en cuestión, se realizará un levantamiento y se evaluará la condición en que se encuentra en cuanto a instalaciones, estructura, y desempeño energético, para posteriormente considerar el punto de partida más apropiado para comenzar las obras de remodelación, tomando en cuenta los recubrimientos, los acabados interiores y exteriores, cancelería, y cubiertas.
- Análisis de desempeño acústico: Se evaluará el desempeño acústico del lugar, y posteriormente se recabará información acerca de métodos de aislamiento y acondicionamiento acústico, para luego proponer una solución óptima al problema.
- Análisis de desempeño lumínico: Tomando en cuenta el cambio en acabados mayormente en el interior de la nave principal, y que las superficies de los materiales de absorción acústicos poseen ranuras, rugosidad y detalles que pueden modificar en gran manera el desempeño del esquema lumínico, se elaborará una propuesta adecuada a los nuevos acabados.
- Propuesta de soluciones que satisfagan requerimientos arquitecto, en general, así como acústicos, térmicos y lumínicos. Mediante programas de simulación se intentará demostrar la veracidad de las estrategias de remodelación del recinto, así como los valores que se espera obtener.

## CAPITULO 1: ANTECEDENTES

### 1.1 Antecedentes Generales

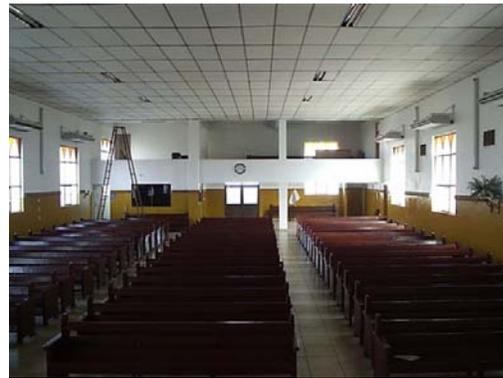
Actualmente el edificio cuenta con dos áreas principales, una ubicada en la esquina de las calles Reforma y Campeche en la colonia San Benito, en la que se encuentra del Templo, y la otra en la esquina opuesta del lado poniente de la calle reforma, en donde se encuentran un pequeño conjunto de edificios de salones, oficinas, cocina, comedor, un tejaban en donde se realizan algunas actividades esporádicas, y una casa habitación en donde reside el reverendo y su familia. Solo se cuenta con un área de estacionamiento propia para 4 vehículos, el área de banquetas, así como el área del tejaban, que se utiliza como estacionamiento según se presenta la necesidad, sin embargo, esta última área no se parte propiamente dicho del proyecto, según las disposiciones del reglamento de construcción.

Al costado sur del edificio, se halla una extensión de terreno sin construcción de aproximadamente 6 a 7 metros de ancho, por todo lo largo de la construcción, la cual se planea utilizar para construir ciertas áreas que se desean trasladar del conjunto norte al edificio principal, y dejar así espacio para eventualmente utilizar como estacionamiento.

La techumbre del templo está construida con estructura de aluminio, láminas y PTR, con un espacio que funciona como colchón térmico. Sin embargo, gran parte de la ganancia de calor es transmitida precisamente por esta área, por lo que se desea cambiarla por algún materia aislante, con mayor resistencia y solidez, a fin de soportar una estructura en la cual se puedan colocar aparatos de audio como amplificadores, cableado, y algunas otros aditamentos audiovisuales, utilizados de diario en los servicios del templo, para dejar libre de estos el área del altar y el púlpito. Se desea también proveer un área mejor definida para el conjunto musical, colocándolo en un lugar donde no impida el tráfico hacia un área de cuartos en segunda planta, a espaldas del púlpito, como se observa en las siguientes imágenes.



1.1 Área del púlpito con la pila bautismal inmediatamente sobre ésta.



1.2 Área de bancas vista desde el púlpito, donde se alcanzan a observar el mezzanine, la oficina utilizada por el pastor, y el área vestibular.



1.3 Vista desde área de mezzanine, se alcanzan a apreciar las grandes ventanas a ambos lados de la nave, las cuales aportan una enorme ganancia de calor al recinto al no contar con un cristal adecuado que minimice el paso del mismo.



1.4 Área de mezzanine. Como se observa, ha caído en desuso debido a las malas condiciones de isotópica y acústica que presenta.



1.5 Vista fronta del edificio. A lado izquierdo de la imagen se observa el portón que da acceso al área sin construcción que se pretende utilizar para la expansión del proyecto.



1.6 Vista norte del edificio, donde se puede apreciar el mal estado de las áreas circundantes.



1.7 Acercamiento de la entrada. Se puede observar que, aunque el área cuenta con rampas, estas no tienen las medidas especificadas en el reglamento de construcción en la sección de acceso para personas con discapacidad.

## 1.2 Características de la liturgia cristiana.

Es la opinión del autor de este documento que es necesaria la descripción de los componentes de la liturgia en una iglesia perteneciente a la asociación civil Iglesia Apostólica de la Fe en Cristo Jesús, para entender más a fondo la naturaleza y funcionalidad requeridas en un recinto religioso perteneciente a dicha organización. En dicha descripción se hace un sumario de actividades generales presentes en todas las iglesias que operan en nuestra ciudad, y más específicamente para la congregación que se reúne en el edificio sobre el cual trata este escrito. La duración, orden y algunos elementos pueden variar entre congregaciones.

12:00pm - Inicio de Servicios  
 12:00pm – 12:30pm - Ministrado con acompañamiento musical  
 12:30pm – 1:00pm - Recolección de Diezmos y Ofrenda, Anuncios  
 1:00pm – 2:30pm - Sermón  
 2:30pm – 3:00pm - Oración y Anuncios Finales

Durante todos estos servicios es una sola persona la que ministra desde el altar. En ocasiones especiales como días de significación religiosa, como es navidad y semana santa, se efectúan presentaciones de coros y presentaciones teatrales pequeñas, todo esto realizado por los mismos miembros de la congregación.

El creyente cristiano no le rinde culto a otro ser que no sea Dios. No se llevan a cabo actos de adoración ni proselitismo, dirigidos a la adoración de los comúnmente llamados santos, los cuales se veneran en otras denominaciones judeo-cristianas. Esta ausencia de practica toma base en pasajes como el siguiente:

*“Al Señor tu Dios adorarás, y a Él solo servirás.”<sup>1</sup>*

*Mateo 4:11*

El cual, a su vez, viene a ser cita de un pasaje anterior, en Deuteronomio 6:13. Siendo así, toda clase de nichos, cruces, o cualquier tipo de parafernalia como incensarios, copas, y demás objetos de tipo ornamental a los que se les rinda alguna clase de reverencia se encuentran ausentes en los recintos provenientes de esta afiliación religiosa. Las religiones pentecostales, como esta, creen más bien que es la persona misma la que debe de tomar el lugar de todo este género de objetos o espacios sacros, siendo pasajes como el siguiente una de las bases más significativas para esta forma de ejercer la fe cristiana en particular:

*“Así que, hermanos, os ruego por las misericordias de Dios, que presentéis vuestros cuerpos en sacrificio vivo, santo, agradable a Dios, que es vuestro culto racional.”<sup>2</sup>*

*Romanos 12:1*

De este modo, el único lugar dentro del inmueble en cuestión con alguna importancia jerárquica de algún tipo sería el altar, pues es desde este espacio que el pastor se dirige a la congregación, los músicos ejecutan su trabajo y los coros realizan su parte en los servicios especiales.

1,2. *La Biblia*, Versión Reyna-Valera. 1960.

## CAPITULO 2: MARCO TEORICO

## 2.1 Principios Básicos de la Acústica

### Introducción

A modo de introducción se describen las actividades llevadas a cabo dentro del recinto que requieren de algún tipo de realce o especial atención al desempeño acústico.

- Presentaciones Teatrales.
- Recitales de Canto, Presentaciones de Coro y Oratoria
- Conciertos a pequeña escala.

Además de lo anterior, se pretende en un futuro poder realizar grabaciones de música en vivo durante eventos y presentaciones. Por todo esto, se tomará el área a diseñar como espacio multifuncional para la selección de estrategias de diseño. Al llegar a la toma de decisiones, el recinto se modelará en Ecotect para simular las condiciones de trabajo del lugar terminado y así corroborar que los valores sean acordes con el resultado buscado.

El acondicionamiento acústico de un recinto se obtiene mediante el revestimiento de las superficies del mismo con diversos tipos de materiales con diferentes características de absorción o refracción de energía en posiciones estratégicas que ayuden a lograr en instancias, reducir los tiempos de reverberación, dirigir ciertos rangos de frecuencia sonora en determinadas direcciones, o amplificar, esto último mediante apoyo de bocinas eléctricas, segmentos específicos de sonidos en una presentación para lograr así un balance y obtener de ese modo que la experiencia sonora sea inteligible en el mayor de los grados en cualquier punto del recinto.

Se realizó un estudio utilizando un sonómetro digital, marca BK Precisión, modelo 735 y se obtuvieron lecturas que indican que los niveles en decibelios del recinto en uso van desde 60 a 85 dB.

### 2.1.1 Principios básicos del sonido

La forma más habitual para definir el sonido es la siguiente:

Se trata de una vibración mecánica que se propaga a través de un medio elástico y denso, en este caso, dicho medio se trata del aire. A diferencia de la luz, el sonido no viaja a través del vacío y ejerce un estímulo físico.

#### 2.1.1.1 Generación y propagación del sonido

El elemento generador del sonido se denomina fuente sonora. La generación del sonido tiene lugar cuando dicha fuente entra en vibración. Dicha vibración es transmitida a las partículas de aire adyacentes a la misma que, a su vez, la transmiten a nuevas partículas contiguas.

Las partículas no se desplazan con la perturbación, sino que simplemente oscilan alrededor de su posición de equilibrio. La manera en que la perturbación se traslada de un lugar a otro se denomina propagación de la onda sonora.

La manera más habitual de expresar cuantitativamente la magnitud de un campo sonoro es mediante la presión sonora, o fuerza que ejercen las partículas de aire por unidad de superficie.

#### 2.1.1.2 Frecuencia del sonido

El número de oscilaciones por segundo de la presión sonora se denomina frecuencia del sonido y se mide en hertz (Hz) o ciclos por segundo (c/s).

#### 2.1.1.3 Espectro frecuencial

La gran mayoría de los sonidos que percibimos no constan únicamente de una sola frecuencia, sino que están constituidos por múltiples frecuencias superpuestas. Incluso cada uno de los sonidos generados por un instrumento musical está formado por más de una frecuencia. Se puede conocer qué frecuencias componen un sonido observando el denominado espectro frecuencial (o simplemente espectro) del mismo, entendiéndolo por tal la representación gráfica de las frecuencias que lo integran junto con su correspondiente nivel de presión sonora.

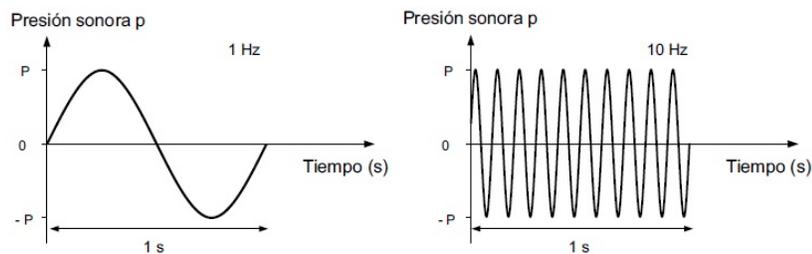


Fig. 2.1.1 Ejemplos de oscilaciones de frecuencias 1 y 10 Hz

#### 2.1.1.4 Clasificación de los sonidos

Los sonidos se dividen en deterministas y aleatorios. Los primeros se pueden representar siempre mediante una expresión matemática que indica la forma en que varía la correspondiente presión sonora en función del tiempo. Los segundos, en cambio, van asociados a vibraciones irregulares que nunca se repiten exactamente y que, por tanto, solamente se pueden describir mediante parámetros estadísticos.

### 2.1.1.5 Banda de frecuencias

Las notas inferior y superior de un piano de 88 teclas tienen unas frecuencias fundamentales de 27,5 Hz y 4.400 Hz, respectivamente. La primera corresponde a un sonido muy grave, mientras que la segunda va asociada a uno muy agudo. Por consiguiente, un sonido grave está caracterizado por una frecuencia baja, en tanto que uno agudo lo está por una frecuencia alta. El conjunto de frecuencias situado entre ambos extremos se denomina banda o margen de frecuencias del piano. Dicha definición es válida para cualquier fuente sonora. En la figura 2.1.2 se muestran las diferentes bandas de frecuencias asociadas a diversos instrumentos musicales y a la voz humana.

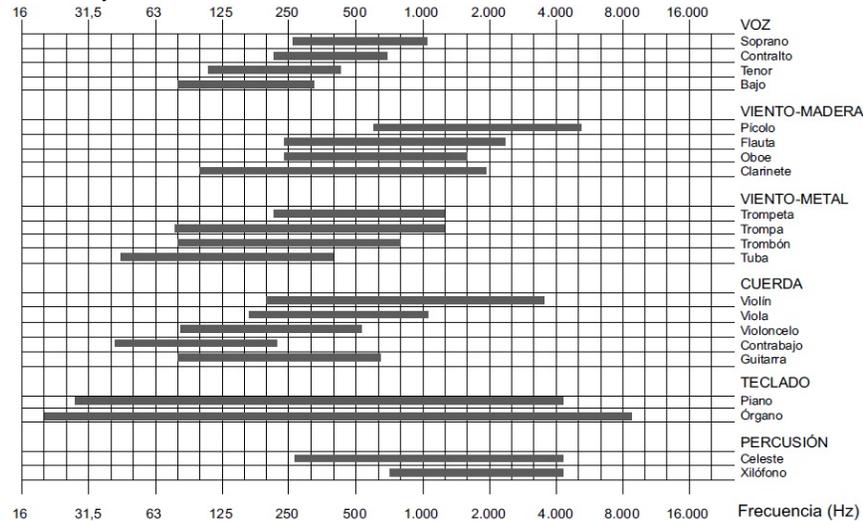


Fig. 2.1.2 Bandas de frecuencias de instrumentos musicales y de la voz

En el caso de la audición humana, la banda de frecuencias audibles para una persona joven y sana se extiende, aproximadamente, de 20 Hz a 20.000 Hz (o bien 20 kHz).

### 2.1.1.6 Velocidad de propagación del sonido

La velocidad de propagación del sonido es de, aproximadamente, 345 m/s, siendo afectada por diversos factores ambientales. Si bien el aire constituye el medio habitual de propagación de las ondas sonoras, conviene tener presente que el sonido puede propagarse a través de cualquier otro medio elástico y denso. Cuanto más denso y menos elástico sea el medio, mayor será la velocidad del sonido a su través.

### 2.1.1.7 Longitud de onda del sonido

Se define como la distancia entre dos puntos consecutivos del campo sonoro que se hallan en el mismo estado de vibración en cualquier instante de tiempo. Por ejemplo, si en un instante dado se seleccionan dos puntos consecutivos del espacio donde los valores de presión son máximos, la longitud de onda es precisamente la distancia entre ambos puntos (figura 2.1.3).

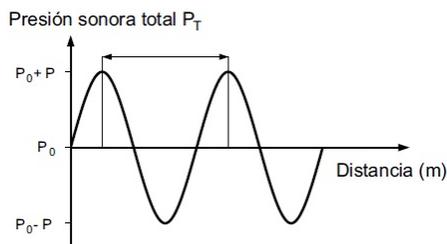


Fig. 2.1.3 Longitud de onda ( $\lambda$ ) del sonido

La relación entre las tres magnitudes: frecuencia ( $f$ ), velocidad de propagación ( $c$ ) y longitud de onda ( $\lambda$ ), viene dada por la siguiente expresión:

$$\lambda = c/f$$

Según se observa, para cada frecuencia, la longitud de onda depende del medio de propagación, ya que es proporcional a la velocidad, y ésta varía para cada medio. Por otro lado, se puede ver que la longitud de onda y la frecuencia son inversamente proporcionales, es decir, cuanto mayor es  $f$  menor es  $\lambda$ , y viceversa.

Por ejemplo, en el aire, las longitudes de onda correspondientes a la banda de frecuencias audibles se hallan situadas entre 17,25 m ( $f = 20$  Hz) y 1,72 cm ( $f = 20$  kHz).<sup>2</sup>

### 2.1.1.8 Nivel de presión sonora (SPL)

La gama de presiones a las que responde el oído, desde el valor umbral de audición hasta el que causa dolor, es extraordinariamente amplia. En concreto, la presión eficaz sonora más débil que puede ser detectada por una persona, a la frecuencia de 1 kHz, mientras que el umbral de dolor tiene lugar para una presión eficaz del orden de 100 Pa (milésima parte de la presión atmosférica terrestre). En consecuencia, la aplicación directa de una escala lineal conduciría al uso de números inmanejables.

Nuestro sistema auditivo no responde linealmente a los estímulos que recibe, sino que más bien lo hace de forma logarítmica. Por ejemplo, si la presión de un tono puro de 1 kHz se dobla, la sonoridad, o sensación subjetiva producida por el mismo, no llegará a ser el doble. De hecho, para obtener una sonoridad doble, es necesario multiplicar la presión sonora por un factor de 3,16.

<sup>2</sup> Carrion, Antoni *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónico*. 1996

A continuación mostramos una escala muy simplificada de los cambios en la presión sonora, medida en decibelios (dB), para ejemplificar los cambios y las reacciones que ocurren en todo momento que se presentan variaciones:

- 1 dB: mínimo cambio de nivel sonoro perceptible
- 5 dB: cambio de nivel claramente percibido
- 10 dB: incremento asociado a una sonoridad doble

En la tabla 2.1.1 se muestran los niveles de presión sonora correspondientes a una serie de sonidos y ruidos típicos, junto con la valoración decibélica asociada.

FUENTE SONORA	NIVEL DE PRESIÓN SONORA SPL (dB)	VALORACION SUBJETIVA DEL NIVEL
Despegue avión (a 60 m)	120	Muy elevado
Edificio en construcción	110	
Martillo neumático	100	
Camión pesado (a 15 m)	90	Elevado
Calle (ciudad)	80	
Interior automóvil	70	
Conversación normal (a 1 m)	60	Moderado
Oficina, aula	50	
Sala de estar	40	
Dormitorio (noche)	30	Bajo
Estudio de radiodifusión	20	

Tabla 2.1.1 Niveles de presión sonora correspondientes a sonidos y ruidos típicos, y valoración subjetiva asociada.

En la figura 2.1.3 se representan los niveles medios de presión sonora a 1 m de distancia producidos por una persona hablando con diferentes intensidades de voz.



Fig. 2.1.3 Niveles medios de presión sonora SPL, a 1 m de distancia producidos por una persona hablando con diferentes intensidades de voz.<sup>3</sup>

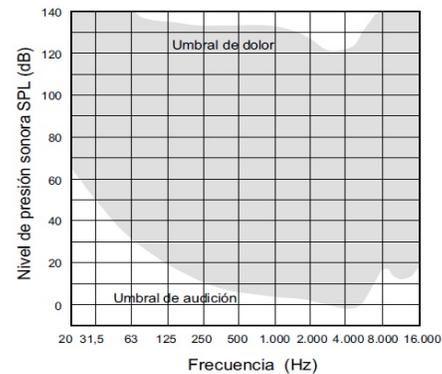


Fig. 2.1.4 Niveles audibles en función de la frecuencia.

### 2.1.1.9 Relación entre niveles de presión sonora (SPL) y frecuencia (f)

La banda de frecuencias audibles para una persona joven con una audición normal, va desde 20 Hz (sonidos más graves) hasta 20.000 Hz ó 20 kHz (sonidos más agudos). Ahora bien, el oído humano no tiene la misma sensibilidad para todo este margen de frecuencias. En la figura 2.1.4 se observa la variación de los umbrales de audición y de dolor en función de la frecuencia.

A partir de la observación de la figura 2.1.4, se extraen las siguientes conclusiones:

- Para niveles bajos de presión sonora, el oído es muy insensible a bajas frecuencias, es decir, el nivel de presión sonora de un sonido grave tiene que ser mucho más elevado que el correspondiente a un sonido de frecuencias medias para que ambos produzcan la misma sonoridad. Por ejemplo, un nivel SPL = 70 dB, a 20 Hz, produce la misma sonoridad que un nivel SPL = 5 dB, a 1 kHz (sonoridad = sensación subjetiva de nivel sonoro).
- Para dichos niveles bajos, el oído también presenta una cierta atenuación a altas frecuencias.
- A medida que los niveles aumentan, el oído tiende a responder de forma más homogénea en toda la banda de frecuencias audibles, hasta el punto de que cuando son muy elevados, la sonoridad asociada a tonos puros de diferente frecuencia es muy parecida.

3. Carrion, Antoni *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónico*. 1996

Este cambio de comportamiento del oído en función del nivel de señal explica el hecho de que al subir el volumen del amplificador de un equipo de música, se percibe un mayor contenido de graves y agudos del pasaje musical reproducido. Igualmente pone de manifiesto la confusión que puede surgir al seleccionar unas cajas acústicas de parecida calidad: las de mayor rendimiento, y que por tanto radian más potencia sonora para la misma potencia eléctrica aplicada, pueden producir la sensación de que suenan mejor, exclusivamente debido a que la percepción de graves y agudos es mayor.

Una vez descrito el comportamiento del oído humano desde el punto de vista de la percepción de niveles en función de la frecuencia, es conveniente establecer una comparación entre los mismos y las zonas representativas de generación sonora asociada a la voz humana y a los instrumentos musicales convencionales (figura 2.1.5).<sup>4</sup>

Según se puede apreciar, la capacidad de la persona como receptora del sonido es mucho mayor que como emisora.

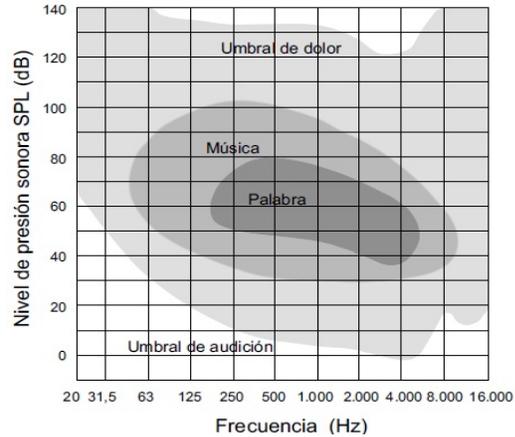


Fig. 2.1.5 Niveles audibles en función de la frecuencia junto con las zonas correspondientes a la música y a la palabra.

**2.1.1.10 Medición del sonido**

Debido a la complejidad del funcionamiento del oído humano, no ha sido posible diseñar un aparato de medida objetiva del sonido que sea capaz de dar unos resultados del todo equivalentes, para cualquier tipo de sonido, a las valoraciones subjetivas asociadas al mismo. Sin embargo, resulta evidente la necesidad de disponer de un instrumento electrónico que permita medir sonidos bajo unas condiciones rigurosamente prefijadas, de manera que los resultados obtenidos sean siempre objetivos y repetitivos, dentro de unos márgenes de tolerancia conocidos. Dicho aparato recibe el nombre de sonómetro (figura 2.1.6). El sonómetro mide exclusivamente niveles de presión sonora. En concreto, mide el nivel de ruido que existe en determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibelio. Cuando el sonómetro se utiliza para medir lo que se conoce como contaminación acústica (ruido molesto de un determinado paisaje sonoro) hay que tener en cuenta qué es lo que se va a medir, pues el ruido puede tener multitud de causas y proceder de fuentes muy diferentes. Para hacer frente a esta gran variedad de ruido ambiental (continuo, impulsivo, etc.) se han creado sonómetros específicos que permitan hacer las mediciones de ruido pertinentes.

En los sonómetros la medición puede ser manual, o bien, estar programada de antemano. En cuanto al tiempo entre las tomas de nivel cuando el sonómetro está programado, depende del propio modelo. Algunos sonómetros permiten un almacenamiento automático que va desde un segundo, o menos, hasta las 24 horas. Además, hay sonómetros que permiten programar el inicio y el final de las mediciones con antelación.<sup>5</sup>

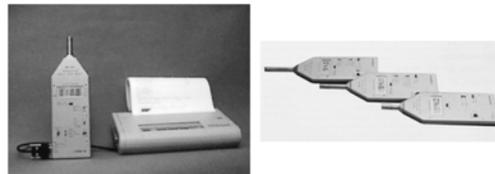


Fig. 2.1.6 Diferentes modelos de sonómetros convencionales (Dicesva, S.L.).

**2.1.1.11 El sistema de fonación humana**

Los órganos que forman parte del sistema de fonación humana y que constituyen el denominado tracto vocal son: los pulmones, la laringe, la faringe, la cavidad nasal y la cavidad bucal (figura 2.1.7).

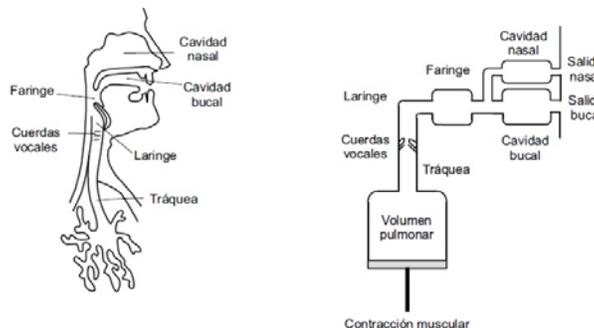


Fig. 2.1.7 Tracto vocal y representación esquemática del mismo.

4. Carrion, Antoni *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónico*. 1996

5. Architectural Press. *Metric Handbook*. 1999

El flujo de aire impulsado por los pulmones pasa por la laringe. En ella se encuentran situadas las cuerdas vocales. Dicho aire provoca un movimiento rápido de abertura y cierre de las mismas (vibración), produciéndose una modulación del mencionado flujo (figura 2.1.8).

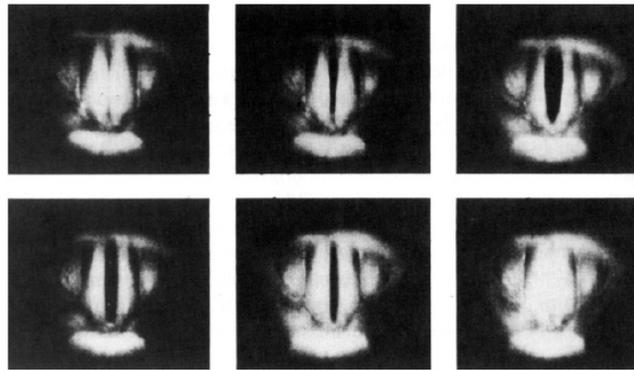


Fig. 2.1.8 Fases sucesivas de un ciclo de vibración de las cuerdas vocales.

La duración de un ciclo completo de abertura y cierre es de aproximadamente 8 ms (milisegundos). Es el denominado pulso glotal (figura 2.1.9). En dicho intervalo la velocidad volumétrica del aire pasa de un valor máximo (máxima elongación de las cuerdas vocales) a un valor nulo (cuerdas vocales en equilibrio)<sup>4</sup>.

El número de ciclos completos por segundo es, en consecuencia, de 125. De esta forma, el espectro frecuencial de la señal generada presenta una máxima contribución a la frecuencia de 125 Hz (frecuencia fundamental) y un conjunto de armónicos situados a frecuencias múltiplos de la anterior (figura 2.1.10).

Dicho espectro resulta alterado como consecuencia de la existencia de las tres cavidades que atraviesa el flujo de aire: faringe, cavidad nasal y cavidad bucal, que actúan a modo de cavidades resonantes. El resultado final no es otro que la voz característica de cada persona.

Los sonidos generados de la forma anteriormente expuesta se denominan sonidos sonoros. A este grupo de sonidos pertenecen todas las vocales, así como aquellas consonantes generadas a partir de la vibración de las cuerdas vocales (/b/, /d/, /g/, etc.).

Existen, además, otro tipo de sonidos denominados sonidos sordos. Dichos sonidos se generan sin vibración alguna de las cuerdas vocales, simplemente mediante una constricción del flujo de aire que atraviesa la cavidad bucal. A este grupo pertenecen la mayoría de consonantes (/s/, /f/, /p/, /t/, /k/, etc.).

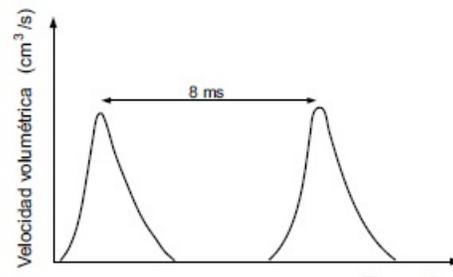


Fig. 2.1.9 Flujo de aire en un pulso glotal.

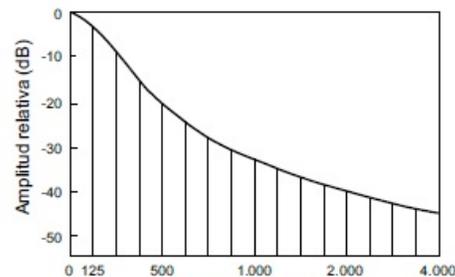


Fig. 2.1.10 Espectro frecuencial de la señal generada por la vibración de las cuerdas vocales.

**2.1.1.12 Características del mensaje oral**

Cuando una persona emite un mensaje, emplea un tiempo mayor en la emisión de las vocales que en la de las consonantes.

La duración en promedio de una vocal es del orden de 90 ms, reduciéndose a 20 ms en el caso de una consonante. El hecho de que la duración de las vocales sea más elevada hace que el nivel de presión sonora asociado a las mismas sea, en promedio, del orden de 12 dB mayor que el correspondiente a las consonantes. Por otra parte, su contenido frecuencial es más rico en bajas frecuencias, mientras que las consonantes presentan una mayor contribución de altas frecuencias.

Por otro lado, el grado de inteligibilidad de la palabra está estrechamente relacionado con la correcta percepción de las altas frecuencias. En consecuencia, son las consonantes las que determinan la comprensión del mensaje oral. En cambio, la información contenida en las vocales es redundante. En la tabla 2.1.2 se resumen las características mencionadas.

	DURACIÓN (PROMEDIO)	CONTENIDO FRECUENCIAL DOMINANTE	NIVEL (PROMEDIO)	CONTRIBUCIÓN A LA INTELIGIBILIDAD DE LA PALABRA
VOCALES	≈ 90 ms	bajas frecuencias	nivel vocales ≈	baja
CONSONANTES	≈ 20 ms	altas frecuencias	nivel consonantes + 12 dB	alta

Tabla 2.1.2 Características más relevantes del mensaje oral.

En la figura 2.1.11 se muestra la contribución de cada banda de frecuencias de octava al nivel de la voz y a la inteligibilidad de la palabra.

Según se puede observar, la máxima contribución al nivel de la voz se sitúa en la zona de frecuencias medias, destacando la banda de 500 Hz con un 46%. En cambio, la máxima contribución a la inteligibilidad de la palabra está situada a frecuencias más elevadas (57% sumando la contribución de las bandas de 2 y 4 kHz).<sup>6</sup>

6. Carrion, Antoni *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónico*. 1996

**2.1.1.13 Directividad de la voz humana**

En general, cualquier fuente sonora radia más potencia en unas direcciones que en otras y, por tanto, presenta una cierta directividad. Dicha directividad depende de la frecuencia y aumenta con la misma.

La manera de expresar la directividad de una fuente sonora en un punto cualquiera del espacio es mediante el denominado factor de directividad Q.

El factor Q depende de la relación entre el nivel de presión sonora producido por dicha fuente en la dirección considerada y el nivel que se obtendría si la fuente no fuese directiva. Cuanto mayor sea el nivel de presión sonora en una dirección determinada, mayor será el valor de Q en dicha dirección.

La voz humana presenta unas características de directividad que vienen determinadas por el sistema de fonación y la forma de la cabeza, siendo la dirección frontal la de mayor directividad. Si bien la directividad aumenta con la frecuencia (figura 2.1.12), a efectos prácticos, se considera que el factor de directividad de la voz humana en la dirección frontal es  $Q=2$ .

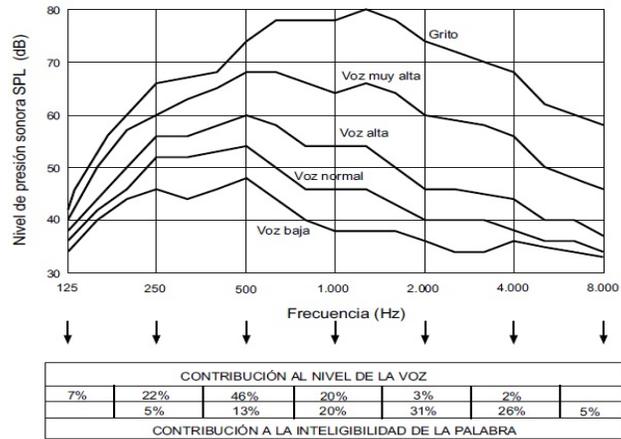


Fig. 2.1.11 Contribución frecuencial al nivel de la voz y a la inteligibilidad de la palabra.

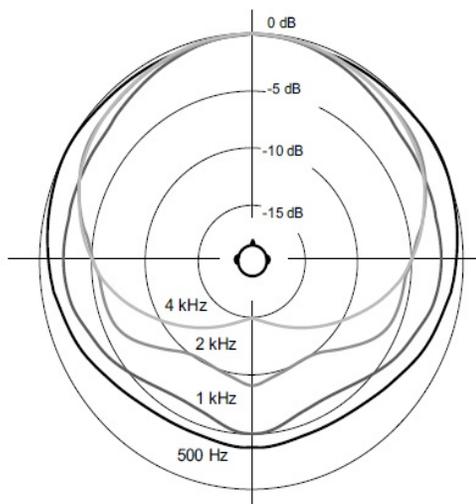


Fig. 2.1.12 Directividad de la voz humana en las bandas de octava comprendidas entre 500 Hz y 4 kHz (según Moreno y Pfretzschner).

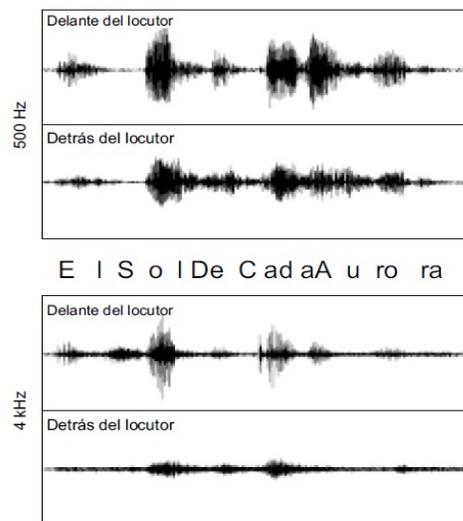


Fig. 2.1.13 Evolución del nivel de señal correspondiente a una frase filtrada en las bandas de frecuencias centradas en 500 Hz y 4 kHz

A título de ejemplo de todo lo expuesto anteriormente, en la figura 2.1.13 se muestra la evolución de una frase filtrada en las bandas de 500 Hz y 4 kHz, suponiendo que la escuchase realiza delante y detrás del locutor.<sup>2</sup>

De su observación se desprende lo siguiente:

- El nivel de presión sonora es más alto en la banda de 500 Hz que en la de 4 kHz.
- El nivel sonoro asociado a las vocales es más elevado que el correspondiente a las consonantes.
- La directividad de la voz humana provoca una percepción menor detrás del locutor, a la vez que la diferencia delante-detrás es efectivamente más notable en la banda de 4 kHz, por ser la voz más directiva a medida que la frecuencia considerada es mayor.

**2.1.1.14 Propagación del sonido en el espacio libre**

Cuando una fuente sonora situada en un recinto cerrado es activada, genera una onda sonora que se propaga en todas las direcciones. Un oyente ubicado en un punto cualquiera del mismo recibe dos tipos de sonido: el denominado sonido directo, es decir, aquél que le llega directamente desde la fuente sin ningún tipo de interferencia, y el sonido indirecto o reflejado originado como consecuencia de las diferentes reflexiones que sufre la onda sonora al incidir sobre las superficies límite del recinto. A continuación se exponen una serie de conceptos asociados al sonido único que llegaría a dicho oyente si estuviese situado en el espacio libre.

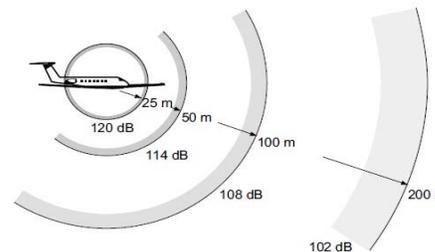


Fig. 2.1.14 Ejemplo de propagación esférica en el espacio libre.

En primer lugar, se considera una fuente sonora omnidireccional, es decir, una fuente que radia energía de manera uniforme en todas las direcciones (factor de directividad  $Q=1$ ). El hecho de que la radiación sea uniforme implica que, a una distancia cualquiera de la fuente, el nivel de presión sonora SPL será siempre el mismo, con independencia de la dirección de propagación considerada. Es la llamada propagación esférica.

A medida que uno se aleja de la fuente, la energía sonora se reparte sobre una esfera cada vez mayor, por lo que el nivel SPL en cada punto va disminuyendo progresivamente. En concreto, la disminución del mismo es de 6 dB cada vez que se dobla la distancia a la fuente. Es la denominada ley cuadrática inversa y significa que el valor de la presión sonora se reduce a la mitad. En la figura 2.1.14 se muestra la mencionada disminución del nivel SPL con la distancia en el caso de que la fuente sonora sea un avión.

Para que una fuente sonora radie de forma omnidireccional es necesario que sus dimensiones sean pequeñas respecto a la longitud de onda del sonido emitido y que el receptor esté alejado de la misma. Si bien existe toda una variedad de fuentes sonoras omnidireccionales, también es cierto que el cumplimiento simultáneo de ambos requisitos es difícil, sobre todo si la banda de frecuencias considerada es amplia. Es el caso de la voz humana que, como se ha visto en el apartado anterior, constituye un claro ejemplo de fuente directiva.

A través de la realización de una serie de experimentos, se ha podido averiguar que un mensaje oral emitido en una zona silenciosa (en ausencia de fenómenos atmosféricos ruidosos) puede ser oído de forma satisfactoria a una distancia máxima de 42 m en la dirección frontal del orador, de 30 m lateralmente y de 17 m en la dirección posterior. A distancias superiores, el mensaje deja de ser inteligible debido a que queda inmerso en el ruido de fondo existente, independientemente del lugar elegido para llevar a cabo la experiencia.

**2.1.1.15 Propagación del sonido en un recinto cerrado**

Según se acaba de comentar, la energía radiada por una fuente sonora en un recinto cerrado llega a un oyente ubicado en un punto cualquiera del mismo de dos formas diferentes: una parte de la energía llega de forma directa (sonido directo), es decir, como si fuente y receptores tuviesen en el espacio libre, mientras que la otra parte lo hace de forma indirecta (sonido reflejado), al ir asociada a las sucesivas reflexiones que sufre la onda sonora cuando incide sobre las diferentes superficies del recinto.

En un punto cualquiera del recinto, la energía correspondiente al sonido directo depende exclusivamente de la distancia a la fuente sonora, mientras que la energía asociada a cada reflexión depende del camino recorrido por el rayo sonoro, así como del grado de absorción acústica de los materiales utilizados como revestimientos de las superficies implicadas. Lógicamente, cuanto mayor sea la distancia recorrida y más absorbentes sean los materiales empleados, menor será la energía asociada tanto al sonido directo como a las sucesivas reflexiones.

**2.1.1.16 Ecos**

Todas aquellas reflexiones que llegan a un oyente dentro de los primeros 50 ms desde la llegada del sonido directo son integradas por el oído humano y, en consecuencia, su percepción no es diferenciada respecto al sonido directo.

Cuando el sonido emitido es un mensaje oral, tales reflexiones contribuyen a mejorarla inteligibilidad o comprensión del mensaje y, al mismo tiempo, producen un aumento de sonoridad (o sensación de amplitud del sonido).

Por el contrario, la aparición en un punto de escucha de una reflexión de nivel elevado con un retardo superior a los 50 ms es totalmente contraproducente para la obtención de una buena inteligibilidad de la palabra, ya que es percibida como una repetición del sonido directo (suceso discreto). En tal caso, dicha reflexión se denomina eco. El retardo de 50 ms equivale a una diferencia de caminos entre el sonido directo y la reflexión de, aproximadamente, 17 m. En la figura 2.1.15 se representa gráficamente dicho efecto.

De forma más precisa, en la figura 2.1.16 se muestran las cuatro zonas características por lo que a relación entre sonido retardado e inteligibilidad de la palabra se refiere. En el eje de abscisas se indica el retardo temporal entre la reflexión (sonido retardado) y el sonido directo, mientras que en el eje de ordenadas aparece la diferencia de niveles entre ambos sonidos. La curva de separación entre las cuatro zonas es sólo aproximada.

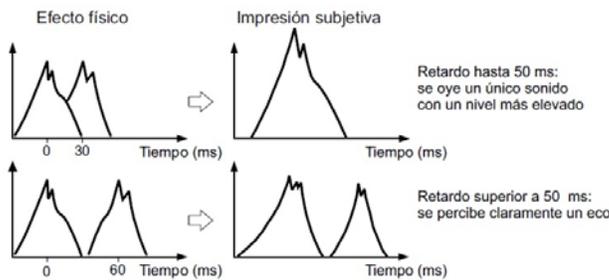


Fig. 2.1.15 Superposición de sonidos con diferentes retardos e impresión subjetiva asociada.

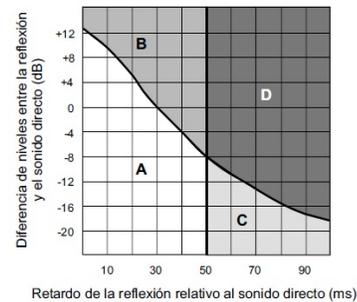


Fig. 2.1.16 Relación entre sonido retardado e inteligibilidad de la palabra (zonas características).

**2.1.1.17 Tiempo de reverberación RT**

Con el fin de poder cuantificar la reverberación de un recinto, se define el tiempo de reverberación (de forma abreviada RT) a una frecuencia determinada como el tiempo (en segundos) que transcurre desde que el foco emisor se detiene hasta el momento en que el nivel de presión sonora SPL cae 60 dB con respecto a su valor inicial.

Un recinto con un RT grande se denomina “vivo” (nave industrial, iglesia, etc.), mientras que si el RT es pequeño recibe el nombre de recinto “apagado” o “sordo” (locutorio, estudio de grabación, etc.). Ambas denominaciones coinciden con las del apartado anterior, lo cual es lógico habida cuenta de que el nivel de campo reverberante aumenta con el tiempo de reverberación.

Por lo general, el RT varía con la frecuencia, tendiendo a disminuir a medida que ésta aumenta. Ello es debido, en parte, a las características de mayor absorción con la frecuencia de los materiales comúnmente empleados como revestimientos, así como a la absorción del aire, especialmente manifiesta en recintos grandes y a altas frecuencias.

### 2.1.1.18 Valores recomendados del tiempo de reverberación

Habitualmente, cuando se establece un único valor recomendado de RT para un recinto dado, se suele hacer referencia al obtenido como media aritmética de los valores correspondientes a las bandas de 500 Hz y 1kHz. Se representa por  $RT_{mid}$ .

En general, el valor más adecuado de  $RT_{mid}$  depende tanto del volumen del recinto como de la actividad a la que se haya previsto destinarlo. Por ejemplo, cuando se trata de salas destinadas a la palabra, es conveniente que los valores de RT sean bajos, con objeto de conseguir una buena inteligibilidad, mientras que en el caso de salas de conciertos son recomendables unos valores apreciablemente más elevados a fin de que la audición musical resulte óptima.

En la tabla 2.1.3 se dan los márgenes de valores recomendados de  $RT_{mid}$  para diferentes tipos de salas en el supuesto de que estén ocupadas.<sup>7</sup>

TIPO DE SALA	$RT_{mid}$ . SALA OCUPADA (EN s)
Sala de conferencias	0,7 – 1,0
Cine	1,0 – 1,2
Sala polivalente	1,2 – 1,5
Teatro de ópera	1,2 – 1,5
Sala de conciertos (música de cámara)	1,3 – 1,7
Sala de conciertos (música sinfónica)	1,8 – 2,0
Iglesia/catedral (órgano y canto coral)	2,0 – 3,0
Locutorio de radio	0,2 – 0,4

Tabla 2.1.3 Márgenes de valores recomendados de  $RT_{mid}$  en función del tipo de sala (recintos ocupados).

### 2.1.1.19 Cálculo del tiempo de reverberación

Si bien existe un gran número de fórmulas para el cálculo teórico del RT (ver algunas de ellas en el apéndice 2), la fórmula clásica por excelencia, y aceptada como de referencia a nivel internacional por su sencillez de cálculo, es la denominada fórmula de Sabine. La correspondiente expresión matemática, obtenida aplicando la teoría acústica estadística y despreciando el efecto de la absorción producida por el aire, es la siguiente:

$$RT = 0,161 \frac{V}{A_{tot}} \text{ (en segundos)}$$

donde:

V = volumen del recinto (en m<sup>3</sup>)

$A_{tot}$  = absorción total del recinto (definida seguidamente)

El grado de absorción del sonido de un material cualquiera se representa mediante el llamado coeficiente de absorción  $\alpha$ . Se define como la relación entre la energía absorbida por dicho material y la energía incidente sobre el mismo:

$$\alpha = \frac{\text{Energía absorbida}}{\text{Energía Incidente}}$$

Sus valores están comprendidos entre 0 (correspondiente a un material totalmente reflectante) y 1 (caso de absorción total). El valor de  $\alpha$  está directamente relacionado con las propiedades físicas del material y varía con la frecuencia.

En cuanto a la denominada absorción A de un material cualquiera, ésta se obtiene como resultado de multiplicar su coeficiente de absorción  $\alpha$  por su superficie S. La unidad de absorción es el sabin (1 sabin corresponde a la absorción de 1m<sup>2</sup> de ventana abierta).

Finalmente, y debido a que un recinto está constituido por distintas superficies recubiertas de materiales diversos, se define la absorción total  $A_{tot}$  como la suma de todas y cada una de las absorciones individuales, es decir:

$$A_{tot} = \alpha_1 + S_1 + \alpha_2 + S_2 \dots + \alpha_n + S_n$$

A partir de  $A_{tot}$  es posible calcular el coeficiente medio de absorción  $\bar{\alpha}$  dividiendo la absorción total  $A_{tot}$  por la superficie total del recinto  $S_t$ :

$$\bar{\alpha} = \frac{A_{tot}}{S_t}$$

donde:

$S_t = S_1 + S_2 + \dots + S_n$  = superficie total del recinto (paredes + techo + suelo)

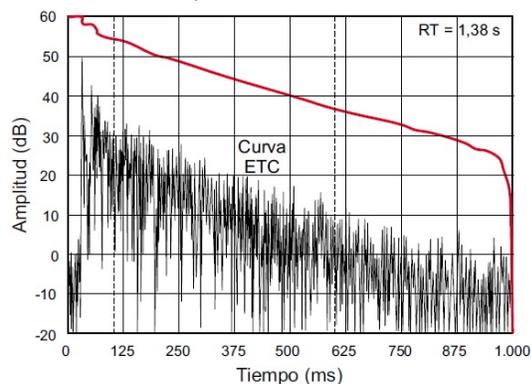


Fig. 2.1.17 Curva ETC y curva utilizada para el cálculo del RT, obtenida como resultado de la integración de la ETC.

<sup>7</sup> Carrion, Antoni *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos*

Con todo lo anterior, el tiempo de reverberación se puede expresar como sigue:

$$RT = \frac{0,161 V}{\alpha S_t}$$

Según se observa, el RT calculado a cada frecuencia de interés mediante dicha fórmula no tiene en cuenta la ubicación del receptor, es decir, es único para cada recinto.

El RT resulta ser un parámetro fundamental en el diseño acústico de recintos.

### 2.1.1.20 Medida del tiempo de reverberación

El RT se calcula a partir de la curva de decaimiento energético, medida en un punto cualquiera de una sala. Dicha curva se puede obtener como respuesta a la emisión de un sonido intenso y breve, o bien más modernamente, mediante técnicas TDS o MLS, en cuyo caso se denomina ETC.

La obtención del RT a cada frecuencia de interés, a partir de la correspondiente curva ETC, no se lleva a cabo directamente por simple observación del tiempo que transcurre hasta que el nivel disminuye 60 dB. Ello es debido a que dicha curva presenta irregularidades, a pesar de que su decaimiento asintótico es efectivamente en forma de línea recta. El motivo de la aparición de dichas irregularidades es que en ningún recinto real existe un campo sonoro perfectamente difuso. Teóricamente, sería necesario repetir la medida de la curva ETC un número infinito de veces para posteriormente, obtener una curva promedio exenta ya de irregularidades. En la práctica, la determinación del RT se realiza aplicando el método de Schroeder.<sup>8</sup>

Dicho investigador demostró matemáticamente que la curva promedio anterior se puede obtener de forma totalmente equivalente a base de integrar (sumar) todas las contribuciones energéticas asociadas a una única curva ETC, desde un instante de tiempo infinito (en la práctica, habitualmente entre 1 y 3 segundos) hasta el instante inicial.

A título de ejemplo, en la figura 2.1.46 se muestra una curva ETC, la curva obtenida a partir de la integración temporal de la ETC y el valor del RT calculado a partir de esta última (margen superior derecho). En la práctica, nunca es posible observar una caída de 60dB, por falta de margen dinámico. En consecuencia, es el usuario quien fija los instantes iniciales y final, a partir de los cuales el sistema de medida calcula automáticamente el RT.

En el ejemplo anterior, se han fijado unos márgenes tales que la disminución de nivel es de 20 dB, ya que corresponde al tramo más recto de la curva. En este caso, el RT se obtiene multiplicando por 3 el tiempo asociado a dicha disminución.

Finalmente, conviene señalar que la manera práctica de obtener el valor del RT representativo de una sala, a cada de frecuencia de trabajo, consiste en promediar los valores medidos en diferentes puntos de la misma (habitualmente entre 10 y 15 puntos, según su volumen).

### 2.1.1.21 Relación entre el tiempo de reverberación y la inteligibilidad de la palabra

Seguidamente se da la explicación de por qué en un recinto muy "vivo" la palabra resulta ininteligible.

Según se ha expuesto, al emitir un mensaje oral, la duración de las vocales y su correspondiente nivel de presión sonora son mayor que el de las consonantes. Además, el contenido frecuencial de las vocales es más rico en bajas frecuencias, en tanto que las consonantes presentan un mayor contenido de altas frecuencias.

En una sala con un tiempo de reverberación alto, el decaimiento energético de una vocal emitida en la misma es apreciablemente más lento que su decaimiento propio (aquél que se observaría si la vocal se emitiera en el espacio libre). Tal hecho, junto con la mayor duración y nivel comentados anteriormente, provoca un solapamiento temporal de la vocal con la consonante emitida inmediatamente después, según se observa en la figura 2.1.18.

La simultaneidad temporal de la vocal y de la consonante con sus correspondientes niveles, así como las características espectrales de ambos sonidos, son las causantes del enmascaramiento parcial o total de la consonante, producido por la vocal, un tono de baja frecuencia y nivel elevado enmascara otro tono de frecuencia más elevada y nivel inferior).

Finalmente, como quiera que el grado de inteligibilidad está estrechamente ligado a la correcta percepción de las consonantes por su importante contenido de altas frecuencias, el enmascaramiento de las mismas debido a un exceso de reverberación provoca indefectiblemente una pérdida de inteligibilidad en la sala.

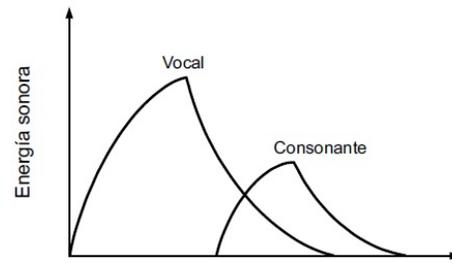


Fig. 2.1.18 Evolución temporal de la energía sonora correspondiente a la emisión de una vocal seguida de una consonante en un recinto cerrado (según Kurtovic).

### 2.1.2 Materiales y elementos utilizados en el acondicionamiento acústico de recintos

El éxito en el diseño acústico de cualquier tipo de recinto, una vez fijado su volumen y definidas sus formas, radica en primer lugar en la elección de los materiales más adecuados para utilizar como revestimientos del mismo con objeto de obtener unos tiempos de reverberación óptimos.

Además, en según qué tipo de espacios, resulta necesario potenciar la aparición de primeras reflexiones (es el caso de teatros y salas de conciertos) y/o conseguir una buena difusión del sonido (exclusivamente en el caso de salas de conciertos). En este capítulo se describen los diferentes tipos de materiales y elementos utilizados a tal efecto, así como sus características básicas. Cada uno de ellos produce principalmente uno de los siguientes efectos sobre la energía sonora:

- Absorción del sonido: debida mayoritariamente a la presencia en el recinto de materiales absorbentes, de elementos absorbentes selectivos (resonadores), del público y de las sillas.
- Reflexión del sonido: debida a la existencia de elementos reflectores utilizados para la generación de reflexiones útiles hacia la zona de público.
- Difusión del sonido: debida a la presencia de elementos difusores utilizados para dispersar, de forma uniforme y en múltiples direcciones, la energía sonora incidente.

8. Carrion, Antoni *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónico*. 1996

### 2.1.2.1 Absorción del sonido

En un recinto cualquiera, la reducción de la energía asociada a las ondas sonoras, tanto en su propagación a través del aire como cuando inciden sobre sus superficies límite, es determinante en la calidad acústica final del mismo. Básicamente, dicha reducción de energía, en orden de mayor a menor importancia, es debida a una absorción producida por:

- El público y las sillas
- Los materiales absorbentes y/o los absorbentes selectivos (resonadores), expresamente colocados sobre determinadas zonas a modo de revestimientos del recinto.
- Todas aquellas superficies límite de la sala susceptible de entrar en vibración (como, por ejemplo, puertas, ventanas y paredes separadoras ligeras).
- El aire
- Los materiales rígidos y no porosos utilizados en la construcción de las paredes y techo del recinto (como, por ejemplo, el hormigón).

Antes de exponer con detalle y por separado las diferentes características de absorción de los elementos anteriores, es preciso seguir la recomendación de tipo práctico expuesta a continuación. Las características de absorción de los materiales absorbentes y de los resonadores dependen no sólo de sus propiedades físicas, sino también en gran parte de un sinfín de condicionantes y de detalles constructivos, que varían sustancialmente de un caso a otro y que no se pueden representar mediante una expresión matemática. Es por ello que, para realizar cualquier diseño acústico, resulta imprescindible disponer de los coeficientes de absorción  $\alpha$  obtenidos mediante ensayos de laboratorio, según un procedimiento homologado. Dichos coeficientes deberán ser solicitados, en cada caso, al correspondiente proveedor, que tendrá que acreditar su validez mediante el pertinente certificado.

La determinación de los coeficientes de absorción se lleva a cabo en una sala denominada cámara reverberante. Dicha sala es asimétrica, presenta unas superficies límite revestidas con materiales totalmente reflectantes y dispone de un conjunto de elementos convexos suspendidos del techo con una orientación y distribución completamente irregulares, cuya misión es la de crear un campo sonoro difuso.

Debido a que la determinación de dichos coeficientes se lleva a cabo a partir de la medida de tiempos de reverberación y posterior utilización de la fórmula de Sabine, habitualmente se representan por el símbolo  $\alpha_{\text{SABINE}}$ , de forma abreviada,  $\alpha_{\text{SAB}}$ . A continuación se explican con detalle las características de absorción de los materiales y elementos mencionados anteriormente, por orden de menor a mayor importancia.

### 2.1.2.2 Absorción de los materiales utilizados en la construcción de las paredes y techo de un recinto

Dichos materiales, por regla general muy rígidos y con porosidad nula, dan lugar a una mínima absorción del sonido. Si bien, desde un punto de vista físico, la disipación de energía en forma de calor, y por tanto la absorción del sonido, se produce en las capas de aire adyacentes a cada una de las superficies consideradas, a efectos prácticos, dicho fenómeno habitualmente se representa en forma de coeficientes de absorción asignados a dichas superficies. Su efecto es únicamente apreciable cuando no existe ningún material absorbente en el recinto, ya sea en forma de revestimiento de alguna de sus superficies, o bien de público presente en el mismo. Es el caso, por ejemplo, de las mencionadas cámaras reverberantes, especialmente diseñadas para obtener tiempos de reverberación muy altos.

En la tabla 2.1.6 se indican los valores de los coeficientes de absorción  $\alpha_{\text{SAB}}$  de una serie de materiales utilizados comúnmente en la construcción de recintos.

FRECUENCIA (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Hormigón macizo	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Bloques de hormigón pintados	0,10	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08
Ladrillo revestido con yeso	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04

Tabla 2.1.4 Coeficientes de absorción de materiales habitualmente utilizados en la construcción de recintos.<sup>9</sup>

Según se observa, si bien todos los valores son extremadamente bajos, el material con una mayor rugosidad presenta unos coeficientes de absorción ligeramente más elevados. Ello es debido a que su superficie es mayor y, por tanto, la capa de aire adyacente donde se produce la disipación de energía también lo es.

### 2.1.2.3 Absorción del aire

La absorción producida por el aire es solamente significativa en recintos de grandes dimensiones, a frecuencias relativamente altas ( $\geq 2$  kHz) y con porcentajes bajos de humedad relativa (del orden de un 10 a un 30%). Dicha absorción se representa por la denominada constante de atenuación del sonido en el aire  $m$ .

En la figura 2.1.19 se presenta un conjunto de gráficas mediante las que es posible determinar el valor del producto  $4m$  en condiciones normales de presión y temperatura ( $P_0 = 10^5$  Pa y  $20^\circ\text{C}$ ), para cada frecuencia y porcentaje de humedad relativa del aire.

A partir del conocimiento del producto  $4m$  y del volumen  $V$  del recinto, es posible calcular el valor del tiempo de reverberación  $RT$  del mismo, teniendo en cuenta la atenuación producida por el aire.

### 2.1.2.4 Absorción de las superficies vibrantes

La presencia en una sala de superficies límite susceptibles de entrar en vibración, como por ejemplo, puertas, ventanas y paredes separadoras ligeras, también da lugar a una cierta absorción que en principio conviene tener presente.

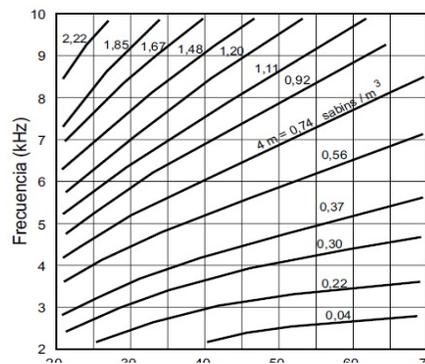


Fig. 2.1.19 Gráficas para la determinación del producto  $4m$  ( $m$  es la constante de atenuación del sonido en el aire).

<sup>9</sup>. Architectural Press. *Metric Handbook*. 1999

En el caso de los materiales absorbentes, la mayor absorción se produce de una forma totalmente controlada y va asociada a un proceso de disipación de energía, es decir, de conversión de energía sonora en calor. En cambio, en el caso de una superficie vibrante, una parte de la energía vibratoria es radiada hacia el exterior. Aunque en realidad la energía no es disipada, el efecto es equivalente a una verdadera absorción, ya que dicha energía es sustraída de la energía sonora incidente. En este sentido, una ventana abierta puede considerarse como un absorbente muy efectivo, ya que actúa a modo de sumidero de toda la energía sonora incidente.

### 2.1.2.5 Materiales absorbentes

La absorción que sufren las ondas sonoras cuando inciden sobre los distintos materiales absorbentes utilizados como revestimientos de las superficies límite del recinto, así como su dependencia en función de la frecuencia, varía considerablemente de un material a otro. En consecuencia, la correcta elección de los mismos permitirá obtener, en cada caso, la absorción más adecuada en todas las bandas de frecuencias de interés. Según se ha comentado, existen dos tipos genéricos de elementos específicamente diseñados para producir una determinada absorción: los simplemente denominados materiales absorbentes, descritos en este apartado, y los llamados absorbentes selectivos o resonadores.

En ambos casos, cuando la absorción en una o más bandas de frecuencias es muy elevada, puede ocurrir que el coeficiente de absorción medido  $\alpha$  SAB sea superior a 1. Ello no debe conducir a la interpretación totalmente errónea y carente de sentido desde un punto de vista físico de que la energía absorbida en dichas bandas es mayor que la energía incidente. La justificación proviene de la existencia de un efecto de difracción que hace que la superficie efectiva de la muestra de material utilizada para la medida sea mayor que la superficie real. Los materiales absorbentes se utilizan generalmente para conseguir uno de los siguientes objetivos:

- Obtención de los tiempos de reverberación más adecuados en función de la actividad (o actividades) a la cual se haya previsto destinar el espacio objeto de diseño
- Prevención o eliminación de ecos
- Reducción del nivel de campo reverberante en espacios ruidosos (restaurantes, fábricas, estaciones, etc.)

Estos materiales presentan un gran número de canales a través de los cuales la onda sonora puede penetrar. La disipación de energía en forma de calor se produce cuando la onda entra en contacto con las paredes de dichos canales. Cuanto mayor sea el número de canales, mayor será la absorción producida. El correspondiente coeficiente de absorción  $\alpha$  es asignado a la superficie del material.

En la figura 2.1.20 se representa dicho proceso de forma gráfica y simplificada. Se parte de un material poroso y homogéneo, situado delante de una pared rígida.

La onda sonora incidente es parcialmente reflejada. La energía sonora no reflejada penetra en el material, se atenúa y alcanza de nuevo su superficie después de reflejarse en la pared rígida posterior. La energía remanente se divide, nuevamente, en una parte que atraviesa la superficie del material y otra que vuelve a la pared posterior a través del material. Desde un punto de vista teórico, este proceso continúa indefinidamente.

Esta explicación cualitativa sirve para demostrar que la onda sonora reflejada por el material puede imaginarse como compuesta por un número ilimitado de componentes sucesivas, cada una más débil que la precedente a causa de la considerable atenuación que tiene lugar en el interior del material.

El mencionado mecanismo de absorción del sonido es propio de todos los materiales porosos, siempre y cuando los poros sean accesibles desde el exterior. Normalmente tales materiales están formados por sustancias fibrosas o granulares a las que se les confiere un grado suficiente de compacidad a través de un proceso de prensa o de tejeduría. Los materiales absorbentes comerciales de este tipo se manufacturan básicamente a partir de:

- Lana de vidrio
- Lana mineral
- Espuma a base de resina de melamina
- Espuma de poliuretano

En las figuras 2.1.50 a 2.1.53 se muestran los cuatro tipos de materiales absorbentes mencionados.

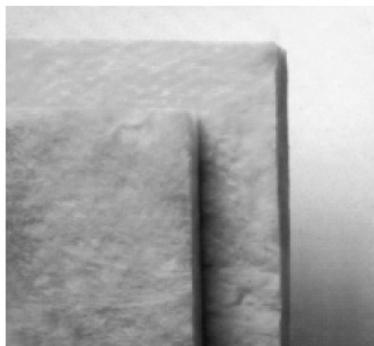


Fig. 2.1.21 Material absorbente a base de lana de vidrio.

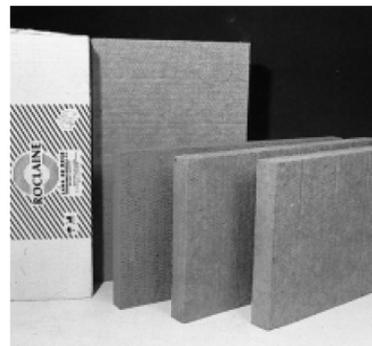


Fig. 2.1.22 Material absorbente a base de lana mineral.

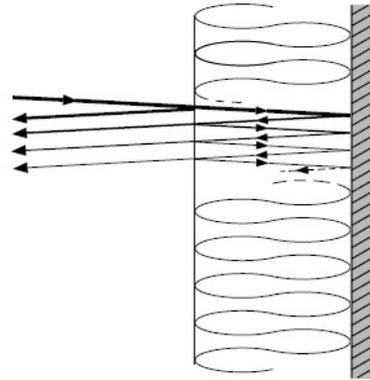


Fig. 2.1.20 Proceso de disipación de energía en el interior de un material poroso situado delante de una pared rígida.

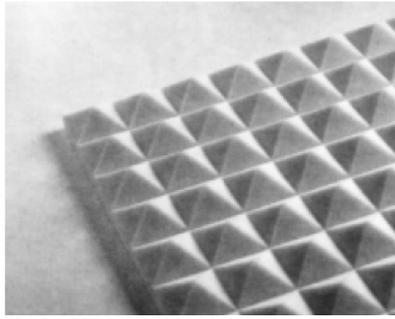


Fig. 2.1.23 Material absorbente a base de espuma de resina de melanina.



Fig. 2.1.24 Material absorbente a base de espuma de poliuretano.

**2.1.2.6 Variación de la absorción en función de la distancia del material a la pared rígida**

Si se pretenden obtener coeficientes de absorción elevados a bajas frecuencias, no es imprescindible hacer uso de materiales muy gruesos. Basta con utilizar un material con un espesor medio y colocarlo a una cierta distancia de la pared rígida, sabiendo que la máxima absorción se producirá a aquella frecuencia para la cual la distancia “d” del material a la pared sea igual  $a\lambda/4$  (en este caso,  $\lambda$  es la longitud de onda del sonido que se propaga a través del aire existente entre el material y la pared). Ello es debido a que la amplitud de la velocidad de las partículas de aire es máxima para  $d = \lambda/4$  (figura 2.1.25). Cuanto mayor sea “d”, menor será la frecuencia a la que la absorción será máxima. Por lo tanto, para aumentar la absorción a bajas frecuencias, es preciso incrementar la separación entre el material y la pared. De todas formas, dicha mejora se ve contrarrestada por una disminución de absorción a frecuencias más elevadas. En la figura 2.1.26 se muestran los coeficientes de absorción de una lana roca de 30mm de espesor y 46 Kg/m<sup>3</sup> de densidad montada de dos maneras distintas: sobre una pared rígida y a una distancia de 50 mm de la misma. Según se observa, con el segundo sistema de montaje es posible obtener un coeficiente de absorción de 0,95 a la frecuencia de 500 Hz, mientras que con el primero dicho valor no se alcanza hasta los 2 kHz. En la situación límite de que el espesor del material tienda a cero, el comportamiento del mismo es análogo al de una tela porosa colocada a una distancia “d” de una pared rígida y paralela a la misma. En tal caso, y partiendo de la hipótesis teórica de que el material es tan pesado que no vibra bajo la influencia de la onda sonora incidente, los valores del coeficiente de absorción  $\alpha$  oscilan de forma periódica entre un máximo y un mínimo.

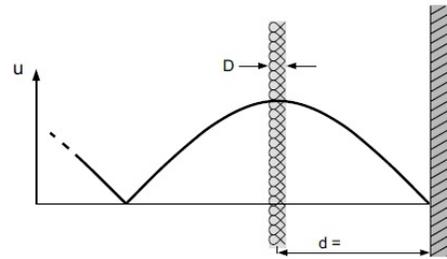


Fig. 2.1.25 Amplitud de la velocidad “u” de las partículas de aire en el interior de un material absorbente situado a una distancia de la pared rígida  $d = \lambda/4$ .

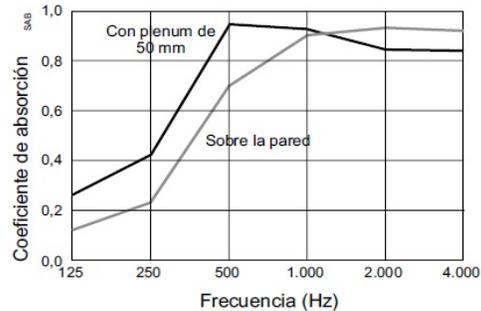


Fig. 2.1.26 Coeficientes de absorción de una lana de roca de 30 mm de espesor y 46 Kg/m<sup>3</sup> de densidad, montada: a) sobre una pared de hormigón; b) a una distancia de 50 mm de la pared.

En la figura 2.1.27 se muestra la evolución de  $\alpha$  en función de  $d/\lambda$ , para tres valores diferentes de la resistencia de flujo  $\tau_s$  (se define como la relación entre la diferencia de presiones correspondientes a las dos caras del material y la velocidad del flujo de aire que atraviesa sus poros), suponiendo que la onda sonora incide perpendicularmente sobre el material. La resistencia de flujo  $\tau_s$  engloba todas las pérdidas de energía que tienen lugar en el material.

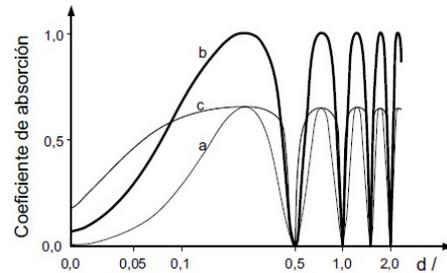


Fig. 2.1.27 Coeficientes de absorción de una tela porosa situada a una distancia “d” de una pared rígida, en función de  $d/\lambda$ , para los siguientes valores de  $\tau_s$ : a)  $\tau_s = 0,25 \rho_0 c$ ; b)  $\tau_s = \rho_0 c$ ; c)  $\tau_s = 4 \rho_0 c$ .<sup>10</sup>

Según se puede observar, la máxima absorción se produce a aquellas frecuencias para las cuales “d” es un múltiplo impar de  $\lambda/4$ , dependiendo su valor del valor de  $\tau_s$ . En cambio, la mínima absorción (absorción nula) tiene lugar a todas las frecuencias para las que “d” es un múltiplo par de  $\lambda/2$ . Ello también es lógico ya que, a dichas distancias la velocidad de las partículas de aire en el plano del material es cero y la disipación de energía sólo es posible si el aire situado en los poros del mismo está en movimiento. Debido a que la mayoría de materiales no son lo suficientemente pesados como para garantizar la ausencia completa de vibraciones, las características de absorción pueden diferir de las expuestas anteriormente. De todas formas, en general se pueden considerar válidas.

Por otro lado, en la práctica, se recomienda colocar el material en forma de zigzag con objeto de tener una distancia variable entre el mismo y la pared y, de esta forma, suavizarlas irregularidades del coeficiente de absorción.

A modo de ejemplo, en la figura 2.1.28 se muestran los coeficientes de absorción de una cortina fruncida al 180%, montada de dos formas distintas: adosada a la pared y con una separación media de 14 cm de la misma. Como cabía esperar, al separar la cortina de la pared aumenta la absorción a bajas frecuencias y, además, el alto porcentaje de fruncido suaviza la curva de absorción obtenida.

Otro ejemplo es el mostrado en la figura 2.1.29 Se trata de un material absorbente a base de lana de vidrio moldeada de tal manera que la distancia del mismo a la pared es variable. Con este diseño se consiguen unos valores del coeficiente de absorción en función de la frecuencia más regulares que si el material fuese plano.

Finalmente conviene tener presente que, con independencia del grosor del material, cuando éste se separa de forma ostensible de la pared, todos los razonamientos anteriores dejan de ser válidos. En tal caso, es necesario tratar los espacios situados a ambos lados del material como dos cavidades acopladas.

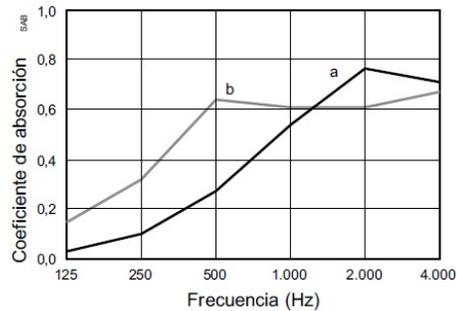


Fig. 2.1.28 Coeficientes de absorción en función de la frecuencia de una cortina fruncida al 180% montada: a) sobre la pared; b) separada, en promedio, 14 cm de la misma.

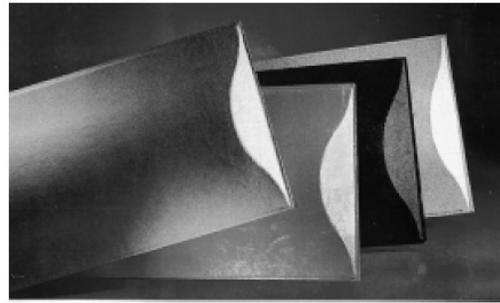


Fig. 2.1.29 Material absorbente a base de lana de vidrio moldeada (Paneles Ipawan de Procustic, S.A., distribuidos por Wanner y Vinyas, S.A. y Metrasoni, S.L.).

### 2.1.2.7 Protección de los materiales absorbentes

En muchas ocasiones, resulta conveniente cubrir los materiales absorbentes por la cara expuesta al recinto. Los principales motivos son los siguientes:

- En el curso del tiempo, algunos materiales desprenden partículas que pueden llegar a contaminar el aire de la sala.
- Si los materiales están al alcance del público, existe el peligro de que puedan resultar dañados.
- El arquitecto habitualmente desea ocultarlos por razones eminentemente estéticas.

A continuación se indican los recubrimientos más comúnmente utilizados:

- Velo acústicamente transparente
- Superficie microporosa
- Placa rígida de mortero poroso a base de granos de mármol, piedras naturales o cuarzo pigmentado
- Placa de viruta de madera fina aglomerada con magnesita o cemento
- Lámina de plástico o de papel
- Panel perforado o ranurado de madera, chapa metálica o cartón-yeso
- Ladrillo perforado o ranurado
- Listones de Madera

A continuación mostramos una síntesis de las propiedades de absorción de los materiales utilizados en el proyecto de remodelación. Todos ellos fueron elegidos debido a su alto nivel de absorción a determinadas frecuencias, esto con el fin de aproximar los tiempos de reverberación hacia una línea recta en las gráficas de simulación generadas en ecotect.

### 2.1.2.8 Velo acústicamente transparente

En la figura 2.1.30 se muestra un ejemplo de un material absorbente recubierto por una de sus caras con un velo negro acústicamente transparente.



Fig. 2.1.30 Paneles de lana de roca con un recubrimiento de velo negro acústicamente transparente sobre una de sus caras (paneles NV-40 de Roclairne, Cristalería Española, S.A.).

### 2.1.2.9 Superficie microporosa

En la figura 2.1.31 se muestra un ejemplo de un material absorbente recubierto con una superficie microporosa. Dicha superficie presenta la propiedad de que se puede lavar sin sufrir ningún deterioro.



Fig. 2.1.31 Paneles de lana de vidrio de alta densidad recubiertos con un material microporoso.

Otras características destacables del material anterior son que se puede curvar y que se puede instalar en forma de falso techo registrable (figura 2.1.32).



Fig. 2.1.32 Ejemplos de montaje de los paneles de la figura 3.2.67

#### 2.1.2.10 Placa rígida de mortero poroso

En la figura 2.1.33 se aprecian diferentes modelos de una placa de mortero poroso a base de piedras naturales aglomeradas con resina, así como el aspecto de este tipo de material una vez montado sobre una pared.

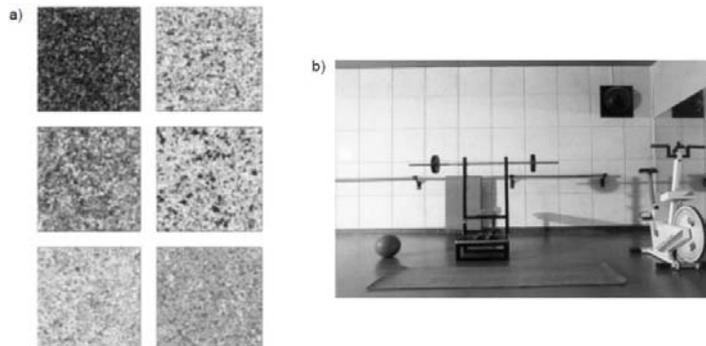


Fig. 2.1.33 a) Muestra de diversos modelos de una placa porosa a base de piedras naturales aglomeradas con resina; b) pared de la sala del deporte del Museo del Louvre (París, Francia) revestida con dicho material.

En la figura 2.1.34 se muestra un croquis de un conjunto formado por una placa del tipo anterior colocada a una distancia de 150 mm de la pared. La cavidad de aire resultante está rellena de lana de vidrio. La mencionada placa, de densidad 24 Kg/m<sup>2</sup>, presenta una gran resistencia a los impactos, a los actos vandálicos y al agua, y debido a su gran porosidad deja pasar la onda sonora para su posterior absorción. Asimismo, se detallan los valores del coeficiente de absorción de dicho conjunto.

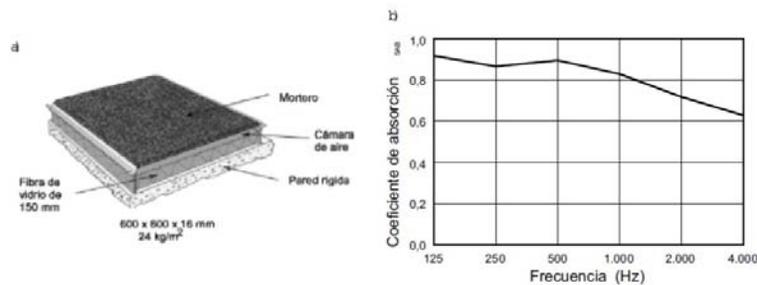


Fig. 2.1.34 a) Ejemplo de placa de mortero poroso a base de piedras naturales aglomeradas con resina, con cavidad rellena de lana de vidrio de 150 mm de espesor b) coeficientes de absorción en función de la frecuencia de dicho conjunto.

Según se observa, la absorción que se consigue es muy elevada a bajas y medias frecuencias. Ello es debido a que la placa también contribuye a la absorción global del conjunto en dichas bandas. La disminución de absorción que tiene lugar a altas frecuencias, respecto a la que presentaría la lana de vidrio sin ningún tipo de protección, se debe al obstáculo que representa la placa al paso de la onda sonora a dichas frecuencias (las longitudes de onda asociadas son muy inferiores a las correspondientes a bajas frecuencias).

### 2.1.2.11 Placa de viruta de madera

En la figura 2.1.35 se observa un conjunto de placas de viruta de madera aglomerada con magnesita.

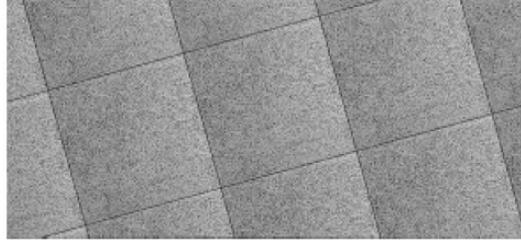


Fig. 2.1.35 Conjunto de placas de viruta de madera aglomerada con magnesita (Herakustik F, Heraklith España, S.L.).

En la figura 2.1.36 se muestra un posible montaje de dicha placa separada de la pared y con lana de vidrio en la cavidad de aire creada, así como la absorción del conjunto.

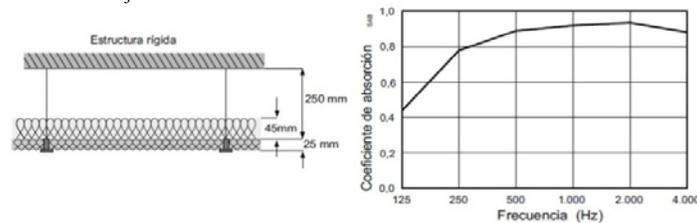


Fig. 2.1.36 Conjunto formado por placas de Herakustik F de 25 mm de espesor con cavidad de aire de 250 mm y lana de vidrio de 45 mm, junto con sus coeficientes de absorción en función de la frecuencia.

Según se observa, la absorción del conjunto es elevada y uniforme en todas las bandas de frecuencias, exceptuando la banda de 125 Hz, donde es apreciablemente menor.

En ocasiones, se utilizan únicamente dichas placas, prescindiendo del material absorbente. En tal caso, y como es lógico, la absorción conseguida es sustancialmente menor. En cuanto al resto de los recubrimientos comentados anteriormente, todos ellos dan lugar a diferentes tipos de absorbentes selectivos, es decir, de resonadores. Dichos elementos se estudian en el siguiente apartado.

### 2.1.2.12 Elementos absorbentes selectivos (resonadores)

Por regla general, los materiales absorbentes de espesor estándar colocados sobre una pared rígida presentan una pobre absorción a bajas frecuencias. Al separarlos de la pared, se produce una notable mejora de la absorción a dichas frecuencias.

De todas formas, si se pretende obtener una gran absorción a frecuencias bajas con objeto de reducir sustancialmente los valores del tiempo de reverberación, es preciso hacer uso de absorbentes selectivos o resonadores. Se trata de elementos que presentan una curva de absorción con un valor máximo a una determinada frecuencia. Dicha frecuencia recibe el nombre de frecuencia de resonancia, y depende de las características tanto físicas como geométricas del resonador. Generalmente, está situada por debajo de los 500 Hz.

Los resonadores pueden utilizarse de forma independiente, o bien, como complemento a los materiales absorbentes. Básicamente, existen los siguientes tipos de resonadores:

- de membrana o diafragmático
- simple de cavidad (Helmholtz)
- múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de paneles perforados o ranurados
- múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de listone

### 2.1.2.13 Resonador de membrana o diafragmático

Está formado por un panel de un material no poroso y flexible, como por ejemplo la madera, montado a una cierta distancia de una pared rígida con objeto de dejar una cavidad cerrada de aire entre ambas superficies.

Cuando una onda sonora incide sobre el panel, éste entra en vibración como respuesta a la excitación producida. Dicha vibración, cuya amplitud depende principalmente de la frecuencia del sonido y es máxima a la frecuencia de resonancia, provoca una cierta deformación del material y la consiguiente pérdida de una parte de la energía sonora incidente, que se disipa en forma de calor. Por otro lado, aunque el panel también produce una pequeña radiación, a efectos prácticos resulta ser totalmente inaudible.

En la figura 2.1.37 se representa un esquema básico de un resonador de membrana constituido por un panel de masa por unidad de superficie  $M$ , separado una distancia "d" de la pared rígida.

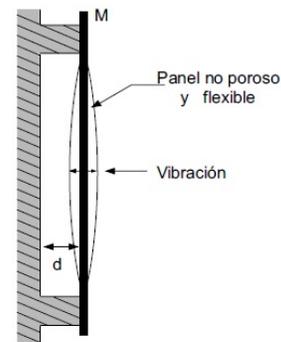


Fig. 2.1.37 Esquema básico de un resonador de membrana o diafragmático.

Partiendo de que, a las frecuencias de diseño generalmente bajas, se cumple que:

$$d \ll \lambda$$

el aire de la cavidad se comporta como un muelle, cuya rigidez aumenta a medida que el volumen de la misma disminuye (distancia "d" menor). Dicha rigidez del aire junto con la masa del panel constituyen un sistema resonante que presenta un pico de absorción a la frecuencia de resonancia  $f_0$ .

A modo de ejemplo ilustrativo, en la figura 2.1.38 se muestran las curvas de absorción, obtenidas mediante ensayos de laboratorio, correspondientes a un resonador de membrana formado por un panel de contrachapado de 3 mm de espesor y 1,8 Kg/m<sup>2</sup> de masa por unidad de superficie, montado a una distancia de 4,4 cm de la pared, con y sin absorbente en la cavidad de aire.

Según se observa en este caso concreto, el hecho de añadir material absorbente provoca un aumento notable de absorción. El ejemplo presentado también sirve para demostrar que la fórmula dada anteriormente para el cálculo de la frecuencia de resonancia  $f_0$  es sólo aproximada, ya que mediante su aplicación resulta que  $f_0 = 213$  Hz, mientras que el valor real medido es de 125 Hz.

Otro ejemplo es el mostrado en la figura 2.1.39. Se trata del resonador instalado en la sala de actos de la Torre de Telecomunicaciones de Telefónica, Barcelona (España). Está formado por un panel de DM de 800 Kg/m<sup>3</sup> de densidad y 6 mm de espesor ( $M = 4,8$  Kg/m<sup>2</sup>), colocado sobre rastreles de madera de 50 x 50 mm ( $d = 5$  cm) y con la cavidad rellena de lana de roca de 30 mm de espesor y 40 Kg/m<sup>3</sup> de densidad. Se utiliza a fin de disminuir el tiempo de reverberación a bajas frecuencias, ya que su frecuencia de resonancia es del orden de 125 Hz.

Por otra parte, se ha comentado que los materiales absorbentes se recubren a menudo con un revestimiento protector, con lo cual se convierten en resonadores. Uno de los recubrimientos habituales es la lámina de plástico o de papel, y el tipo de resonador

Resonador de membrana



Resonador de membrana



Fig. 2.1.39 Resonador de membrana instalado en la sala de actos de la Torre de Telecomunicaciones de Telefónica, Barcelona (España);  $M = 4,8$  Kg/m<sup>2</sup>;  $d = 5$  cm; cavidad con lana de roca de 30 mm de espesor y 40 Kg/m<sup>3</sup> de densidad. creado es de membrana. A continuación se presentan unos ejemplos ilustrativos.

Se parte de un material absorbente formado por un panel rígido de lana de vidrio aglomerada con resinas termoendurecibles, recubierto en una de sus caras con una película elástica acústicamente transparente (figura 2.1.40).

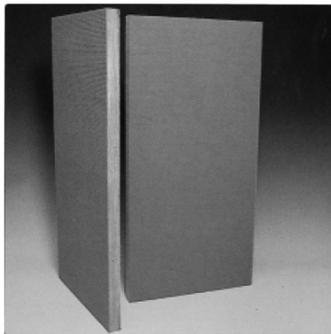


Fig. 2.1.40 Material absorbente.

Si en lugar de recubrirlo con una película elástica, se protege con una película de P.V.C., o bien, con un complejo de papel Kraft aluminio, el material se convierte en un resonador de membrana.

Ambos recubrimientos ofrecen las siguientes ventajas:

- Constituyen una barrera eficaz contra el vapor de agua.
- Tienen un elevado poder de reflexión de la luz.
- No precisan de recubrimiento adicional.

11. Carrion, Antoni *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónico*. 1996

En la figura 2.1.42 se presentan las curvas de absorción, obtenidas mediante ensayo, de los tres paneles mencionados colocados sobre perfilera metálica con una cámara de aire de 25 cm.

Efectivamente, los dos resonadores de membrana (paneles DIN y ALUMISOL) presentan una frecuencia de resonancia a 250 Hz y una gran atenuación a frecuencias altas. Finalmente, cabe comentar que todo lo expuesto con anterioridad sirve para desmentirla falsa creencia popular de que los paneles delgados de madera utilizados como revestimientos de paredes, o bien los falsos techos a base de cartón-yeso delgado, son favorables para la buena acústica de una sala debido al efecto de “amplificación” del sonido que producen cuando entran en “resonancia”.

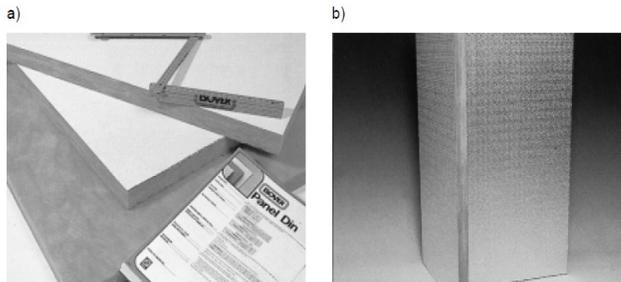


Fig. 2.1.41 Resonador de membrana formado por un material absorbente recubierto: a) con una película de P.V.C; b) con un complejo de papel Kraft aluminio.

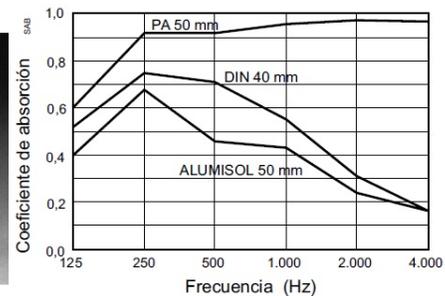


Fig. 2.1.42 Coeficientes de absorción de los paneles PA de 50 mm, DIN de 40 mm y ALUMISOL de 50 mm, montados con cámara de aire de 25 cm.<sup>12</sup>

**2.1.2.14 Resonador simple de cavidad (Helmholtz)**

Está formado por una cavidad cerrada de aire conectada a la sala a través de una abertura o cuello estrecho. En la figura 2.1.43 se muestra un esquema básico de este tipo de resonador. El volumen de la cavidad se indica por V, mientras que la sección transversal y la longitud del cuello se representan por S y L, respectivamente.

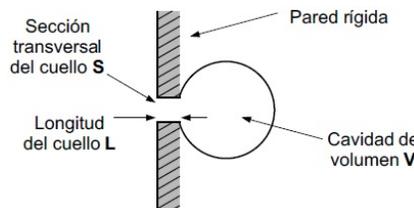


Fig. 2.1.43 Esquema básico de un resonador simple de cavidad (Helmholtz) montado en una pared.

Según se puede observar, su comportamiento es muy selectivo, es decir, presenta una absorción muy elevada a la frecuencia de resonancia  $f_0$ , decreciendo bruscamente en cuanto la frecuencia considerada se aparta de  $f_0$ .

Con objeto de suavizar la curva de absorción anterior, es preciso rellenar la cavidad de aire con material absorbente, tipo lana de vidrio o lana mineral. De esta forma se consigue una absorción útil en un margen más amplio de frecuencias, si bien con una absorción claramente inferior a la frecuencia  $f_0$ . En la figura 2.1.44 se muestra la nueva gráfica del coeficiente de absorción superpuesta con la anterior.

El uso de un resonador individual no es habitual en la práctica, ya que la superficie ocupada por el mismo en una sala (coincidente con la sección transversal de la abertura) es extremadamente pequeña. Más bien, se suele utilizar una agrupación de resonadores simples.

Lógicamente, a igualdad de dimensiones y formas, la frecuencia de resonancia de todos ellos es la misma, puesto que no existe ningún tipo de conexión entre las diversas cavidades. En cambio, la absorción A del conjunto (en sabins) es significativamente mayor debido a que la superficie ocupada por el mismo también lo es. Según se puede apreciar, los resonadores tienen forma de pirámide y disponen de una pequeña abertura ajustable entre 1 y 3 cm. Dicha anchura determina la frecuencia de resonancia que, en todos los casos, está situada por debajo de los 250 Hz.

Dichos resonadores presentan la ventaja acústica adicional de proporcionar reflexiones en diferentes direcciones a medias y altas frecuencias, es decir, de crear difusión del sonido. Como se verá en el capítulo 5, la existencia de difusión es vital para que la acústica de una sala de conciertos sea óptima.

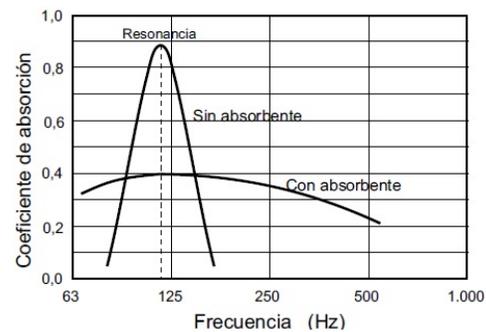


Fig. 2.1.44 Coeficientes de absorción de un resonador simple de cavidad (Helmholtz) con y sin absorbente en la cavidad.<sup>13</sup>

12,13. Carrion, Antoni *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónico*. 1996

Este tipo de resonador es frecuentemente utilizado para eliminar los modos propios más significativos existentes en salas pequeñas, como por ejemplo locutorios o estudios de grabación, causantes del denominado efecto de coloración. También se usa en aquellas salas grandes que disponen de un sistema de resonancia asistida como parte integrante de las mismas.

Por último, mencionar que el hecho de que estos resonadores puedan rerradiar sonido cuando son excitados por una onda sonora, ha llevado tradicionalmente a la conclusión errónea de que pueden producir un efecto destacado de amplificación. Ya en la antigüedad, el arquitecto romano Vitruvio justificaba la utilización de vasijas de barro con cuellos más bien estrechos situadas entre los asientos de los teatros, afirmando que amplificaban el sonido y mejoraban la inteligibilidad de la palabra.

Con los conocimientos actuales, se puede asegurar con toda certeza que el sonido rerradiado únicamente es perceptible en los puntos más próximos al resonador (distancia máxima aproximada = 0,5 m). Por lo tanto, al igual que sucede con los resonadores de membrana, este tipo de resonadores sólo se utiliza cuando es preciso disponer de una absorción más o menos selectiva en una determinada banda de bajas frecuencias.



Fig. 2.1.46 Vista del techo de la BerlinPhilharmonie (Alemania) con los resonadores simples de cavidad (Helmholtz) incorporados.

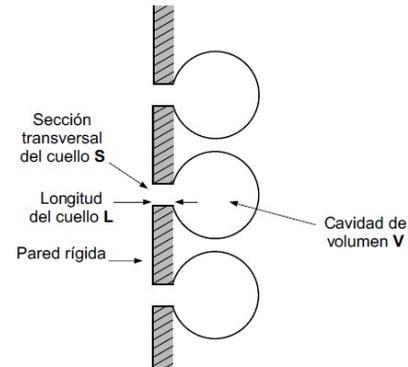


Fig. 2.1.45 Esquema básico de una agrupación de resonadores simples de cavidad (Helmholtz) montados en una pared.

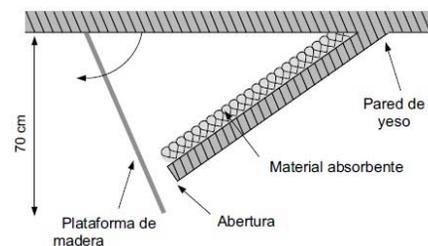


Fig. 2.1.47 Corte transversal del tipo de resonador simple de cavidad (Helmholtz) instalado en la BerlinPhilharmonie (Alemania).

### 2.1.2.15 Resonador múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de paneles perforados o ranurados

Está formado por un panel de un material no poroso y rígido de espesor  $D$ , en el que se han practicado una serie de perforaciones circulares o ranuras, montado a una cierta distancia "d" de una pared rígida, a fin de dejar una cavidad cerrada de aire entre ambas superficies.

En la figura 2.1.48 se representa un esquema básico de este tipo de resonador.

el resonador múltiple de cavidad puede ser considerado de cualquiera de las siguientes maneras:

- Como un resonador de membrana en el que la masa del panel ha sido sustituida por la masa del aire contenido en cada perforación o ranura. En este caso, es precisamente dicho aire, y no el panel, el que entra en vibración cuando una onda sonora incide sobre el elemento.
- Como un conjunto de resonadores simples de Helmholtz que comparten una misma cavidad. Dicha cavidad actúa a modo de elemento acoplador entre los diferentes orificios practicados.

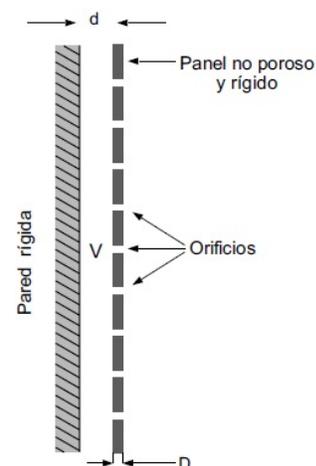


Fig. 2.1.48 Esquema básico de un resonador múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de paneles perforados o ranurados.

### 2.1.2.16 Panel ranurado

En el caso de que existan ranuras y también estén distribuidas uniformemente sobre el panel, el porcentaje de perforación  $p$  se obtiene a través de la expresión:

Por otra parte, debido al efecto de acoplamiento entre los diferentes orificios (perforaciones circulares o ranuras), este tipo de resonador es menos selectivo que el resonador simple, es decir, la curva de absorción en función de la frecuencia es más amplia. En cuanto a su grado de absorción en función de la frecuencia, por regla general aumenta cuando la cavidad se rellena parcial o totalmente con un material absorbente del tipo lana de vidrio o lana mineral. Además, el hecho de añadir dicho material produce un aumento aparente del volumen de la cavidad y, por consiguiente, una disminución de la frecuencia de resonancia.

A modo de ejemplo numérico, en la figura 2.1.49 se muestra la absorción de un resonador múltiple formado por un panel de cartón-yeso de 13 mm de espesor, perforado en un 18% y separado una distancia de 100 mm de la pared rígida. Se presentan dos curvas de absorción: una corresponde al resonador sin absorbente en la cavidad, y la otra pertenece al mismo resonador, pero con lana de vidrio de 8 mm de espesor en dicha cavidad. La frecuencia de resonancia  $f_0$  teórica del resonador sin absorbente es de 550 Hz.

De su observación se desprende lo siguiente:

- Existe una buena concordancia entre el valor calculado de la frecuencia de resonancia  $f_0$  y el valor real medido.
- Cuando la cavidad se rellena parcialmente con lana de vidrio, la absorción aumenta en todas las bandas de frecuencias y el valor medido de  $f_0$  disminuye prácticamente a la mitad.

En general, cuando se utiliza un resonador múltiple de cavidad resulta aconsejable rellenar la cavidad de aire existente con un material absorbente. De esta forma, se obtiene un mayor grado de absorción a todas las frecuencias.

Por otro lado, la colocación exacta del material absorbente dentro de la cavidad también influye en la forma de la curva de absorción final. Cuando el absorbente se sitúa inmediatamente detrás del panel, la absorción es relativamente poco selectiva, y a medida que dicho material se va separando del mismo, la curva se va estrechando. La absorción más selectiva se obtiene cuando el absorbente se coloca sobre la pared rígida.

En la figura 2.1.50 se muestran dos curvas genéricas correspondientes a las dos situaciones extremas: con el material absorbente situado justo detrás del panel y con el mismo colocado sobre la pared.

Por consiguiente, siempre que se pretenda obtener una curva de absorción menos selectiva, es preceptivo colocar el material absorbente justo detrás del panel perforado o ranurado.

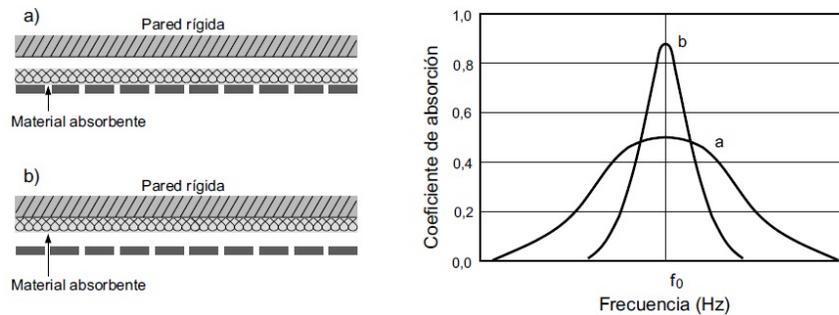


Fig. 2.1.50 Coeficientes de absorción genéricos de un resonador múltiple: a) con el material absorbente en contacto con el panel; b) con el material adosado a la pared rígida.

Hasta este punto se ha descrito el comportamiento de un resonador múltiple partiendo de la definición inicial de que la distancia del panel a la pared es constante, así como del supuesto de que la distribución de las perforaciones o ranuras sobre el mismo es totalmente uniforme.

En todos los casos expuestos, la curva de absorción presenta una frecuencia de resonancia para la cual la absorción es máxima, es decir, el resonador se comporta como un absorbente selectivo.

En el caso de que se pretenda conseguir un comportamiento más parecido al de un material absorbente, es preciso proceder de una de las siguientes maneras:

- Rompiendo la mencionada uniformidad a base de utilizar paneles con perforaciones o ranuras de diferentes dimensiones. Ello significa que la masa de aire contenida en cada orificio deja de ser constante.
- Haciendo que la distancia del panel a la pared sea variable a base de montarlo con una inclinación adecuada. Ello significa que la rigidez del aire de la cavidad varía, ya que es inversamente proporcional a dicha distancia.
- Aumentando ostensiblemente el porcentaje de perforación del panel.

En los dos primeros casos, el cambio de comportamiento absorbente se justifica considerando que las alteraciones de masa o de rigidez del aire dan lugar a la aparición de un gran número de frecuencias de resonancia de valores muy dispares.

En la figura 2.1.51 se dan dos ejemplos ilustrativos

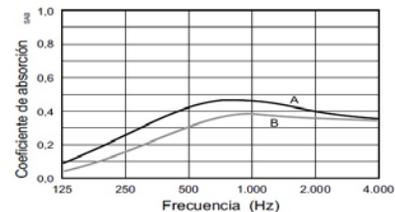
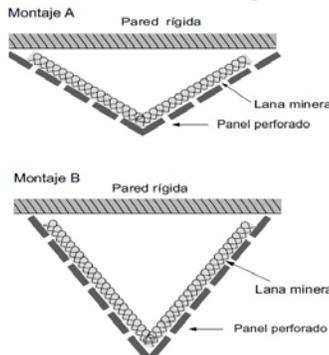


Fig. 2.1.51 Ejemplos de resonador múltiple formado por dos tramos de panel perforado con lana mineral en su parte posterior junto con sus correspondientes curvas de absorción

consistentes en un resonador múltiple formado por dos tramos de panel perforado con lana mineral en su parte posterior, dispuestos con dos inclinaciones diferentes. Asimismo se dan sus correspondientes curvas de absorción.

Se observa que, en efecto, la absorción es mucho menos selectiva, especialmente en el montaje B. En el tercer caso (incremento del porcentaje de perforación del panel), la absorción a frecuencias medias y altas aumenta de forma paulatina, es decir, su comportamiento tiende a aproximarse progresivamente al de un material absorbente. Ello es lógico, pues en el caso límite de un 100% de perforación, el resonador dejaría de existir.

A modo de ejemplo, en la figura 2.1.52 se observa la evolución del grado de absorción en función del porcentaje de perforación de un resonador múltiple formado por un panel de madera de 17 mm de espesor con perforaciones de 8 mm de diámetro, separado 100 mm de la pared y provisto de una lana de vidrio de 60 mm en contacto con el panel. En concreto, los porcentajes de perforación considerados son: 5%, 12% y 19%.

Además del incremento de absorción a medias y altas frecuencias con el porcentaje de perforación, se puede observar el aumento de la frecuencia de resonancia. Ello es lógico si se tiene en cuenta que, como se ha visto anteriormente,  $f_0$  es directamente proporcional a la raíz cuadrada de dicho porcentaje.

Analizado bajo otro punto de vista, la existencia de un panel perforado o ranurado delante de un material absorbente puede ser considerada como una forma de protección de dicho material. Obviamente, dicha protección produce un efecto negativo en relación con la absorción propia del material absorbente, ya que da lugar a una pérdida de absorción a altas frecuencias. Sin embargo, con la creación del sistema resonante se consigue un cierto incremento de absorción a la frecuencia de resonancia (habitualmente se trata de una frecuencia baja o media), en comparación con la del material sin protección.

Como ejemplo ilustrativo, en la figura 2.1.53 se presentan las curvas de absorción de una lana de vidrio de 50 mm de espesor montada directamente sobre hormigón, sin protección y cubierta con un panel perforado de 5 mm de espesor con un porcentaje de perforación del 14%.

Según se puede observar, cuando el material absorbente se recubre con el panel, el coeficiente de absorción disminuye apreciablemente a partir de 1 kHz y, en cambio, aumenta alrededor de los 500 Hz (frecuencia próxima a la de resonancia).

Los paneles perforados o ranurados integrantes de los resonadores múltiples de cavidad suelen ser de alguno de los siguientes materiales:

- Madera
- cartón-yeso
- chapa metálica
- ladrillo

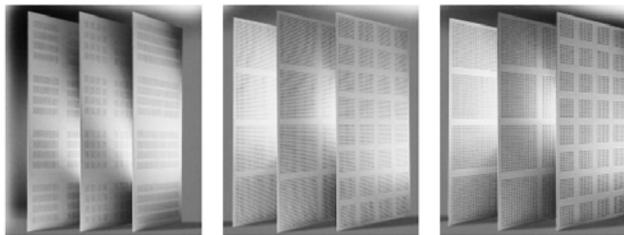


Fig. 2.1.54 Resonadores a base de placas de cartón-yeso perforadas y ranuradas.

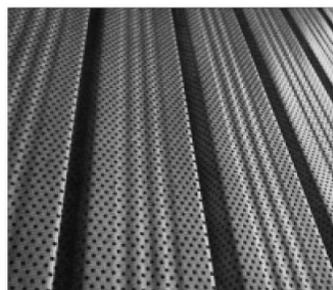


Fig. 2.1.55 Resonador a base de chapa metálica nervada, prelacada y perforada.



Fig. 2.1.56 Resonadores a base de ladrillos perforados y ranurados.

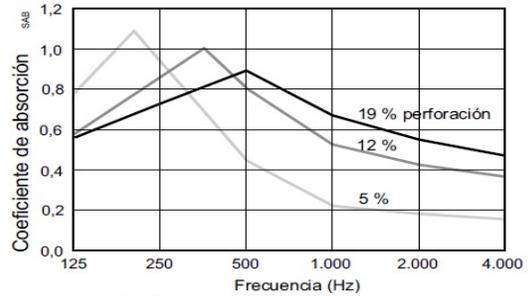


Fig. 2.1.52 Coeficientes de absorción correspondientes a un resonador múltiple formado por un panel de madera de 17 mm de espesor con perforaciones de 8 mm de diámetro, separado 100 mm de la pared y provisto de una lana de vidrio de 60 mm en contacto con el panel. Porcentajes de perforación: 5%, 12% y 19%.<sup>15</sup>

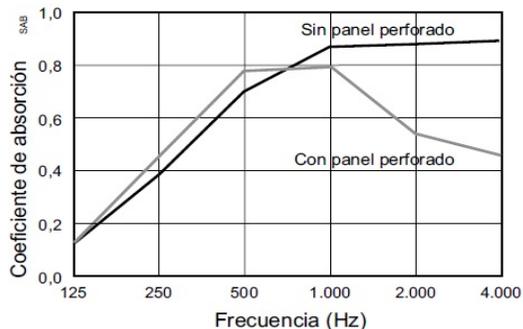


Fig. 2.1.53 Coeficientes de absorción correspondientes a una lana de vidrio de 50 mm de espesor montada sobre una pared rígida: a) sin protección; b) cubierta con un panel perforado de 5 mm de espesor con un porcentaje de perforación del 14%.<sup>16</sup>

Finalmente, es preciso tener presente que los paneles utilizados como parte integrante de los resonadores múltiples de cavidad sólo podrán ser pintados en el caso de que exista la absoluta seguridad de que las perforaciones circulares o ranuras no resultarán obstruidas. De lo contrario, el grado de absorción se verá fuertemente reducido.

#### 2.1.2.17 Resonador múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de listones

Está formado por un conjunto de listones de espesor  $D$  equidistantes y montados a una cierta distancia “ $d$ ” de una pared rígida con objeto de dejar interpuesta una cavidad cerrada de aire.

En la figura 2.1.57 se representa un esquema básico de este tipo de resonador.

Este tipo de resonador es parecido al resonador múltiple a base de paneles, con la diferencia de que, en este caso, la masa que se debe considerar es la del aire contenido en los espacios intermedios entre listones.

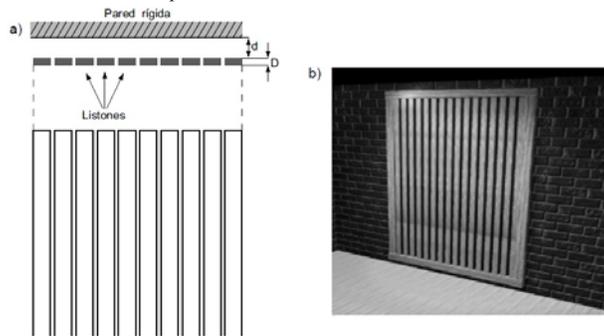


Fig. 2.1.57 Resonador múltiple de cavidad (Helmholtz) a base de listones: a) esquema básico; b) imagen virtual.

#### 2.1.2.18 Absorción del público y de las sillas

El grado de reverberación asociado a un recinto cualquiera viene principalmente determinado por los materiales absorbentes utilizados como revestimientos de sus superficies así como, y de forma muy notoria, por la absorción producida por el público y las sillas existentes.

La absorción producida por el público se debe principalmente al tipo de ropa utilizada y a su grado de porosidad. Debido a que la ropa no suele ser muy gruesa, la absorción a bajas frecuencias es relativamente pequeña, mientras que aumenta a frecuencias medias y altas. Por otra parte, el hecho de que la vestimenta difiera entre individuos hace que sólo sea posible disponer de valores promedio de absorción.

A modo de ejemplo, en la tabla 2.1.5 se indican algunas absorciones (sabins).

FRECUENCIA (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Persona de pie con abrigo	0,17	0,41	0,91	1,30	1,43	1,47
Persona de pie sin abrigo	0,12	0,24	0,59	0,98	1,13	1,12
Músico sentado con instrumento	0,60	0,95	1,06	1,08	1,08	1,08

Tabla 2.1.5 Ejemplos de absorción de una persona App, en sabins (según Kath y Kuhl).<sup>17</sup>

Se observa que, efectivamente, la absorción a bajas frecuencias es escasa y que se produce un notable incremento de la absorción a medida que la frecuencia aumenta.

Si ahora se considera la disposición habitual del público en salas destinadas a actos o espectáculos públicos (como, por ejemplo: salas de conferencias, teatros, salas de conciertos, etc.), en las que las personas se hallan siempre sentadas de forma agrupada, resulta más correcto utilizar coeficientes de absorción unitarios ( $p_{orm}^2$ ), en lugar de la absorción por persona. En tal caso, se usan dos conjuntos de coeficientes de absorción en función de la frecuencia: los correspondientes a las sillas ocupadas y los asociados a las sillas vacías. Ello es debido a que las sillas, por sí mismas, presentan una notable absorción que hay que tener siempre en cuenta.

El motivo de este cambio de planteamiento en el cálculo de la absorción es que, según verificaron Kosten y Beranek, la absorción de las sillas (vacías u ocupadas) aumenta en proporción directa a la superficie que ocupan, casi con total independencia del número de las mismas existente en dicha superficie. Esta afirmación es válida siempre y cuando el espacio ocupado por cada silla oscile entre 0,45 y 0,79  $m^2$  (situación habitual en la práctica).

La absorción total de las sillas  $A_g$  se calcula de la siguiente forma:

Recientemente, Beranek (1.996) ha publicado nuevos valores de coeficientes de absorción, que ha determinado a partir de mediciones realizadas en una serie de salas existentes. Los nuevos datos corresponden a tres tipos de sillas, en función del grado de tapizado. Los valores correspondientes a las sillas difieren ostensiblemente de los publicados con anterioridad y son de gran valor a la hora de plantear el diseño de nuevos recintos. Los tres tipos de sillas considerados son:

- Sillas con un alto porcentaje de superficie tapizada
- Sillas con un porcentaje medio de superficie tapizada
- Sillas con un bajo porcentaje de superficie tapizada

Los nuevos coeficientes de absorción propuestos, tanto en el caso de silla vacía como ocupada, se muestran en las tablas 2.1.6 y 2.1.7, respectivamente.

17. Carrion, Antoni *Diseño Acústico de Espacios Arquitectónico*. 1996

FRECUENCIA (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Sillas con un alto porcentaje de superficie tapizada	0,72	0,79	0,83	0,84	0,83	0,79
Sillas con un porcentaje medio de superficie tapizada	0,56	0,64	0,70	0,72	0,68	0,62
Sillas con un bajo porcentaje de superficie tapizada	0,35	0,45	0,57	0,61	0,59	0,55

Tabla 2.1.6 Coeficientes de absorción de sillas vacías (según Beranek, 1.996).

FRECUENCIA (Hz)	125	250	500	1.000	2.000	4.000
Sillas con un alto porcentaje de superficie tapizada	0,76	0,83	0,88	0,91	0,91	0,89
Sillas con un porcentaje medio de superficie tapizada	0,68	0,75	0,82	0,85	0,86	0,86
Sillas con un bajo porcentaje de superficie tapizada	0,56	0,68	0,79	0,83	0,86	0,86

Tabla 2.1.7 Coeficientes de absorción de sillas ocupadas (según Beranek, 1.996).<sup>18</sup>

Según se puede apreciar:

- A todas las frecuencias existe un aumento de absorción al pasar de silla vacía a ocupada.
- La absorción de las sillas ocupadas aumenta con el porcentaje de superficie tapizada, en especial a bajas frecuencias.
- En general, la absorción aumenta con la frecuencia hasta llegar a la frecuencia de 1 kHz. A partir de dicha frecuencia, y en el caso de las sillas vacías, la absorción disminuye, debido probablemente a un efecto de sombra producido por las mismas sillas. Tal efecto es especialmente notorio a altas frecuencias, puesto que las sillas prácticamente no producen difracción del sonido.

En la tabla 2.1.8 se indican las diferencias entre los valores promedio correspondientes a las sillas ocupadas y vacías, a bajas (125 Hz - 250 Hz), medias (500 Hz - 1 kHz) y altas frecuencias (2 kHz - 4 kHz).

DESCRIPCIÓN	BAJAS FRECUENCIAS (125 Hz - 250 Hz)	FRECUENCIAS MEDIAS (500 Hz - 1 kHz)	ALTAS FRECUENCIAS (2 kHz - 4 kHz)
Sillas con un alto porcentaje de superficie tapizada	0,04	0,06	0,09
Sillas con un porcentaje medio de superficie tapizada	0,11	0,13	0,16
Sillas con un bajo porcentaje de superficie tapizada	0,22	0,22	0,29

Tabla 2.1.8 Diferencias entre los coeficientes de absorción medios de sillas ocupadas y vacías.<sup>19</sup>

Según se observa, las diferencias más notables corresponden a las sillas con menor porcentaje de superficie tapizada y, en concreto, a altas frecuencias (diferencia de 0,29). Las diferencias menores tienen lugar para las sillas con un porcentaje más elevado de superficie tapizada y, concretamente, a bajas frecuencias (0,04).

En las figuras 2.1.58 a 2.1.60 se muestran tres ejemplos de sillas con diferentes grados de superficie tapizada.



Fig. 2.1.58 Silla con un elevado porcentaje de superficie tapizada.



Fig. 2.1.59 Silla con un porcentaje medio de superficie tapizada



Fig. 2.1.60 Silla con un bajo porcentaje de superficie tapizada.

Las sillas, tanto vacías como ocupadas, no solo absorben una parte importante de la energía correspondiente a las ondas sonoras incidentes, sino que también producen una atenuación de las ondas que se propagan paralelamente por encima de las mismas. Es el denominado "seat dip", tratado en el siguiente apartado.

#### **Comentario final**

En el caso de que el diseño de un espacio multiuso mediante acústica variable no sea factible (habitualmente por motivos presupuestarios), no quedará otra alternativa que optar por una solución acústica de compromiso, teniendo presente que no se podrá conseguir una acústica óptima para ningún uso.

De todas formas, antes de proceder a cada diseño concreto, habrá que solicitar al cliente una lista de prioridades en cuanto a los usos previstos. En función del orden preestablecido, dicha lista servirá de base para tomar decisiones en cuanto a volumen, formas y materiales destinados al revestimiento de sus superficies límite.

En el caso de que no sea posible conseguir dicha información durante la fase de diseño, se recomienda que el tiempo de reverberación a frecuencias medias (500Hz - 1 kHz) para recintos ocupados con un número de localidades entre 800 y 900 esté situado entre 1,3 y 1,4 s.

Como es lógico, cualquier solución de compromiso es mucho más efectiva para salas más bien pequeñas, ya que la inteligibilidad de la palabra siempre es menos conflictiva y la existencia de tiempos de reverberación relativamente cortos para la música, más tolerable.

## 2.2 Principios básicos de acondicionamiento térmico

En una ciudad con una incidencia de radiación solar, nivel anual de precipitación, localización y humedad relativa como lo es Hermosillo, el concepto de acondicionamiento térmico se enfoca en los siguientes pasos para lograr el confort deseado: La capacidad del equipo de aire acondicionado en BTUs para enfriar un área con un determinado volumen de aire y la cantidad de aislamiento con el que un edificio se encuentra equipado con el fin de retrasar el paso de calor hacia los recintos a enfriar por el equipo de aire antes mencionado. Por un lado, tenemos un edificio con un elevado índice de superficies expuestas y que presentan numerosos puentes de calor, particularmente la techumbre actual la cual está hecha de lámina de acero, lo que supone una altísima ganancia de calor durante el verano, así como una transferencia de calor del interior al exterior durante el invierno, una condición muy desfavorable para la eficiencia energética del edificio particularmente durante el verano. Además, el recinto está construido a base de block de concreto sin ningún tipo de aislamiento y posee ventanas que se encuentran orientadas hacia el este y el sur, lo cual solo aumenta la ganancia de calor en las horas de máxima ocupación del edificio.

La buena calidad ambiental deriva de un adecuado diseño formal y tecnológico, que repercute en beneficios para el usuario y para el propio edificio. Las consecuencias ocasionadas por malas prácticas, obligan a un mayor consumo de energía que redundan en elevados costos de dinero para las personas y un gasto mayor de recursos no renovables.

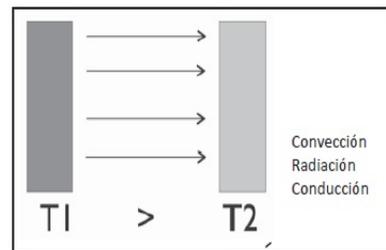
### Calor

El movimiento del flujo calorífico no puede evitarse, pero se puede minimizar colocando aislamiento adecuado o trabajando con la inercia térmica de los materiales. Físicamente siempre se producirá un flujo de calor de un cuerpo de mayor temperatura hacia uno de menor, hasta lograr el equilibrio entre ambos. En los edificios, esta diferencia de temperatura se refiere principalmente a la del aire interior y exterior en las diferentes horas del día, estaciones climáticas y localizaciones geográficas.

### Convección

Si la temperatura del aire interior es mayor que la temperatura superficial interior de la envolvente, se producirá un flujo de calor dirigido hacia la superficie de la pared. El aire al entrar en contacto con la superficie se enfría y al ser más pesado que el aire del ambiente cae, generando un movimiento descendente llamado convección natural. Cuanto mayor sea la diferencia de temperaturas, mayor será el movimiento.

El coeficiente de convección se obtiene en función de la orientación de la superficie y del sentido del flujo calorífico. Si la superficie es horizontal el flujo puede ser ascendente o descendente, esto depende de la estación climática. En las superficies verticales el flujo calorífico siempre es horizontal.



Formas de transmisión del calor

Figura 2.2.1 – Formas de transmisión del calor

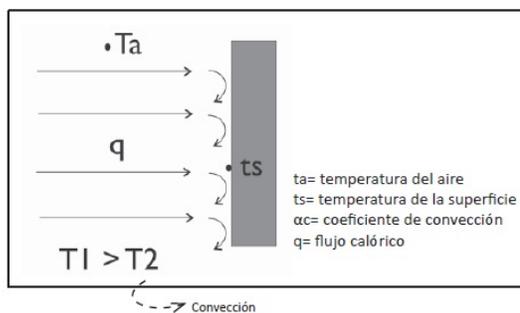


Figura 2.2.2 – Flujo de calor por convección

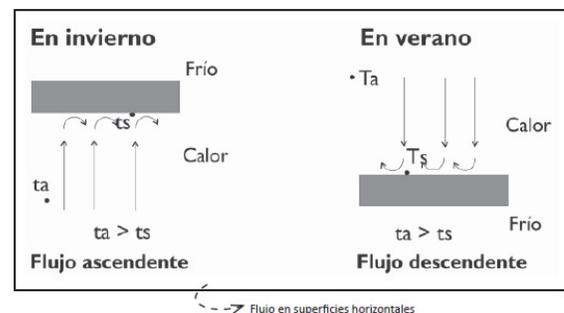


Figura 2.2.3 – Flujo por convección en superficies horizontales

### Radiación Entre dos cuerpos próximos

Todo cuerpo con temperatura mayor a 0° kelvin, emite radiación en forma de ondas electromagnéticas. La cantidad de energía emitida dependerá de la temperatura del cuerpo. La radiación puede producirse a través del vacío o a través del aire. Las ondas electromagnéticas tienen diferentes longitudes. En este caso nos ocupan:

La radiación que proviene del sol, cuyo espectro de onda abarca principalmente ondas ultravioletas, ondas de luz visible e infrarroja. La radiación terrestre, es decir, la que producen los cuerpos que están en contacto con la superficie de la tierra, es de onda larga. Se deben considerar además, las superficies de los cuerpos porque determinan la capacidad de emitir, absorber y reflejar energía. Las propiedades de estas superficies se evalúan con dos coeficientes: Coeficiente de Absorción ( $\alpha$ ) y el Coeficiente de Emisión ( $\epsilon$ ).<sup>1</sup>

1. Architectural Press. *Metric Handbook*. 1999.

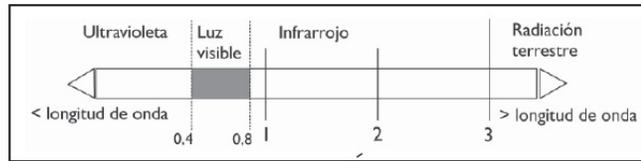


Figura 2.2.4 –Longitudes de onda por tipo de radiación solar.

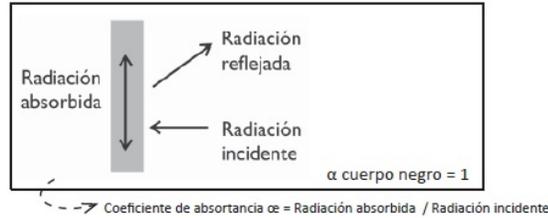


Figura 2.2.5 – Flujo de radiación en superficies expuestas

**Radiación Entre cuerpos opacos**

**Coeficiente de Absorbencia (α):**

Al incidir sobre un cuerpo opaco una determinada radiación, parte de ella es absorbida y parte es reflejada. El coeficiente es el cociente entre la radiación absorbida por la superficie y la que incidió sobre el cuerpo, su valor es en la mayoría de los materiales igual al coeficiente de emisión (ε) para radiaciones de similar longitud de onda.

**Coeficiente de Emisión (ε):**

Es la relación entre la radiación que emite un cuerpo de una determinada superficie, sobre la que podría emitir un cuerpo negro a su misma temperatura.

**Radiación Entre cuerpos transparentes o traslúcidos**

Radiación Incidente = Radiación Absorbida + Radiación reflejada + Radiación que pasa. Los vidrios según el tipo de material que se emplee para su composición pasarán a través de ellos radiación en cierto intervalo de longitud de onda. No existe vidrio que detenga la radiación, pero si se puede conseguir que la radiación infrarroja disminuya y no caliente excesivamente el local.

**Conducción Entre dos cuerpos en contacto o partes de un mismo cuerpo**

Si se analiza un cuerpo en el que su espesor es mínimo respecto al resto de sus dimensiones, y posee dos planos paralelos a diferentes temperaturas, se produce un flujo de calor del plano de mayor temperatura hacia el de menor. Este flujo es proporcional a la diferencia de temperaturas (t1-t2), a la conductividad del material (α) e inversamente proporcional al espesor del material atravesado por el flujo. El estudio de la conducción de calor se realiza en "régimen estacionario", es decir, el flujo es invariable o constante igual que su temperatura.

**Efecto Invernadero**

Es el calentamiento de un local con aberturas vidriadas, que recibe radiación solar a través de ellas, pero no permite que la radiación terrestre (paredes, piso, etc.) salga del ambiente. Actúa como una trampa solar, donde el calor del sol es acumulado y retenido. Esto ocurre porque la longitud de onda que posee la radiación terrestre es mayor que la infrarroja y no puede salir del ambiente a través de las superficies vidriadas.

**Puentes térmicos**

Los puentes térmicos provocan intercambios de calor más fuertes que el resto del paramento, pero es posible acotarlos a partir del diseño y/o la aislación. Los efectos que producen sobre las construcciones son perjudiciales puesto que disminuyen su aislamiento térmico.

Lo que es importante verificar es que no se produzca condensación sobre el puente térmico, esto ocurre porque al descender la temperatura alcanza con facilidad la temperatura de rocío. Las condensaciones producidas por puentes térmicos generalmente se localizan en: pisos, juntas esquinas, instalaciones, marcos de carpinterías y estructuras (vigas, columnas, encadenado).

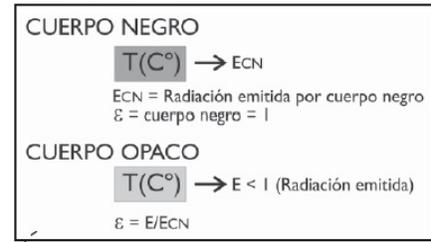


Figura 2.2.6 – Radiación a través de cuerpos opacos y negros.<sup>2</sup>

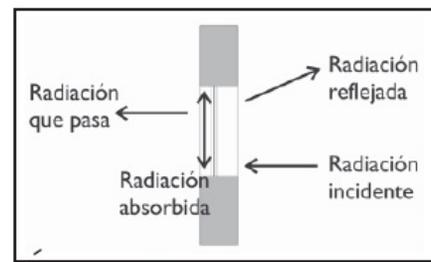
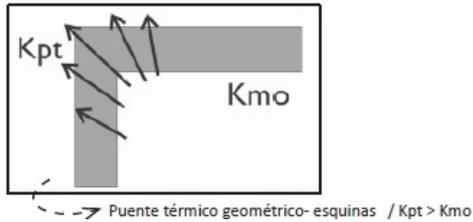


Figura 2.2.7 – Conducción entre cuerpos en contacto.<sup>2</sup>

2. Lanzetti, Andrea. Acondicionamiento Higrotermico de Edificios. 2011.

Existen dos tipos de puentes térmicos:

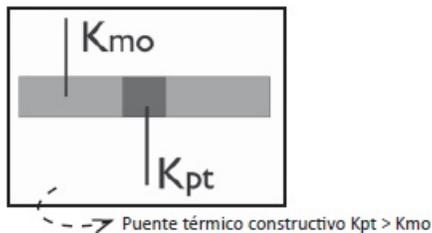
#### Puentes Térmicos Geométricos



Son puntos singulares en los que la transmisión térmica se ve aumentada por la forma de la envolvente, se verifican en los encuentros de muros exteriores, en esquinas (se aumenta la exposición de la superficie hacia el exterior y se genera más pérdida térmica) y en elementos constructivos salientes como pilastras y balcones.

Figura 2.2.8 – Paso de calor a través de un puente geoméricamente expuesto.

#### Puentes Térmicos Constructivos



Se forman por la inserción de un elemento, generalmente estructural de menor resistencia térmica que el resto del paramento, produciendo una disminución de la temperatura superficial interior por un aumento de la transmisión térmica respecto a la que poseen los elementos circundantes. Se deberá tener en cuenta en primer lugar, la prevención en la etapa de diseño y si no ha sido así, se deberá encontrar el modo de aislarlo adecuadamente privilegiando siempre hacerlo por el exterior.

Figura 2.2.9–Paso de calor a través de un elemento constructivo con menor resistencia térmica.

#### Inercia térmica

Es la capacidad de acumulación de calor por muros y techos principalmente que se desprende posteriormente al ambiente interior con un retraso. Esta propiedad usada adecuadamente puede mejorar las condiciones térmicas de las construcciones.

La masa de la envolvente de un edificio tiene la capacidad de almacenar energía en forma de calor por efectos de la radiación solar. Energía que puede ser liberada al ambiente interior con un retraso, cuando la temperatura del aire es menor que la temperatura de los materiales. Esta situación puede ser favorable o no, de acuerdo a las condiciones climáticas del lugar.

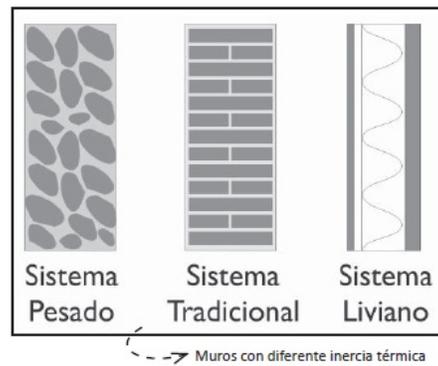


Figura 2.2.10 –Gráfico de diferentes materiales con diferente inercia térmica en relación a su espesor y su composición

#### Confort

Sabemos que el confort es el estado de bienestar físico y psicológico, en él juegan diferentes variables de percepción, funcionalidad, etc. Mencionamos con anterioridad los efectos que producen el agua y el calor en las edificaciones, enfermedades, deterioros, etc., por ello ahora citaremos algunos factores que influyen en el nivel de confort.

#### Exigencias del Confort

##### Invierno:

- Cierre de ventanas y aberturas para mantener el aire en calma.
- Determinar la temperatura mínima interior y la temperatura ambiente orientada a paredes que no tengan aislación, paredes frías u otras donde falte estanqueidad en las ventanas.
- Mantener los niveles de humedad relativa dentro de los siguientes parámetros: > 30 % (para evitar problemas respiratorios) y <75 % (peligro de deterioro en maderas, papel, corrosiones, etc.).
- Controlar la condensación, solo es permitida en cocinas, baños y lavaderos, pues sus paredes están diseñadas para ello. Debe verificarse en todos los techos y en el resto del muro envolvente que no se produzcan intersticialmente, ni superficialmente.

##### Verano:

- En climas templados o cálidos secos, la temperatura media interior no debe exceder los 28°C y puede llegar hasta los 30°C sin el uso de sistemas de ventilación forzada.
- Se evitarán las paredes calientes, deberán aislarse.
- Debe recurrirse a la ventilación cruzada, para el refrescamiento natura.<sup>3</sup>

3. BASF Folleto de Eficiencia Energética, 2012.

### 2.3 Principios básicos de diseño lumínico.

La luz es un componente esencial en cualquier medio ambiente, ya que hace posible la visión del entorno, pero además, al interactuar con los objetos y el sistema visual de los usuarios, puede modificar la apariencia del espacio, influir sobre su estética y ambientación y afectar el rendimiento visual, estado de ánimo y motivación de las personas. El diseño de iluminación requiere comprender la naturaleza (física, fisiológica y psicológica) de esas interacciones además, conocer y manejar los métodos y la tecnología para producirlas, pero fundamentalmente demanda una fuerte dosis de intuición y creatividad para utilizarlas.

Para optimizar los resultados de la aplicación de un esquema lumínico planeado, el diseñador debe tener al menos conocimiento básico multidisciplinario. Una solución ideal sería aquella que se apoya sobre los descubrimientos pertinentes al efecto global de la luz en la relación con el espectador y su medio ambiente.

#### Iluminación Eficiente

Hasta no hace mucho el diseño de iluminación implicaba suministrar cantidades de luz apropiadas a fin de posibilitar la realización de las tareas con alto rendimiento visual. Sin embargo, el descubrimiento de que la luz afecta no solamente las capacidades visuales de las personas sino también su salud y bienestar, por un lado, el vertiginoso desarrollo tecnológico de fuentes luminosas, dispositivos ópticos y sistemas de control y la necesidad de utilizar los recursos energéticos de manera más eficiente, por otro, le dieron al concepto de diseño un perfil de carácter notablemente más cualitativo.

Teniendo en cuenta este nuevo enfoque, se puede decir que un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales, crea también ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de atmósferas agradables, emplea apropiadamente los recursos tecnológicos (fuentes luminosas, luminarias, dispositivos ópticos, sistemas de control, etc.) hace un uso racional de la energía para minimizar el impacto ecológico y ambiental; todo esto por supuesto, dentro de un esquema de costos razonable, que no solamente debe incluir los gastos de la inversión inicial sino también los gastos de operación y mantenimiento.

#### Proceso de diseño de iluminación

No es fácil definir un procedimiento sistemático para diseñar un sistema de iluminación ya que cualquier proyecto puede tener diferentes puntos de abordaje. No obstante, es recomendable seguir el proceso que se emplea en otros campos de diseño y que se indica esquemáticamente en la sig. Figura:

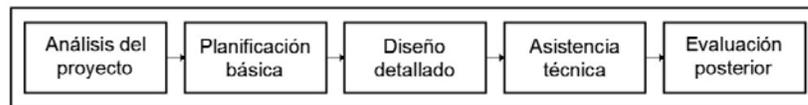


Figura 2.3.1. Proceso de diseño de iluminación.

#### Análisis del proyecto

Esta fase de diseño se destina a reunir datos que permiten determinar las demandas, visuales, emocionales y estéticas, de iluminación y establecer los alcances y limitaciones del trabajo.

Las demandas visuales son una consecuencia de la realización de actividades y para determinarlas se debe evaluar la dificultad de su realización en función de sus características y condiciones de realización. Los requerimientos emocionales, en cambio, surgen por la influencia que la luz ejerce sobre el estado de ánimo, motivación, sensación de bienestar y motivación de las personas. Estos dos tipos de demandas son variables en los individuos por razones de edad, entrenamiento, aptitud, condición visual, etc. y este hecho debe ser tenido en cuenta en el análisis.

Las demandas estéticas, por su parte, se refieren a la posibilidad de crear ambientación visual, destacar la arquitectura, ornamentación, obras de arte, etc. Para esto hay que considerar las características físicas y arquitectónicas del ambiente así como del mobiliario y del entorno, la importancia y significado del espacio, etc.

En cuanto a alcances y limitaciones se puede afirmar que, por lo general, la restricción más importante es generalmente el presupuesto a disposición del diseñador. Para analizar este aspecto es necesario considerar no sólo los costos de instalación, sino también los de operación funcionamiento. Cuando las decisiones se toman solamente en función de la inversión inicial, se corre el riesgo de restringir seriamente los objetivos del proyecto o diseñar instalaciones donde los costos no previstos de consumo energéticos y de mantenimiento hacen que su uso sea demasiado costoso.

La mayoría de los datos necesarios para el análisis del proyecto se obtiene de la documentación técnica que debe de suministrar el propietario y/o el responsable de la obra. Pero también hay que realizar una revisión de la instalación eléctrica y la posible iluminación natural en la obra, ya que permite verificar y completar datos técnicos e identificar detalles difíciles de determinar en planos. Por último, la entrevista con los usuarios es también de mucha ayuda, ya que brinda la oportunidad de conocer sus opiniones, necesidades y preferencias respecto de las condiciones de iluminación.

### Planificación Básica

A partir del análisis de la información reunida en la etapa anterior, es posible establecer un perfil de las características que debe tener la instalación para satisfacer las necesidades que el mismo trabajo plantea. Lo que se busca aquí es desarrollar las ideas básicas del diseño sin necesidad de especificar todavía aspectos como sería la selección de luminarias. En este punto se define el sistema de alumbrado, las características de las fuentes luminosas, la factibilidad para el uso de alumbrado natural y, eventualmente, la estrategia para su integración con el alumbrado artificial.

### Elección del sistema de alumbrado

En las figuras 2.3.2 a 2.3.5 se muestran los sistemas de alumbrado más comunes utilizados en iluminación de interiores, y en la tabla se resumen las características principales de cada uno de los sistemas a tener en cuenta para su selección.

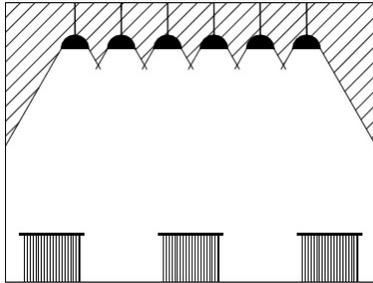


Figura 2.3.2 Alumbrado General.

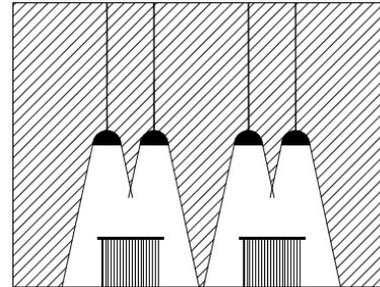


Figura 2.3.3 Alumbrado Localizado.

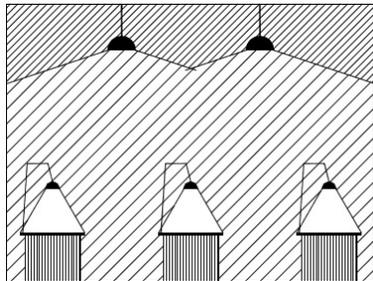


Figura 2.3.4 Alumbrado general y localizado.

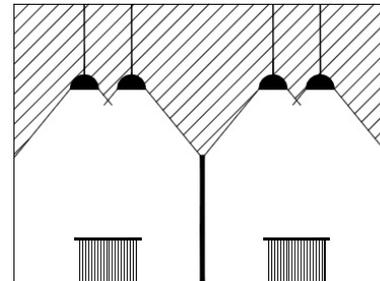


Figura 2.3.5 Alumbrado modularizado.

El sistema de alumbrado general se caracteriza por proveer una iluminación uniforme en todo el espacio ya que las luminarias se distribuyen en planta en forma regular. Esto conduce a un mayor consumo de energía por alumbrado, en especial en instalaciones de grandes dimensiones, como por ejemplo locales de planta abierta. Este tipo de iluminación brinda al ambiente un aspecto ordenado y produce efectos de modelado bastante blandos, es simple de diseñar y no requiere coordinación con el esquema de distribución de los puestos de trabajo. Si se trata de salas donde se prevé utilizar divisiones o muebles de altura considerable, puede ser necesario modularizar también el arreglo de luminarias (figura 2.3.5) a fin de minimizar los efectos de proyección de sombras sobre el plano de trabajo.

Características aproximadas de los sistemas de alumbrado						
sistema de alumbrado	Disposición de Luminarias	Características Luminotécnicas	Efectos Visuales		Coordinación con ubicación de áreas de trabajo	Consumo Energético
			Sobre el Espacio	Sobre personas y objetos		
General Directo o Indirecto	Uniforme	Altos niveles de iluminancia en todo el espacio. Excelente uniformidad. Reducción de contrastes y brillos. Se minimiza la proyección de sombras	Produce sensación de amplitud y orden. Crea atmósferas de monotonía y condiciones propicias para trabajos que requieren de alta concentración	Modelados blandos. Aplana texturas. Oculta detalles. Minimiza efectos de reflejos especulares. Apaga intensidad de los colores	No requiere	Elevado (más con sistema directo). No permite reducción individual de los niveles de iluminación
Localizado	Irregular	Altos niveles de iluminancia solo en áreas de interés. Uniformidad general baja. Contrastes realzados. Puede causar importante proyección de sombras.	Produce sensación de reducción del espacio. Puede crear atmósferas dramáticas, estimulantes y distractoras.	Modelados duros. Realza textura y detalles. Los colores resultan más intensos. Ideal para crear efectos luminosos.	Muy importante.	Reducido. Adecuado para controlar niveles de iluminación individualmente.
General y Localizado	Uniforme (general) e irregular (localizado)	Iluminancia general reducida respecto de áreas de trabajo. Uniformidad general baja. Contrastes realzados. Puede causar importante proyección de sombras.	Un balance adecuado puede compensar la sensación de reducción del espacio y crear condiciones propicias para trabajo.	Con un balance adecuado el modelado resulta casi natural. Buena apariencia de textura y detalles.	Muy importante solo para el sistema de alumbrado localizado.	Intermedio entre alumbrado general y localizado. Adecuado para controlar niveles de iluminación individualmente sin afectar el resto de la instalación.
Modularizado	Uniforme por sectores	Iluminancia media elevada. Uniformidad excelente. Reducidos contrastes y proyección de sombras.	Ídem a alumbrado general.	Ídem a alumbrado general.	Importante para determinar el arreglo de luminarias.	Elevado. Requiere sectorización de los circuitos. Permite reducción de los niveles de iluminación por sectores.

Tabla 2.3.1 Características aproximadas de los sistemas de alumbrado. FUENTE: *Diseño de Iluminación de Interiores*. Mario Raitelli. 2000.

En el caso de alumbrado localizado, el arreglo de luminarias se diseña para proveer valores de iluminación altos solamente en las áreas de trabajo y en sectores que interesa destacar como accesos, áreas con riesgo de accidentes, lugares donde se quiere crear efectos decorativos, etc. y se deja el resto de la instalación con niveles menores. Esto reduce considerablemente la carga energética en comparación con el sistema de alumbrado general, pero el diseño es más complejo, puesto que se necesita coordinar con el esquema de ocupación del espacio y, además, hay que cuidar que el desbalance de iluminancia no produzca efectos distractores, cansancio visual o afecte la estética del espacio.

A fin de satisfacer los requerimientos de seguridad para la circulación y confort visual, en general se recomienda una relación de iluminancias entre las áreas de trabajo y las otras zonas no mayor de 3:1.<sup>1</sup>

#### Elección de las fuentes luminosas

Respecto a las fuentes luminosas, en la etapa de planeación básica, solamente se define el tipo de lámpara que conviene utilizar de acuerdo con las demandas del proyecto; por ejemplo, se decide si va a emplearse luz incandescente, fluorescente, vapor de mercurio, etc. La especificación definitiva (potencia, equipo auxiliar, modelo, forma marca, etc.) se hace cuando se seleccionan las lámparas y se realiza el diseño geométrico.

Para la selección de lámparas, hay que tener en cuenta todos sus parámetros y características funcionales, según se vio en el capítulo de fuentes luminosas y equipos auxiliares. Sin embargo, para el tipo de análisis que interesa por ahora, en general, es suficiente considerar solo los factores de diseño que tienen que ver con el rendimiento luminoso, las características cromáticas, la vida útil y el tiempo de encendido. En la tabla 2.3.2 se indican los requerimientos de diseño a tener en cuenta en relación con cada uno de estos parámetros.

1. Architectural Press. *Metric Handbook*. 1999.

Características de las fuentes luminosas	Requerimientos o factores de diseño a tener en cuenta.
Rendimiento Luminoso (lm/W)	Tiempo diario de funcionamiento
	Uso racional de la energía
Temperatura de color [°K]	Necesidades de Ambientación
	Demandas psicológicas
Índice de respuesta al color	Demandas estéticas
	Reproducción de colores
	Apariencia de colores
Tiempo de encendido	Frecuencia de encendido-apagado
	Requerimientos de mantenimiento
Vida útil [Horas]	Tiempo de puesta en servicio de la iluminación
	Demandas de seguridad
Tiempo de encendido	Requerimientos de mantenimiento

Tabla 2.3.2. Factores de diseño a tener en cuenta para la selección de tipo de lámpara en la etapa de planificación básica. FUENTE: *Diseño de Iluminación de Interiores*. Mario Raitelli. 2000

### Alumbrado Natural

El empleo de la luz natural para la iluminación de interiores es una excelente alternativa para optimizar el consumo de energía por alumbrado en edificios. Además, siempre es importante tener en cuenta que, aun cuando la disponibilidad de luz natural no sea suficiente para las tareas, hay un alto porcentaje de personas que prefieren trabajar con luz natural o al menos, tener en su hábitat la apariencia de iluminación diurna. Por otro lado, el hecho de disponer de aberturas brinda una serie de ventajas en relación con los objetivos de un diseño, por ejemplo: posibilita el acondicionamiento ambiental y la ventilación del local, permite el contacto visual y físico con el exterior lo cual contribuye al bienestar y satisfacción de los usuarios, si el escenario a través de las ventanas está adecuadamente tratado.

En relación con el alumbrado natural, los aspectos a abordar en un proyecto de iluminación comprenden: la determinación del potencial de luz natural (ver capítulo sobre Luz Natural e iluminación de interiores), la coordinación entre alumbrado natural y artificial (ver capítulo sobre el aprovechamiento energético del alumbrado natural en edificios) y la selección del equipamiento para el control de la iluminación artificial (ver capítulos sobre Sistemas de control). Hay que agregar también, el diseño de ventanas y sistemas de protección.

La disponibilidad de luz natural en interiores y su potencial de ahorro de energía puede estimarse mediante el coeficiente de luz diurna promedio (ver capítulo sobre El aprovechamiento de alumbrado natural en edificios). Si se requiere más precisión hay que recurrir al estudio con modelos a escala, o a cálculos más elaborados, como por ejemplo, los métodos computarizados.

El coeficiente de luz diurna (CLD) en un punto interior expresa la relación entre la iluminancia producida por la luz natural en el punto y la iluminancia en el exterior determinada en el mismo instante y sin obstrucciones (Figura 2.3.6).

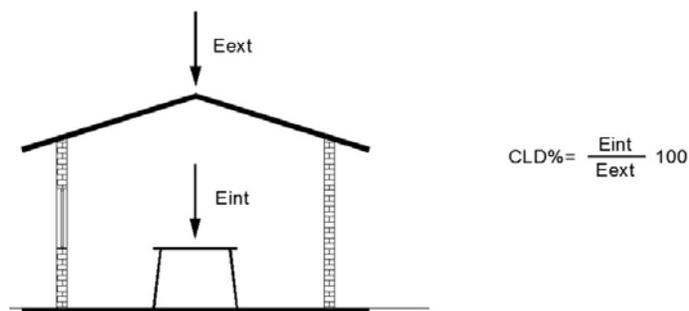


Figura 2.3.6. El Coeficiente de Luz Diurna.  
FUENTE: Architectural Press. *Metric Handbook*. 1999

La tabla 3.4.3 muestra valores de CLD promedio tomados de la norma IRAM-AADL j20-02 para locales de trabajo en función de la dificultad de las tareas visuales. La tabla 4 por su parte, indica cómo se puede caracterizar la impresión de claridad y ambientación en un espacio iluminado con luz natural a través de los valores de ese coeficiente.

En general se puede decir que para planificar un aprovechamiento de luz natural hay que disponer de un coeficiente de luz diurna no menor a 2%. También, que en locales donde el valor es superior a 5% y la geometría de las ventanas asegura una distribución uniforme del alumbrado, es posible prescindir de la iluminación artificial durante el día; aunque esta última es necesaria (para el uso nocturno del local o cuando la iluminación natural no es suficiente).

Con el uso de luz natural hay que cuidar el balance de luminancias de las superficies internas, en especial en la proximidad de ventanas, a fin de prevenir molestias visuales debido a contrastes visuales en la proximidad de aberturas. También, hay que estudiar cuidadosamente la ubicación de los puestos de trabajo para no causar deslumbramiento directo o por reflexión de la aberturas. Lo ideal es evitar ubicarlos enfrentados o de espalda a las ventanas, en especial, cuando se trabaja con computadoras.

Clasificación de la tarea según su dificultad	CLD promedio %	Ejemplos típicos de la norma IRAM-AADLj20-05
Reducida	1	Circulación, depósitos de materiales toscos, etc.
Mediana	2	Inspección general, trabajo común de oficina.
Alta	5	Trabajos de costura, dibujo, etc.
Muy alta	10	Montaje e inspección de mecanismos delicados.

Tabla 2.3.3: Valores recomendados en norma IRAM-AADL j20-02 para el coeficiente de luz diurna promedio según la dificultad de la tarea.

CLD	%	< 1	1 - 2	2 - 4	4 - 7	7 - 12	> 12	
Sobre un plano horizontal	Sector del Local	Muy bajo	Bajo	Moderado	Medio	Alto	Muy Alto	
		Zonas alejadas de las ventanas, distantes 3 a 4 veces la altura de las ventanas					Zonas próximas a ventanas o bajo claraboyas	
Impresión de claridad		De oscura a poco clara		De poco clara a clara			De clara a muy clara	
Ambientación		El local parece separado del exterior (dormitorios, foyers)			El local se abre hacia el exterior (áreas de Trabajo)			

Tabla 2.3.4: Correspondencia entre la impresión visual de claridad y ambientación con el coeficiente de luz diurna CLD medio.  
FUENTE: norma IRAM-AADL j20-02

### Diseño Detallado

En esta etapa, en función del perfil definido en la fase de planificación básica, se comienza a resolver los aspectos específicos del proyecto, estos comprenden: la selección de luminarias, el sistema geométrico y sistema de montaje, los sistemas de alimentación, comando y control eléctricos, la instalación de alumbrado de emergencia y seguridad. Además, se realiza el análisis económico-financiero y el presupuesto del proyecto, se confecciona la documentación técnica (planos y memorias descriptivas) incluyendo una propuesta de esquemas funcionales para propiciar el uso racional de la energía y un programa adecuado de mantenimiento. Es muy conveniente, y a menudo solicitado por el usuario, considerar varias alternativas.

### Selección de Luminarias

La selección de las luminarias es uno de los aspectos más importantes del proyecto. El tipo más conveniente se determina sobre las bases de consideraciones técnicas, estéticas y por supuesto, económicas. Aunque siempre deben considerarse los tres factores, hay que establecer prioridades en función de los requerimientos del diseño. Por ejemplo, si la ambientación visual es la meta deseada, la pauta predominante en la selección será la búsqueda de armonía entre los artefactos y el estilo arquitectónico, el carácter y la ornamentación del local. Si en cambio, se necesita crear condiciones de trabajo visual adecuadas y alta eficiencia energética, van a prevalecer los criterios técnicos como el rendimiento de las luminarias, las características fotométricas, el control de deslumbramiento, etc.

El mercado ofrece una amplia variedad de luminarias que permite satisfacer, prácticamente, cualquier tipo de demanda. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las luminarias se diseñan para funcionar en determinados tipos de lámparas; esto significa que una vez definido el tipo de fuente, el universo de artefactos disponibles se reduce. Lo mismo ocurre con las lámparas si primero se define el tipo de luminaria. De manera que la elección debe hacerse de manera conjunta. En la tabla 2.3.5 se indican los distintos criterios a utilizar para identificar los tipos de luminarias.

En instalaciones de alumbrado, y con el propósito de ahorrar energía, se recurre con bastante frecuencia al reemplazo de lámparas por otras más eficientes sin cambiar el tipo de luminaria. Por ejemplo, es común substituir lámparas de mercurio por sodio de alta presión o fuentes incandescentes por fluorescentes compactas de menor potencia pero con similar flujo luminoso. Se puede demostrar fácilmente que esta estrategia es muy conveniente económicamente. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el reemplazo puede implicar la fotometría del artefacto por cuanto cambian el tamaño, la forma y a veces, hasta el tipo de ampolla (por ejemplo, se pasa de una lámpara clara a otra con recubrimiento difusor), además, se pueden modificar también las características cromáticas. De manera que hay que hacer un estudio fotométrico y colorimétrico con las nuevas fuentes a fin de verificar que la distribución espacial de la luz y la reproducción de colores no se modifiquen de tal modo que afecten las condiciones de iluminación y visión. Por otro lado es importante también controlar que el eventual cambio en la apariencia del espacio no produzca efectos negativos sobre las personas. Con el fin de que este tipo de estrategias del ahorro de energía cubra las expectativas de aprobación del usuario conviene aplicar lo indicado en la sección análisis del proyecto sobre entrevistas a los usuarios.

Criterio de Clasificación	Tipo de Luminaria		Ejemplos Típicos
Uso	Alumbrado General		Luminarias fluorescentes (lineales o compactas), campanas.
	Alumbrado Localizado		Lámparas de mesa, spots*, p/iluminacion de obras de arte
	Alumbrado Decorativo		Luminarias de estilo, colgantes, apliques.
	Señalización y emergencia		Letreros luminosos, indicadores de dirección, luces de emergencia.
	Especiales		Luminarias estancas (sumergibles), capsuladas (p/ambientes explosivos).
Tipo de fuente de luz	Incandescentes (Convencionales y halógenas de bajo voltaje)		Luminarias de mesa, spots, apliques y colgantes.
	Fluorescentes (Lineales y compactas)		Plafones y colgantes, downlights**, uplights***, bañadores.
	Descarga en Gas (Tubulares y Elipsoidales)		Proyectores, campanas.
	Conductores de luz		Fibras ópticas, lumiductos.
Dimensiones	Puntual		Spots p/lámparas halógenas de baja tensión
	Extensa	Embutido, aplicado o suspendido (eventualmente con pequeños ajustes del enfoque)	Fluorescentes lineales Luminarias fluorescentes (lineales o compactas), campanas, spots, downlights, uplights.
Tipo de Montaje	Fijo	Estructuras Modulares	Módulos lineales fluorescentes integrados
		Integrados a la arquitectura	Cielorosas luminosos, pozos de luz, gargantas y molduras.
	Móvil	De enfoque libre	Proyectores
		Desplazables (generalmente también orientables)	Luminarias p/rieles electrificados
Cerramiento	Sin cerramiento		Plafones y colgantes abiertos, campanas
	Difusor opalino o prismático		Plafones y colgantes cerrados
	Louver de malla pequeña, grande o doble parabólico		Plafones y colgantes, downlights
Superficie Reflectora	Difusora		Luminarias fluorescentes (lineales o compactas)
	Espejular (lisa o facetada)		Luminarias fluorescentes (lineales o compactas), downlights, proyectores

Tabla 2.3.5 Criterios de clasificación de luminarias normalmente usados en la práctica.

FUENTE: *Diseño de Iluminación de Interiores*. Mario Raitelli. 2000.

\*Spot: Luminaria de pequeñas dimensiones, asimilable a un punto luminoso.

\*\*Downlight: Luminaria que dirige la luz principalmente de arriba hacia abajo.

\*\*\*Uplight: Luminaria que dirige la luz principalmente de abajo hacia arriba.

Nota: Se ha mantenido la denominación en inglés por cuanto estos términos son ampliamente conocidos y usados en la práctica.

### Características Fotométricas de las Luminarias

Desde el punto de vista fotométrico los aspectos que interesan para la selección de una luminaria son el rendimiento y la distribución luminosa.

#### Rendimiento Luminoso

Este factor expresa la relación entre el flujo luminoso emitido por el artefacto y el flujo de las lámparas que contiene. En general, interesan el rendimiento total y por hemisferios, definidos de la siguiente manera:

$$\eta = \frac{\text{Flujo total emitido por la luminaria } (\Phi_{0-180})}{\text{Flujo total de Lámparas } (\Phi_L)} \quad \text{Rendimiento Total}$$

$$\eta_{0-90} = \frac{\text{Flujo emitido en el hemisferio inferior } (\Phi_{0-90})}{\text{Flujo total de Lámparas } (\Phi_L)} \quad \text{Rendimiento en el hemisferio inferior}$$

$$\eta_{90-180} = \frac{\text{Flujo emitido en el hemisferio superior } (\Phi_{90-180})}{\text{Flujo total de Lámparas } (\Phi_L)} \quad \text{Rendimiento en el hemisferio superior}$$

El hemisferio inferior comprende desde la posición de nadir (0°) hasta la horizontal (90°), mientras que en el superior, desde la horizontal (90°) hasta el cenit (180°), según se puede ver en la sig. Figura:

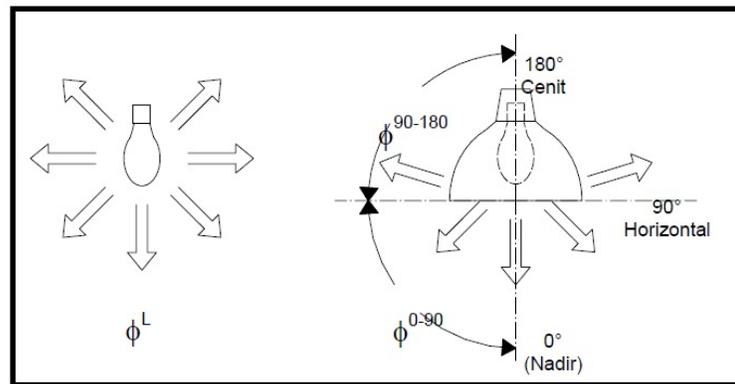


Figura 2.3.7 Rendimiento de una luminaria y distribución del flujo por hemisferios.

El rendimiento luminoso total es una medida de la eficiencia energética de una luminaria pero no brinda mucha información acerca de cómo es la distribución espacial de la luz. Cuando se aplican estrategias de ahorro de energía basadas en reemplazo de lámparas, como se indicó en la sección anterior, se debe analizar la influencia de la modificación sobre el rendimiento de la luminaria.

La Comisión Internacional de Alumbrado (CIE por sus siglas en inglés) clasifica las luminarias de acuerdo a porcentaje de flujo energético emitido por el artefacto hacia cada hemisferio.<sup>2</sup>

2. Architectural Press. *Metric Handbook*. 1999

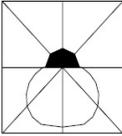
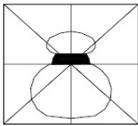
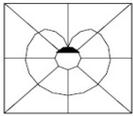
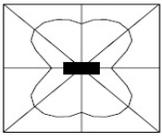
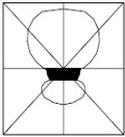
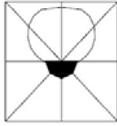
Tipo de luminaria	Distribución del flujo por hemisferios % Superior % Inferior	Características
Directa	$\frac{0 - 10}{90 - 100}$ 	Alta eficiencia energética. Posibilita buena uniformidad y balance de claridades en el campo visual. Con distribución concentrada puede requerir alumbrado suplementario para aumentar la iluminancia en superficies verticales. El cielorraso o la cavidad sobre el plano de montaje pueden resultar poco iluminados. En general requiere control de luminancias para minimizar deslumbramiento (directo y reflejado).
Semi-Directa	$\frac{10 - 40}{60 - 90}$ 	Similares a tipo directo pero con menor eficiencia energética. Reduce el contraste de luminancias con el cielorraso. La luz reflejada (difusa) suaviza sombras y mejora las relaciones de claridad. No deben instalarse demasiado cerca del cielorraso para evitar áreas de alta luminancia que podrían resultar distractoras, perturbadoras y afectar la estética del ambiente.
Difusa	$\frac{40 - 60}{40 - 60}$ 	Combinadas entre tipos directa y semi-directa pero con menor eficiencia energética, Produce buenas relaciones de claridad y suavizado de sombras. Puede ocasionar deslumbramiento (directo y reflejado) aunque su efecto es compensado por la componente reflejada (difusa). Requiere altas reflectancias de paredes y cielorraso.
Directa-Indirecta	$\frac{40 - 60}{40 - 60}$ 	Es un caso especial del tipo difusa pero con una eficiencia energética un poco mayor. Estas luminarias emiten poco flujo en ángulos próximos a la horizontal lo cual reduce las luminancias en la zona de deslumbramiento directo.
Semi-indirecta	$\frac{60 - 90}{10 - 40}$ 	Similares al tipo semi-directo pero con menor eficiencia energética. Las superficies del local deben tener alta reflectancia. La baja componente directa reduce las luminancias deslumbrantes y el contraste de claridades con el cielorraso.
Indirecta	$\frac{90 - 100}{0 - 10}$ 	Elimina virtualmente las sombras y el deslumbramiento directo y reflejado pero tiene baja eficiencia energética. Requiere altas reflectancias de paredes y cielorraso y un adecuado programa de mantenimiento de artefactos y superficies. Hay que cuidar el balance de luminancias con el cielorraso.

Tabla 2.3.6 Clasificación CIE de luminarias de acuerdo con la distribución del flujo luminoso hacia los hemisferios inferior y superior respectivamente. FUENTE: Diseño de Iluminación de Interiores. Mario Raitelli. 2000.

**Curva de Distribución Luminaria**

La representación espacial de las intensidades luminosas de una luminaria permite determinar cómo se distribuye el flujo luminoso en un local. Esta información se presenta en forma gráfica (normalmente utilizando coordenadas polares) y también tabular para distintos planos como se indica en la Figura 2.3.8.

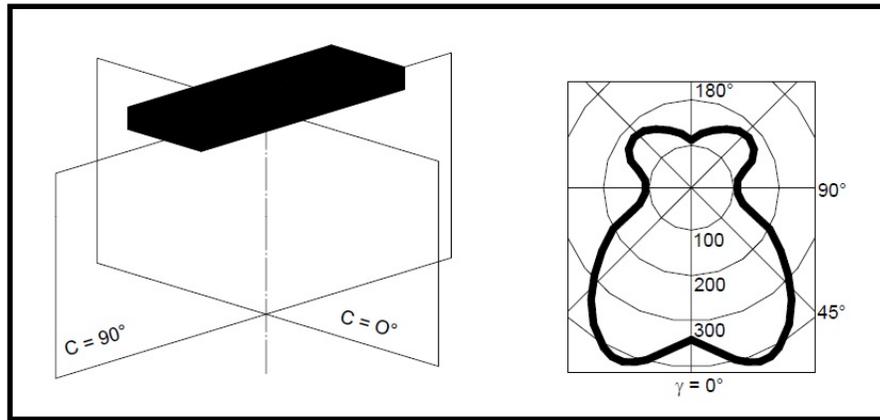


Figura 2.3.8 Representación polar de la distribución luminosa de una luminaria. Para cada plano de corte (izquierda) se suministra una curva (derecha) con los valores de intensidad correspondiente a ese plano.

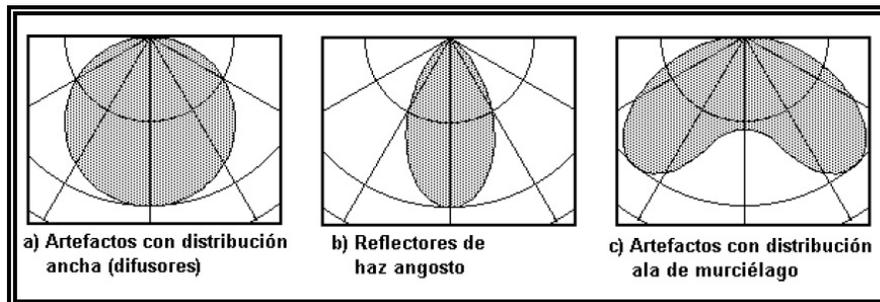


Figura 2.3.9 Curvas típicas de distribución luminosa en representación polar para artefactos a) distribución ancha b) con haz angosto y c) con forma de ala de murciélago.

La distribución de intensidades luminosas se utiliza, fundamentalmente, para realizar cálculos de iluminación, pero también en la selección de luminarias es muy útil. Por ejemplo, en la fig. 2.3.10 se puede ver que, para iluminar un espacio, se necesita una menor cantidad de artefactos de distribución ancha (Fig. 2.3.10a) que de distribución angosta (Fig. 2.3.10b). Esto, desde el punto de vista del consumo de energía, podría ser más conveniente, pero también hay que analizar otros factores, como el deslumbramiento o la apariencia del espacio.<sup>3</sup>

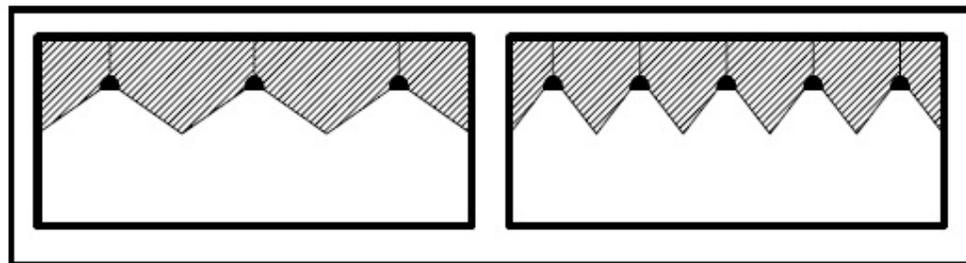


Figura 2.3.10 a-b Vista de corte de un local iluminado con luminarias de distribución ancha (izquierda) y angosta (derecha). Con el primer tipo de artefactos se podría reducir el consumo de energía ya que se requiere menor cantidad de artefactos.

3. *Diseño de Iluminación de Interiores*. Mario Raitelli. 2000.

### Cálculos de iluminación

Durante la ejecución de un proyecto de iluminación las necesidades de cálculo son variadas. En las primeras etapas, por lo general sólo se requieren valores aproximados que luego hay que ajustar mediante cálculos más elaborados. Un caso típico, que casi siempre se presenta antes de comenzar el proyecto, es la determinación de la potencia eléctrica del sistema de alumbrado. Este dato se necesita, por ejemplo, para proyectar la instalación eléctrica. El sistema de ventilación y aire acondicionado o para efectuar análisis energéticos y económicos.

El cálculo de iluminación de interiores comprende la determinación del flujo luminoso total que incide sobre un punto o una superficie. Este flujo se compone de dos partes (Figura 2.3.11). La primera corresponde a la fracción que llega directamente de las luminarias (componente directa), la otra involucra la cantidad de luz que proviene de las múltiples reflexiones que tienen lugar en los objetos y las superficies que delimitan el espacio y que pueden considerarse como fuentes secundarias (componente indirecta o reflejada).

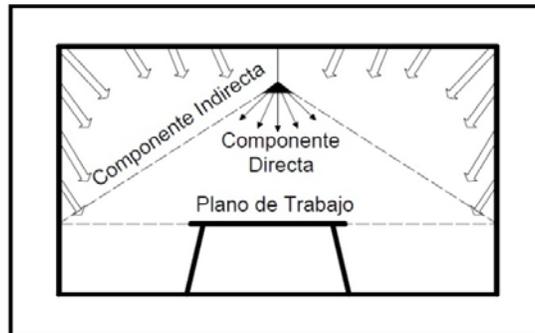


Figura 2.3.11 El flujo luminoso que llega a una superficie se integra con la fracción que proviene directamente de las luminarias (componente directa) y la producida por las interreflexiones en las superficies del local (componente indirecta).

### Método del factor de utilización.

El método del factor de utilización ( $\mu$ ) sirve para determinar la iluminancia media sobre una superficie denominada el plano de trabajo. El factor de utilización representa la fracción ( $\phi_u$ ) del flujo luminoso total ( $\phi_{Tot}$ ) de lámparas instaladas, que llega al plano de trabajo después de interactuar con las luminarias y las superficies del local.

$$\eta = \frac{\text{Flujo Incidente sobre el Plano de Trabajo}}{\text{Flujo Total de Lámparas de Trabajo}} = \frac{\phi_u}{\phi_{Tot}} \quad (2)$$

El factor  $\mu$  depende de la fotometría de la luminaria empleada, de la geometría de la instalación y de los factores de reflexión de las superficies del local. Para determinar la iluminancia media sobre el plano de trabajo ( $Ei_{med}$ ), en función del factor de utilización de la instalación, se emplea la siguiente expresión:

$$Ei_{med} = \frac{N \cdot \phi L \cdot \eta}{l \cdot a} \quad (3)$$

donde:

- $Ei_{med}$  : Iluminancia media sobre el plano de trabajo en lux
- $\phi L$  : Flujo de lámparas por luminarias en lúmenes.
- $\mu$  : Factor de utilización de la instalación.
- $N$  : Número de luminarias instaladas.
- $l$  : Longitud del local en metros.
- $a$  : ancho del local en metros.<sup>4</sup>

El método del factor de utilización puede aplicarse bajo una serie de supuestos que deben cumplirse, razonablemente, para obtener resultados confiables:

- Distribución uniforme de las luminarias en planta.
- Las superficies del local deben ser difusoras y espectralmente neutras.
- El flujo incidente sobre cada superficie debe distribuirse en forma uniforme.
- El local está libre de obstrucciones de tamaño considerable.

Por lo general, la expresión (3) se utiliza para estimar el número de artefactos necesarios para obtener un cierto nivel de iluminancia media. Normalmente se utiliza el valor recomendado por normas en función de la dificultad visual de las tareas involucradas.

Para posibilitar la aplicación del método, los fabricantes de luminarias deben suministrar los datos del factor de utilización de sus productos. Normalmente esta información se presenta en tablas (tabla 3.4.7) donde utiliza un índice de local (k) para caracterizar la geometría del espacio (Figura 2.3.12) y se toma como parámetros las reflectancias de las superficies del local.

Reflectancia cieloraso [ % ]	80				70				50			
	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10
Reflectancia paredes [ % ]	Factores de utilización											
Indice de local												
1	0.90	0.86	0.83	0.80	0.88	0.85	0.81	0.78	0.81	0.78	0.75	0.77
2	0.82	0.75	0.69	0.64	0.80	0.73	0.68	0.64	0.70	0.66	0.62	0.67
3	0.74	0.66	0.57	0.52	0.72	0.64	0.58	0.52	0.61	0.56	0.52	0.59
4	0.68	0.58	0.50	0.45	0.66	0.56	0.50	0.44	0.54	0.48	0.43	0.52
5	0.62	0.50	0.42	0.37	0.59	0.49	0.42	0.37	0.48	0.41	0.36	0.46
6	0.57	0.44	0.38	0.32	0.55	0.44	0.37	0.31	0.42	0.36	0.31	0.41
7	0.52	0.40	0.33	0.27	0.50	0.39	0.32	0.27	0.38	0.31	0.26	0.36
8	0.48	0.36	0.28	0.23	0.46	0.35	0.28	0.23	0.34	0.28	0.23	0.33
9	0.44	0.32	0.25	0.20	0.42	0.31	0.25	0.20	0.30	0.24	0.20	0.29
10	0.29	0.22	0.18	0.39	0.28	0.22	0.18	0.28	0.21	0.17	0.26	0.21

Tabla 2.3.7: Factores de utilización de luminarias.

Si no se dispone de esta información, se puede recurrir a datos de luminarias genéricas que tienen similitud física.

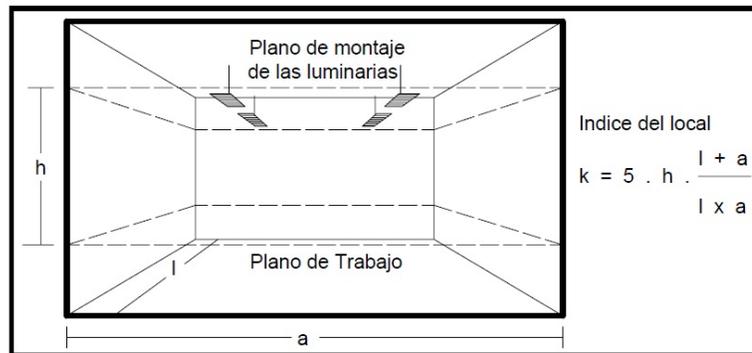


Figura 2.3.12 Método del coeficiente de utilización. Características geométricas del local.

En la expresión (3)  $E_{i_{med}}$  representa la iluminancia inicial, es decir el valor al momento de poner la instalación en servicio por primera vez. Con el uso y debido a la depreciación del sistema se produce una reducción progresiva de la iluminancia. Para compensar tal efecto, se aumenta el nivel inicial de modo que, justo antes de efectuar las operaciones de mantenimiento correspondientes, la instalación tenga el valor conocido como nivel de iluminancia mantenido ( $E_{m_{med}}$ ) (Figura 2.3.13).

Este valor se determina introduciendo el factor de depreciación (d) en la expresión (3):

$$E_{m_{med}} = \frac{N \cdot \Phi_L \cdot \mu}{l \cdot a} \cdot d \quad (4)$$

El factor d contempla los distintos fenómenos que contribuyen a la depreciación. Los principales son: el envejecimiento de lámparas y la acumulación de suciedad en luminarias y superficies del local. La reducción de flujo por decrepitud de lámparas se obtiene como información técnica de los fabricantes. Los efectos de la suciedad se estiman empleando tablas, en función del período de mantenimiento programado y del tipo de luminaria y la atmósfera del local.

Como el factor de mantenimiento es siempre menor que uno, la cantidad de luminarias (N) derivada de la expresión (4) es mayor que la obtenida si no se tuviera en cuenta la depreciación. Esto demuestra la importancia que adquiere la determinación precisa de ese factor para contribuir al objetivo de una iluminación eficiente.

**Método de la potencia específica (Pe)**

Este procedimiento se deriva del método de factor de utilización y se emplea más para evaluar la eficiencia energética de instalaciones de alumbrado que como herramienta de cálculo de iluminación.

La potencia específica (Pe) de una instalación de alumbrado se define como la potencia de lámparas (incluyendo el consumo de equipos auxiliares) por metro cuadrado, necesaria para obtener un nivel de iluminancia media de 100 lux. En la tabla 2.3.8 se indican valores de referencia de este parámetro.

La base conceptual del método Pe radica en que cada tipo de lámpara tiene una eficacia luminosa (ver capítulo de fuentes luminosas y equipos auxiliares) que, en principio, puede considerarse independiente de la potencia de la fuente. Dicho de otro modo, en una instalación de alumbrado de 600 vatios instalados, con lámparas incandescentes por ejemplo, se podría disponer del mismo

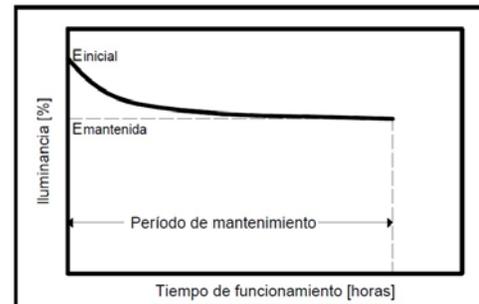


Figura 2.3.13 El efecto de la depreciación en las instalaciones provoca una disminución progresiva del nivel de iluminancia media sobre el plano de trabajo que debe ser compensada por un aumento del nivel inicial a fin de disponer el valor de iluminancia mantenida al final del periodo de mantenimiento.

flujo luminoso sobre el plano de trabajo, con 6 fuentes de 100 vatios ó con 10 de 60 vatios, suponiendo que en ambos casos se emplean artefactos de similar comportamiento fotométrico.

El procedimiento de la potencia específica como herramienta de cálculo sólo permite realizar determinaciones aproximadas. Para su aplicación, en la fórmula del método del factor de utilización (expresión 4) se debe reemplazar el flujo de lámparas ( $\Phi_L$ ), por la relación: Potencia por luminaria (PL)/Potencia específica de la instalación (Pe). Además, hay que incluir la constante 100 y un factor de corrección (f) que tiene en cuenta las características geométricas del local y los factores de reflexión de paredes (pw), piso (pf), y cielorraso (pc)(Tabla 3.4.9).

$$E_{m_{med}} = \frac{N \cdot 100}{l \cdot a} \cdot \frac{P_L}{P_e} \cdot d \cdot f \quad (5)$$

En la expresión anterior cada factor representa lo siguiente:

- $E_{m_{med}}$  : Iluminancia media mantenida sobre el plano de trabajo en lux.  
 PL : Potencia de lámparas por luminarias en watts.  
 Pe : Potencia específica de la instalación en W/m<sup>2</sup> . 100 lux.  
 N : Número de luminarias instaladas.  
 d : Factor de depreciación de la instalación.  
 f : Factor de corrección por geometría del local.  
 l : longitud del local en metros.  
 a : ancho del local en metros.

Tipo de lámpara	Potencia específica (Pe) [W/m <sup>2</sup> . 100 lux]
Incandescente convencional	12
Incandescente halógena	10
Fluorescente tubular	3
Fluorescente compacta	4
Vapor de mercurio elipsoidal	5
Mercurio halogenado tubular	4

Tabla 2.3.8 Valores de referencia de potencia específica para diferentes tipos de lámparas en luminarias de radiación directa.

Area del local [m <sup>2</sup> ]	Altura del local [m]	$\rho_c$	0.70	0.50	0.00
		$\rho_w$	0.50	0.20	0.00
		$\rho_f$	0.20	0.10	0.00
20	≤ 3		0.75	0.65	0.60
50			0.90	0.80	0.75
≥100			1.00	0.90	0.85
20	3 – 5		0.55	0.45	0.40
50			0.75	0.65	0.60
≥100			0.90	0.80	0.75
50	≥ 5		0.55	0.45	0.40
>100			0.75	0.60	0.60

Tabla 2.3.9 Método de la potencia específica: factores de corrección por geometría del local y por reflectancias de cielorraso ( $\rho_c$ ), paredes ( $\rho_w$ ) y piso ( $\rho_f$ ).  
 FUENTE: Diseño de Iluminación de Interiores. Mario Raitelli. 2000.

### Método de cálculo de iluminación puntual

En muchos proyectos se requiere establecer la iluminancia en puntos determinados en lugar del valor promedio sobre una superficie. En estos casos se aplica el método conocido como punto por punto.

El procedimiento de cálculo de iluminancias puntuales es más exacto que el método del factor de utilización, pero también es más complejo puesto que las componentes directa e indirecta deben determinarse por separado. Además también es más laborioso ya que en cada punto debe considerarse la contribución de cada luminaria individualmente. Por estas razones, la aplicación manual de este método es prácticamente posible sólo si la cantidad de puntos y luminarias es pequeña, de otra manera, se debe recurrir al empleo de programas especializados para cálculo de iluminación por computadoras.

### Cálculo del componente directo

Para determinar la iluminación directa ( $E_{P_i}$ ) que produce una luminaria en un punto se aplica la ley de la inversa de los cuadrados, la cual establece que  $E_{P_i}$  es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia desde la luminaria hasta el punto de cálculo(Figura 2.3.14):

$$E_{P_i} = \frac{I_y}{d^2} \quad (6)$$

Para calcular la iluminancia directa total el punto (Ep) se emplea la expresión anterior para determinar la contribución de cada luminaria y se suman los resultados.

$$E_p = \sum \frac{I_{\gamma i}}{d_i^2} \quad (7)$$

Los factores en las expresiones anteriores se representan:

d : Distancia luminaria-punto de cálculo en metros.  
 $I_{\gamma}$  : Intensidad luminosa en la dirección del punto P en candelas.

Los valores de intensidad luminosa necesarios para aplicar las expresiones (6) y (7) se obtienen de la curva de distribución luminosa del artefacto (ver sección Características Fotométricas de Luminarias) que debe suministrar el fabricante de la luminaria como información técnica.

En la expresión (6)  $E_{pi}$  representa la iluminancia en la dirección normal a la incidencia de  $I_{\gamma}$ . En la práctica, por lo general, interesa determinar las iluminancias horizontal (Eph) y/o vertical (Epv). Además, si todos los artefactos se instalan a la misma altura (como habitualmente ocurre) al reemplazar la distancia d por  $h/\cos(\gamma_i)$ , la expresión de la ley de la inversa de los cuadrados para se transforma en:

$$E_{ph} = \sum \frac{I_{\gamma i} \cdot \cos^2(\gamma_i)}{h^2} \quad (8) \quad \text{Iluminancia horizontal en el punto P}$$

$$E_{pv} = \sum \frac{I_{\gamma i} \cdot \cos^2(\gamma_i) \cdot \sin(\gamma_i)}{h^2} \quad (9) \quad \text{Iluminancia vertical en el punto P.}^5$$

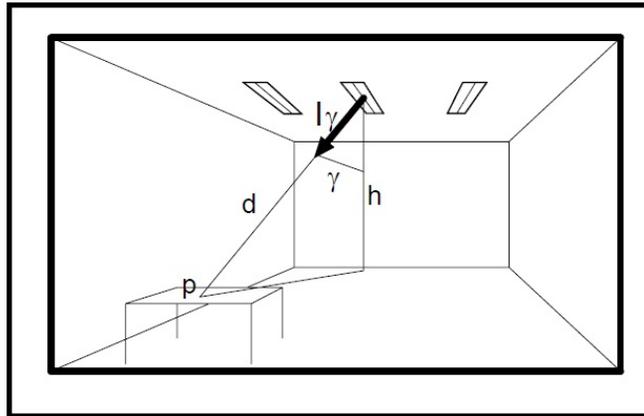


Figura 2.3.14 La iluminancia en el punto P es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre la luminaria y el punto de cálculo (Ley de la inversa de los cuadrados).

La ley de la inversa de los cuadrados es estrictamente válida solamente para fuentes puntuales. Sin embargo, si la distancia desde la luminaria al punto de cálculo es igual o mayor a 5 veces el máximo tamaño de la fuente, el error en el cálculo normalmente es menor que 10%. Esto se conoce como el criterio del quintuplo de la distancia y debe ser especialmente tenido en cuenta en los cálculos de alumbrado interior, ya que las distancias involucradas no siempre cumplen la condición mencionada y ello puede representar una importante fuente de error.

#### Cálculo de la componente indirecta

El cálculo de la componente indirecta de la iluminancia se realiza aplicando métodos computacionales basados en la teoría de transferencia de flujo. Estos procedimientos permiten obtener resultados bastante precisos y exactos. Sin embargo, muchas veces sólo se requiere valores aproximados. En tales casos, si es posible asumir que la distribución luminosa de la luz reflejada es uniforme en todas las superficies del local incluido el plano de trabajo, se puede utilizar la siguiente expresión para estimar la contribución de una luminaria a la componente indirecta de la iluminancia:

$$E_i = \frac{\phi L}{A_{tot}} \frac{\rho_m}{1 - \rho_m} \quad (10)$$

En la expresión anterior:

$\phi L$  : Flujo luminoso de la luminaria en lúmenes.

$A_{tot}$  : es la suma del área de todas las superficies del local en m<sup>2</sup>

$\rho_m$  : es la reflectancia media de todas las superficies del local que se calcula con la siguiente expresión:

$$\rho_m = \frac{\sum \rho_i A_i}{\sum A_i} \quad (11)$$

Donde  $A_i$  y  $\rho_i$  son respectivamente, las áreas y reflectancias individuales de cada una de las superficies del local.<sup>6</sup>

### Diseño geométrico y sistemas de montaje

Una vez que se ha determinado la cantidad de luminarias a instalar hay que proceder al diseño geométrico y de los sistemas de montaje. Para resolver estas cuestiones se debe tener en cuenta, en primer lugar, el sistema de alumbrado elegido, pero también el tipo de artefacto, el diseño arquitectónico y las características del cielorraso o el lugar donde se vayan a emplazar.

En los sistemas de iluminación general, Las luminarias se distribuyen uniformemente en planta como se indica en la Figura 2.3.15; pero también es posible adoptar otras distribuciones ya que la condición de uniformidad se refiere a la densidad de artefactos. En la Figura 2.3.16 se indican tres disposiciones alternativas de luminarias tipo downlights que son equivalentes desde el punto de vista luminotécnico.

Para la iluminación localizada, los artefactos se disponen en los sectores donde se necesitan mayores niveles de iluminación o que interesen destacar, por ejemplo, áreas de trabajo, accesos o zonas con riesgo de accidentes. La iluminación del resto de ambiente se realiza con la luz dispersada del sistema localizado o, a veces, con un alumbrado general de menor potencia.

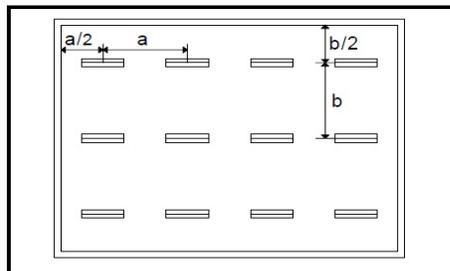


Figura 2.3.15 Distribución típica de luminarias en planta uniforme: la distancia desde las paredes a los artefactos es igual a la mitad de la separación entre ellos. FUENTE: Diseño de Iluminación de Interiores. Mario Raitelli. 2000.

Una cuestión importante a considerar en el diseño geométrico, es el impacto visual que provoca la presencia del sistema de luminarias ya que puede afectar la estética del espacio. Aquí hay que tener en cuenta ciertas reglas que gobiernan los mecanismos de la percepción e interpretación de imágenes. Según estas reglas, conocidas como leyes de la Gestalt, el sistema visual tiende a asociar patrones complejos con unidades más simples, sobre la base de principios de simetría, continuidad, cierre, proximidad, buena configuración, etc.

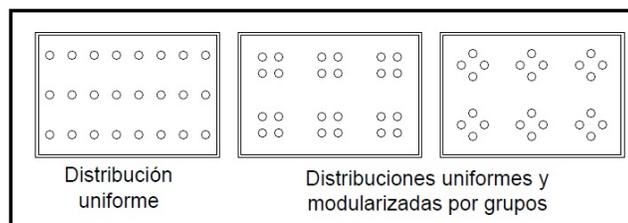


Figura 2.3.16 Distribuciones en planta de 24 luminarias tipo downlight. Los tres casos son equivalentes en cuanto a niveles de iluminación, grado de uniformidad, etc. pero las disposiciones modulares por grupos. (ley de proximidad) pueden resultar más atractivas desde el punto de vista estético. FUENTE: Diseño de Iluminación de Interiores. Mario Raitelli. 2000.

6. Architectural Press. *Metric Handbook*. 1999.

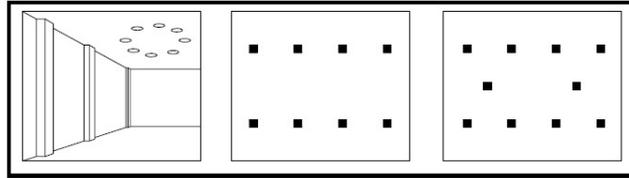


Figura 2.3.17 Leyes de la Gestalt aplicadas para el diseño geométrico: la disposición de 8 luminarias tipo downlight (izquierda) se percibe como un círculo (leyes de proximidad y de cierre). Los 8 artefactos (centro) se interpretan como 2 líneas, pero el agregado de luminarias (derecha) convierte el esquema en 2 grupos de 5 artefactos (leyes de la buena configuración y simetría). FUENTE: Diseño de Iluminación de Interiores. Mario Raitelli. 2000.

En lo que se refiere al tipo de luminaria, se puede decir que el diseño geométrico con artefactos suspendidos o plafón es más flexible que con luminarias embutidas, ya que en este último caso el emplazamiento puede estar limitado por elementos ubicados en la cavidad por arriba del cielorraso (en general, las canalizaciones de otros servicios). Otros condicionantes para el montaje son el tipo del cielorraso (por ejemplo, superficie de paneles modulares), su capacidad de carga y la presencia de elementos estructurales como vigas, columnas, conductos, etc.

### Diseño Eléctrico

El objetivo de eficiencia energética en un sistema de iluminación requiere no sólo un diseño adecuado a este propósito, sino también el uso apropiado de la instalación y para esto último, tiene mucho que ver el diseño de la alimentación eléctrica y, especialmente, del sistema de control de luces.

Al diseñar la instalación eléctrica hay que tener en cuenta el voltaje de la línea de alimentación y su variabilidad, especialmente si se prevé utilizar lámparas de descarga ya que puede haber problemas de encendido o estabilidad del funcionamiento (ver capítulo sobre Fuentes Luminosas y Equipos Auxiliares). Esta información, que forma parte de los datos a reunir en la etapa de análisis del proyecto (ver sección Análisis del Proyecto) se puede obtener de la empresa que suministra la energía, del responsable de la obra eléctrica ó, a veces, del propietario; aunque siempre es recomendable controlar mediante mediciones tomadas en distintos momentos del período de utilización del sistema de iluminación.

Otra cuestión relacionada con el diseño eléctrico es la distorsión de la forma de la onda de tensión eléctrica (generación de armónicas) debido al empleo de equipos auxiliares y sistemas electrónicos de control y regulación de luces de mala calidad (es decir, sin un filtrado adecuado). La introducción de armónicas en la red puede conducir a recargos en la facturación de la energía eléctrica pero además, ocasionar serios problemas en el funcionamiento de otros sistemas como, por ejemplo, la pérdida de información en centros de procesamiento de datos. Estas cuestiones destacan la importancia de la correcta selección y dimensionado de los equipos auxiliares (ver capítulo sobre Fuentes Luminosas y Equipos Auxiliares).

### Control de la iluminación

El control de luces responde a dos tipos de demandas. La primera, el uso racional de la energía, es una condición indispensable para cualquier proyecto que tenga como objetivo la iluminación eficiente (ver sección El concepto de iluminación eficiente) y se satisface ajustando la cantidad de luz, por niveles de iluminancia o por tiempo de uso (preferiblemente ambos) de acuerdo con los requerimientos de cada momento. La otra exigencia surge de la necesidad de brindar flexibilidad en la iluminación de locales con funciones variadas, por ejemplo, en salas de conferencias. Por supuesto ambos criterios no son excluyentes y pueden proyectarse complementariamente.

Para implementar un control eficaz hay que programar las escenas de luz, es decir los esquemas funcionales de encendido y/o regulación del flujo de grupos de luminarias que permiten satisfacer las diferentes demandas de iluminación. Para ella debe determinarse claramente las necesidades de iluminación; estas pueden variar por las distintas funciones del local (Figura 2.3.18) o temporalmente; por ejemplo, en un restaurante donde la mayor afluencia de clientes se produce los fines de semanas y días feriados, se podría prever una escena de luz para tales ocasiones y otra para los días de semana.

Básicamente, los sistemas de control de iluminación, se dividen en manuales y automáticos (Tabla 2.3.10).

Tipo de control	Estrategia de control	Dispositivo de comando	Características
Manual	Regulación escalonada	Interruptor (llave) de montaje sobre pared.	Posibilita el ajuste por pasos del nivel de iluminación.
	Regulación continua	Atenuador (dimer)	Permite ajuste continuo del nivel de iluminación. Generalmente incorpora la función interruptor. Puede tener montaje fijo (sobre pared) y/o móvil (remoto)
	Programable	Unidad de Control multicanal	Permite programar escenas de luz que se conectan accionando pulsadores locales y/o remotos. Generalmente incorpora las funciones de retardo y atenuación (Figura 18)
Automático	Local	Unidad de Control multicanal	Automatiza el control de un solo local o zona del edificio (Figura 19).
	Central	Unidad de Control multicanal	Integra el control de varias zonas (Figura 21). Se puede incorporar a un sistema de gestión integral de energía y servicios (edificios inteligentes)

Tabla 2.3.10 Clasificación de los sistemas de control de luces. FUENTE: Diseño de Iluminación de Interiores. Mario Raitelli. 2000.

El comando remoto requiere de un dispositivo emisor y otro receptor de la señal de control (Figura 2.3.19). El receptor puede incorporarse en las luminarias o disponerse externamente. En el primer caso, se economiza el cableado y es una buena alternativa para obras de remodelación donde la capacidad de los conductos de la instalación eléctrica está saturada o no es posible la rotura de paredes y cielorraso.

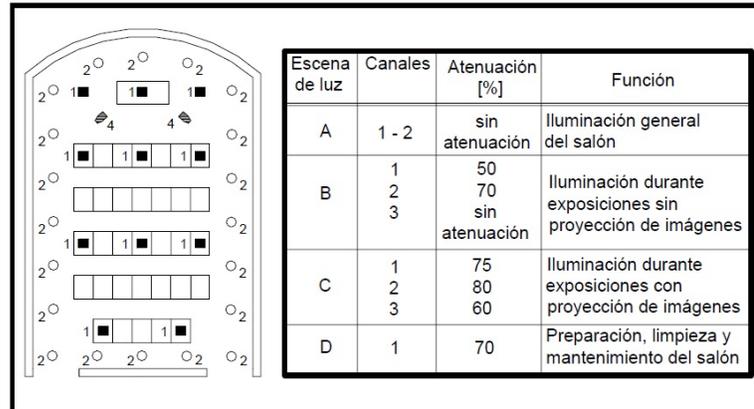


Figura 2.3.18 Programación de 4 escenas de luz para un auditorio en función de las distintas demandas de iluminación, empleando un sistema de control manual con 3 canales conmutables y atenuables. La sala dispone de 3 sistemas de alumbrado (vista de planta a la izquierda): (1) Iluminación general, (2) Baño de luz s/paredes y (3) Iluminación de la zona de exposición. FUENTE: Diseño de Iluminación de Interiores. Mario Raitelli. 2000.

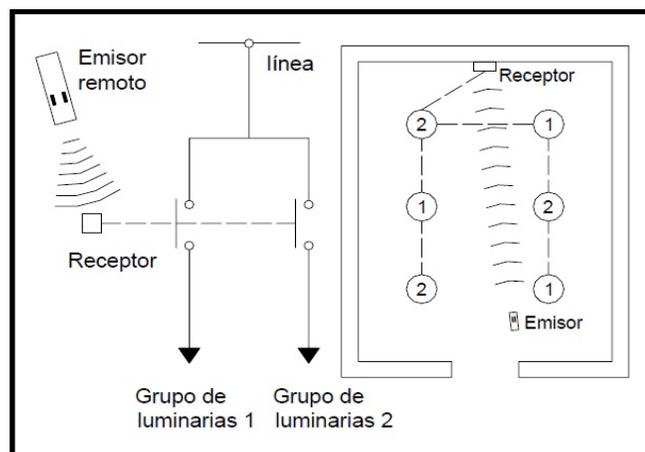


Figura 2.3.19 Control manual de luces con comando remoto. El receptor, en este caso externo, capta la señal de mando del emisor y conecta el grupo de luminarias que corresponde. El agregado de la función atenuación más la conexión de los artefactos en 2 esquemas de trebolillo brinda amplia flexibilidad al sistema. FUENTE: Diseño de Iluminación de Interiores. Mario Raitelli. 2000.

El sistema de control automático puede ser local (Figura 2.3.20) o central (Figura 2.3.21) según controle una o varias zonas, respectivamente.

En el primer caso el sistema se integra con los siguientes componentes:

- **Sistema de sensores:** Generan señales en función del valor de la magnitud de sensado.
- **Canal de comunicación** (bus de sensores): Transportan las señales de los sensores hacia la unidad de control
- **Unidad local de control:** Contiene un procesador que recibe las señales de los sensores y, en función de los niveles de operación preestablecidos, determina el estado de actuación (conexión y/o atenuador y/o retardo o desconexión) de los dispositivos de comando (interruptores, atenuador y relays).
- **Canal de operación:** Sirve para energizar las lámparas ó para transportar una señal de operación en caso que el dispositivo de comando esté incorporado a la luminaria.

El esquema de control automático central se trata, básicamente, de la combinación de múltiples zonas locales (Figura 2.3.20) en una única unidad de control remota. En cada zona hay un conmutador Local/Central (no indicado en el esquema) para independizar el control del sistema centralizado.

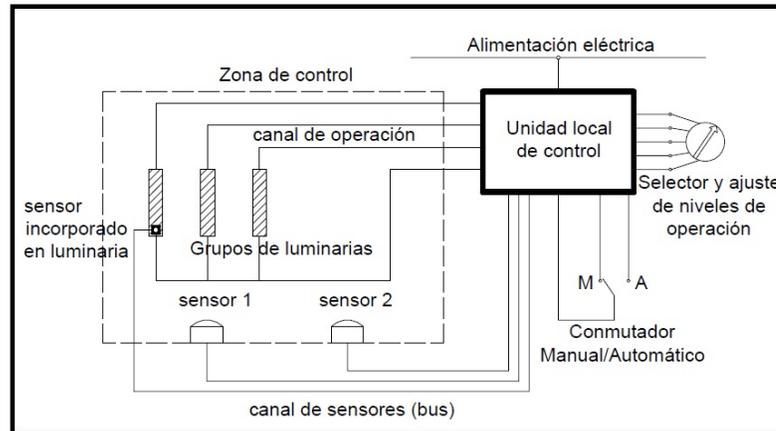


Figura 2.3.20 Esquema del sistema de control automático local. FUENTE: Diseño de Iluminación de Interiores. Mario Raitelli. 2000.

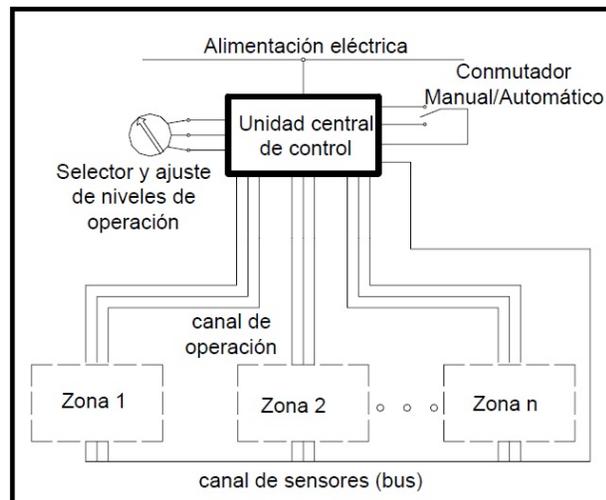


Figura 2.3.21 Esquema de control automático central. FUENTE: Diseño de Iluminación de Interiores. Mario Raitelli. 2000.

Los sensores utilizados en estos sistemas de control pueden ser de distintos tipos, por ejemplo, de niveles de iluminación (fotoeléctricos), de presencia (infrarrojos) ó relojes para conectar ó desconectar luces de acuerdo con las estrategias de ocupación de las instalaciones. En el capítulo sobre Fuentes luminosas y accesorios se describen las características operativas y técnicas de los principales productos que se ofrecen en el mercado.

Para determinar el tipo de control más conveniente hay que realizar un análisis comparativo entre los costos del sistema y las posibilidades de ahorro de energía.

Las expectativas de ahorro energético dependen del patrón de variación de las demandas de iluminación. Si este es previsible, por ejemplo, como las actividades de rutina de una oficina, se puede esperar reducciones en el consumo del orden del 60%; mientras que si no lo es, como en el caso de instalaciones de uso ocasional, la economía de energía obtenible, generalmente es inferior al 40%.

El control manual es la alternativa más simple y de menor costo de instalación, pero también menos eficaz en lo que a racionalización energética se refiere (Figuras 2.3.22 y 2.3.23). Esto, en muchos casos, se explica por el diseño inadecuado, por ejemplo, cuando los controles de iluminación no están bien identificados o son de acceso complicado. Pero fundamentalmente, la ineficacia se debe a factores humanos, ya que las luces casi nunca se apagan, por ejemplo, cuando hay suficiente luz natural o cuando algún sector queda sin ocupación. Estas situaciones son particularmente notables en edificios públicos.

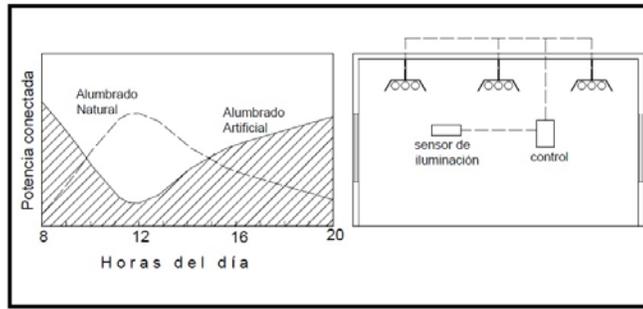


Figura 2.3.22 Coordinación entre alumbrado natural y artificial con regulación automática para un local con ventanas en 2 paredes enfrentadas. Se utilizan luminarias con 3 lámparas. Aquí se obtiene el máximo aprovechamiento energético de la luz natural. El área rayada representa el consumo diario de energía.

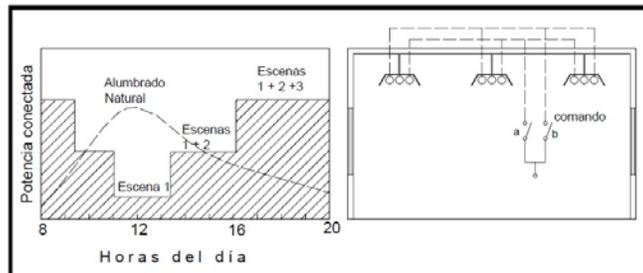


Figura 2.3.23 Coordinación entre alumbrado natural y artificial para la misma instalación de la figura 22. Se emplean 2 circuitos para obtener 3 escenas de luz. El circuito “a” conecta 1 lámpara por luminaria (escena 1=33% de la potencia instalada). El circuito “b” conecta 2 lámparas por luminarias (escena 2=66% de la potencia). Con los circuitos “a” y “b” operando simultáneamente se conecta el 100% de la carga (escena 3). El aprovechamiento energético de la luz natural es menor que para el caso de regulación continua.

El control automático de luces es el medio más eficaz para ahorrar energía, ya que ajusta la iluminación a las necesidades de cada momento. Por ejemplo, permite atenuar el incremento de nivel de iluminancia inicial que se adopta para compensar la depreciación de la instalación (Figura 2.3.24). Sin embargo, hay que tener en cuenta que también es el que demanda mayores costos, no sólo de instalación sino también de mantenimiento, ya que generalmente requiere mano de obra especializada.

**Mantenimiento**

Como se explicó en la sección sobre Cálculos de iluminación, los niveles de iluminancia en cualquier instalación siempre experimentan una reducción progresiva como consecuencia de la depreciación de los componentes; esto es, el envejecimiento de lámparas, equipos auxiliares y luminarias, y además, por la acumulación de polvo y suciedad en las superficies de local. Este efecto se compensa de dos maneras, aumentando el nivel inicial e implementando un programa de mantenimiento.

Para elaborar el plan de mantenimiento hay que hacer un análisis de costos que permita determinar la frecuencia óptima de realización de las distintas operaciones: limpieza de luminarias, mantenimiento del local, reemplazo de lámparas, equipos auxiliares y componentes eléctricos, ajustes de sistemas de control y regulación, re-enfoque de luminarias, etc. Por supuesto, cuanto más espaciadas en el tiempo son estas operaciones, menor es el costo del mantenimiento lo que en muchos casos puede justificar la mayor inversión inicial que se necesita realizar. Sería interesante incluir también en este análisis, la influencia del deterioro de las condiciones de iluminación y visión sobre la productividad, por ejemplo, disminución del rendimiento laboral, aumento de la tasa de accidentes, etc. Lamentablemente, son muy pocos los casos donde se llevan registros que posibilitarían este tipo de consideración. En la Figura 2.3.24 se muestra la variación de iluminancia en una instalación donde se ha implementado un programa de mantenimiento. Los porcentajes indicados, aunque hipotéticos ya que no pertenecen a ningún caso en particular, son bastantes realistas y demuestran la ventaja de programar el mantenimiento y el resultado de no tenerlo en cuenta.

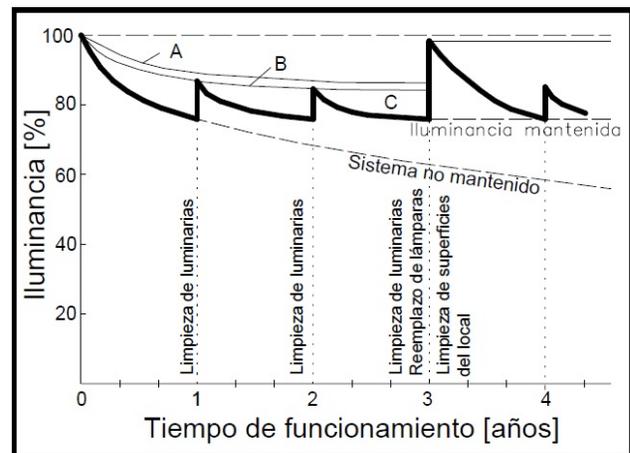


Figura 2.3.24. Esquema de mantenimiento de una instalación de iluminación. La curva A indica la reducción de iluminancia si sólo actuara la depreciación de lámparas y la curva C la variación real como resultado del mantenimiento. Cuando se efectúa limpieza de luminarias únicamente (por ejemplo, al final de los años 1 y 2) no se restablece hasta el nivel dado por la curva A, ya actúa también la depreciación del local (curva B).

Una cuestión a remarcar y que puede verse en la Figura 2.3.24 es que el mantenimiento nunca restituye las condiciones iniciales por cuanto hay factores que son irrecuperables, por ejemplo, el aumento de opacidad y/o reducción de reflectividad en materiales ópticos de luminarias como consecuencia de la radiación ultravioleta de las fuentes luminosas.

Un aspecto muy importante del programa de mantenimiento es la definición de la estrategia para el reemplazo de lámparas. Esta puede ser: por grupos, individual o una combinación de ambas. En el primer caso todas las lámparas de la instalación o de un sector se recambian simultáneamente en un momento a definir y que se conoce como vida económica; mientras que en el segundo, se sustituyen a medida que las fuentes fallan. La decisión sobre cual estrategia conviene aplicar surge de un análisis económico-técnico-operativo; por ejemplo, el reemplazo por grupos puede ser el más económico, pero debido a exigencias del servicio de iluminación, de seguridad, estéticas, etc. hay que recurrir a una estrategia combinada.

El mantenimiento es un factor de suma importancia para el objetivo de una iluminación eficiente y su problemática debe formar parte del proyecto de iluminación", es decir, comenzar a resolverse durante el diseño, por ejemplo, seleccionando equipos adecuados para las condiciones físicas y ambientales del local, simples de manipular para las operaciones de mantenimiento (desarmado, limpieza, reemplazo de componentes, etc.) y en lo posible, prever su emplazamiento en lugares que sean fáciles de acceder y trabajar.

#### **Asistencia Técnica y Evaluación Posterior**

Las dos últimas etapas del proceso de diseño de iluminación indicadas en la Figura 2.3.24 en realidad no pertenecen a lo que tradicionalmente se entiende como proyecto, pero es conveniente incluir en la propuesta de trabajo, no sólo el diseño, sino también la asistencia técnica durante la ejecución de la obra y una vez concluida esta, la evaluación del impacto del proyecto.

En la etapa ejecución de obras, el diseñador puede asesorar a la dirección técnica en la resolución de cuestiones problemáticas que, como es sabido, siempre se presentan en cualquier montaje; por ejemplo, alteraciones respecto del diseño original o modificaciones en otros aspectos del proyecto que requieren el replanteo de algunas de las soluciones luminotécnicas. La recepción y control de calidad del equipamiento es otra situación que puede requerir del diseñador, sobre todo, cuando los proveedores ofrecen productos diferentes a lo especificado sin un respaldo adecuado de información técnica que permita juzgar la calidad de esos equipos. En estos casos, bastantes frecuentes por cierto, puede ser necesario solicitar ensayos fotométricos, eléctricos, mecánicos, de seguridad, etc.

Finalmente, la etapa de evaluación posterior tiene como objetivo analizar el proyecto en términos técnicos-económicos y fundamentalmente, en función del grado de aceptación y/o satisfacción de los usuarios. La evaluación técnica implica el control de los parámetros luminotécnicos proyectados (mediante mediciones fotométricas) y de las condiciones de funcionamiento eléctricas, térmicas y mecánicas de todos los componentes de la instalación. El análisis económico por su parte, apunta a evaluar si los esquemas funcionales y las estrategias de control adoptadas han satisfecho las expectativas; esto es, si los costos de funcionamiento del sistema, en especial el consumo de energía, responden a lo previsto.

## CAPITULO 3: ESTUDIOS PREELIMINARES

### 3.1 Medio Social y Usuario

#### 3.1.1 Tipo de Usuario

La congregación de la primera iglesia I.A.F.C.J. está integrada por 470 miembros, divididos demográficamente de la siguiente manera:

74 niños de 1 a 10 años.

90 adolescentes de 11 a 17 años.

102 jóvenes de 18 en adelante (la fraternidad de jóvenes se compone de individuos solteros únicamente).

130 mujeres y ancianas de diferentes edades.

74 hombres y ancianos de diferentes edades.

Cada una de estas divisiones ocupa un área distinta al comienzo de los servicios dominicales matutinos, y confluyen a la nave principal para un servicio colectivo de las 12 a las 3 pm.

#### 3.1.2 Deseos y Necesidades

Cada grupo, como se menciona en el apartado anterior, requiere de un área específica para el desarrollo de sus actividades grupales, las cuales tienen una duración de 1 y media horas aproximadamente. Además, cada grupo difiere en tamaño de manera considerable, siendo el de mujeres y ancianas y el de niños y adolescentes los que requieren de mayor área de trabajo.

La nave principal llega a albergar una congregación de hasta 400 miembros de una sola vez, con un nivel de decibelios de aproximadamente 85 dB durante la fase de ruido más abundante, y temperaturas de hasta 43°C en la parte superior de la nave, 39°C en la parte cercana al piso. Se desea que mediante el proyecto de remodelación, se reduzcan los niveles de ruido perceptibles desde el exterior del inmueble en un 50% y se reduzca el consumo de energía eléctrica por concepto de iluminación y aire acondicionado en la mayor cantidad posible. Estos detalles son analizados más a fondo en las secciones respectivas.

La cubierta del edificio se construyó con lámina, aluminio y PTR. En el proyecto acústico se desea incorporar a la techumbre espacios donde colocar amplificadores y otros instrumentos audiovisuales, así como luminarias y andenes que la estructura existente simplemente no puede resistir, además de que este tipo de estructura sirve como un enorme puente térmico, por lo que se presentará una nueva propuesta que ofrezca las características necesarias para desempeñar las funciones requeridas de aislamiento acústico y térmico.

En la tabla 1.1 se detallan el nombre, las características deseadas, las tareas desempeñadas, así como la cantidad en metros cuadrados predestinados de las áreas en el proyecto de remodelación.

<b>Tabla 3.1 - PROGRAMA DE NECESIDADES</b>			
<b>PROYECTO: REMODELACIÓN DE CENTRO CRISTIANO I.A.F.C.J.</b>			
<b>NOMBRE DE ESPACIO</b>	<b>USO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>AREA (M2)</b>
ESTACIONAMIENTO	Estacionamiento existente	Acceso por calle Reforma, 7 cajones de estacionamiento, mas acceso a patio lateral	118.5
ATRIO	Acceso principal al edificio, sanitarios, oficina de pastor, y acceso a librería desde el interior del edificio.	Con relación a estacionamiento y exterior, capacidad para 1/3 de la capacidad máxima del edificio.	37.5
OFICINA PASTOR	Área donde el pastor atiende a visitantes y miembros de la congregación.	Relación directa con área de atrio, con vista hacia fachada principal	15
LIBRERÍA	Librería en donde se ofrecen a la venta publicaciones y literatura de carácter religioso relacionado con la congregación, así como material musical y misceláneo.	Acceso desde fachada principal y atrio	20 - 25
NAVE PRINCIPAL	Área en donde se desarrollan las liturgias.	Características acústicas optimizadas para la voz humana, tiempos de reverberación bajo 1 seg; aislado contra el ruido y radiación térmica.	260
MEZZANINE	Área secundaria para eventos de ocupación máxima.	Acceso por calle Reforma, 7 cajones de estacionamiento, mas acceso a patio lateral	100
ALTAR	Área desde donde ministran el pastor y diáconos	Visibilidad directa desde cualquier punto de la nave principal y mezzanine, con suficiente espacio para acomodar un coro de hasta 100 personas	60
BAUTISTERIO	Pila de bautismo.	Completa visibilidad desde cualquier punto de la nave principal y mezzanine	7.5
VESTIDORES	Utilizados únicamente durante las ceremonias de bautismo.	Acceso por fuera del edificio, para hombres y mujeres, en relación directa con el bautisterio	8.5
AREA PARA MUSICOS	Área desde donde ministran los músicos	Mantener el conjunto musical y equipo necesario fuera del área de altar, pero al frente de la nave principal	16
BODEGA DE INSTRUMENTOS	Almacén acondicionado para el acomodo y mantenimiento de instrumentos musicales	Alfombrado, para minimizar daño a los instrumentos por raspones o caídas, aislado para efectuar afinación de ciertos instrumentos acústicos, con "racks" para montar instrumentos en los muros.	18
SALON	Utilizado durante servicios matutinos, cada uno destinado al uso de una fraternidad en específico	Espacio reservado para liturgias especiales por fraternidad.	variable
CUARTO DE MAQUINAS	Alberga el equipo hidroneumático.	Área alejada del edificio para evitar transmisión de ruido y vibraciones a la estructura principal	118.5
SERVICIOS	W.C	Fuera del área de nave principal, accesible, estratégicamente ubicado	7

### 3.2 Medio Urbano

#### 3.2.1 Ubicación

La dirección de la ubicación es calle Reforma esquina con Campeche, No. 70, colonia San Benito, Hermosillo, Sonora, México.



Figura 3.2.1 – Croquis de localización del predio.

#### 3.2.1.2 Uso de Suelo

Como se observa en esta imagen extraída del plano de uso, reservas y destinos de suelo para la ciudad de Hermosillo, sonora de enero de 2007, el predio en donde se ubica el edificio, así como el área circundante es de uso mixto.



3.2.2 Mapa de uso de suelo para el área inmediata alrededor del predio, donde se aprecia uso predominantemente mixto.

FUENTE: PMDU municipio de Hermosillo, 2006

SIMBOLOGIA			
	Subcentros límite		HABITACIONAL POPULAR
	Subcentros		HABITACIONAL INTERES SOCIAL
	Validades		HABITACIONAL MEDIA
	Límite de crecimiento		HABITACIONAL RESIDENCIAL
	Conservación ecológica		HABITACIONAL CAMPESTRE
	Pista		HABITACIONAL MIXTO
	rellenos sanitarios		MIXTO
	zona de amortiguamiento		CENTRO URBANO
	Conos de aproximación aeropuerto		SUBCENTRO URBANO
	ferrocarril		ALMACENAMIENTO
			MICRO INDUSTRIAL
			INDUSTRIA LIGERA
			INDUSTRIA MEDIA
			INDUSTRIA PESADA
			EQUIPAMIENTO
			INFRAESTRUCTURA
			AREA DEPORTIVA
			AREA VERDE
			RESERVA HABITACIONAL
			RESERVA HABITACIONAL CONDICIONADA
			RESERVA INDUSTRIAL
			ZONA DE PRESERVACION
			CONSERVACION ECOLOGICA
			ZONA DE SALVAGUARDA
			ESTACIONAMIENTO
			USO ESPECIAL
			SIN CLASIFICAR
			PLANTA TRATADORA DE AGUAS RESIDUALES
			Presa
			Curvas de nivel

### 3.2.3 Estudio de Impacto Ambiental

Al llevar a cabo las obras de remodelación, se demolerán muros, se retirará la cancelería y la cubierta será substituida. Durante estas actividades, se generará escombros de ladrillo, aluminio, acero estructural, plafones de unicel y vidrio. Posteriormente se le integrarán elementos aislantes térmicos, dentro de los cuales van incluidos cancelería, recubrimientos de muros y cubierta de material aislante. Tanto el aluminio como el acero pueden ser reciclados, pero el escombros de concreto y ladrillo deberá ser depuesto en algún relleno de la ciudad.

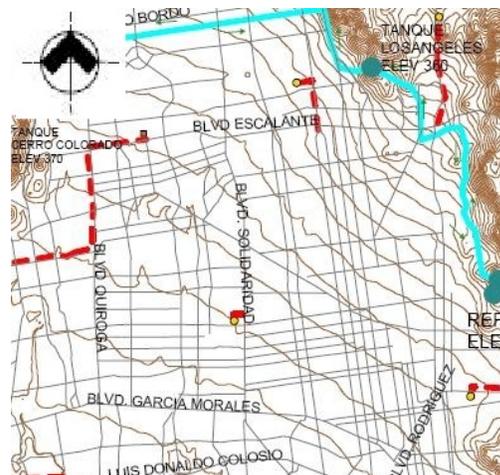
### 3.2.4 Imagen Urbana

El estilo de construcción circundante, así como el del edificio en sí no obedece a las normas de alguna corriente definida en particular, salvo algunas excepciones como se observa en las imágenes. Básicamente lo que se observa es un tipo de construcción resultado de la necesidad inmediata, que en uno u otro caso integran algunas de las características espaciales y estéticas de algún estilo arquitectónico, mayoritariamente moderno y californiano, como se puede observar en el uso de tejas, pórticos, molduras y las líneas ligeras y bien definidas, utilizando el aspecto de los materiales para acentuar el espacio arquitectónico solamente.

### 3.2.5 Equipamiento e Infraestructura

#### 3.2.5.1 Agua Potable

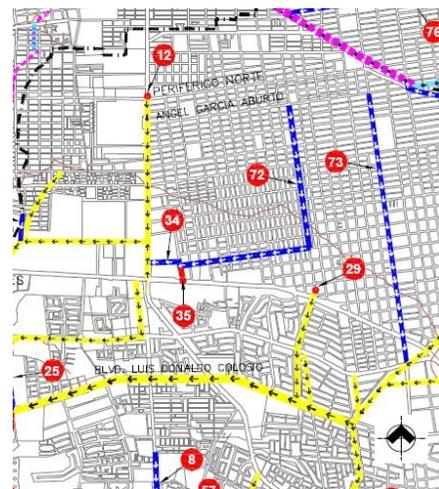
El área en donde se encuentra el predio se alimenta de la subestación ubicada en el Blvd. Solidaridad y el tanque en el cerro Colorado.



3.2.3 Diagrama de suministro de agua potable para la zona del predio. FUENTE: PMDU municipio de Hermosillo, 2006

#### 3.2.5.2 Drenaje Pluvial

El agua de precipitaciones se captará y se conducirá a través de un canal proyectado a pasar por la calle reforma.



3.2.4 Diagrama de drenaje pluvial para la zona. FUENTE: PMDU municipio de Hermosillo, 2006

**3.2.5.3 Alcantarillado**

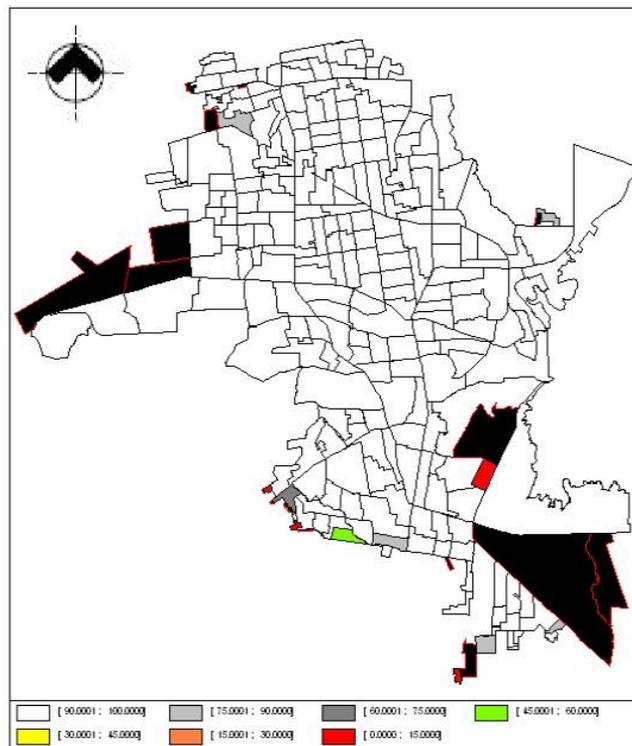
Siendo una de las zonas más antiguas de la ciudad, la colonia San Benito se encuentra totalmente cubierta a través de la red de aguas negras.



3.2.5 Mapa de sectores de servicio de red de alcantarillado de la ciudad de Hermosillo. FUENTE: PMDU municipio de Hermosillo, 2006

**3.2.5.4 Electricidad**

En Hermosillo, San Pedro el Saucito, la Victoria, el Tazajal, y Mesa del Seri, el 97.89% de las viviendas contaban con energía eléctrica en el año 2000. Es importante señalar que en algunas áreas no regularizadas existen instalaciones colectivas de energía eléctrica, donde varias viviendas se conectan a una sola acometida eléctrica, generalmente con instalaciones precarias que implican un riesgo. El promedio de vivienda o construcción con electricidad del área en donde se encuentra el inmueble es de 90,000 : 100,000.



3.2.6 Mapa de sectores energizados y proporción de edificios con energía en la ciudad de Hermosillo. FUENTE: PMDU municipio de Hermosillo, 2006

### 3.2.5.5 Transporte Público

Las rutas que cubren en mayor medida el área general alrededor del centro son la ruta Reforma, la ruta Gral. Piña, y la ruta 4, además de lo cual existen otras rutas y áreas de paso las cuales ofrecen una amplia variedad de posibilidades de traslado hasta el área del proyecto.



3.2.7 Mapa de Rutas de Transporte Urbano en la ciudad de Hermosillo.  
FUENTE: PMDU municipio de Hermosillo, 2006

### 3.2.5.6 Vialidades

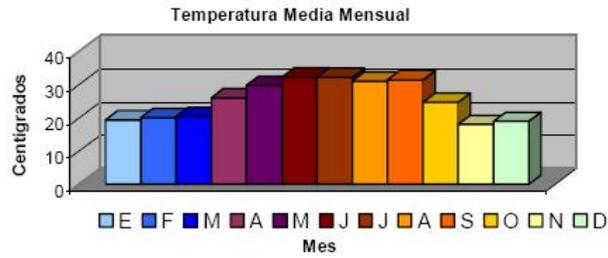
La vialidad Principal sur a norte por la que se puede llegar al centro cristiano son la avenida Reforma, de Norte a Sur la calle Monteverde, y secundariamente el Periférico Norte, que se une con la calle Monteverde y el Blvd. Luis Encinas que conecta de oriente a poniente con la avenida Reforma.



3.2.8 Vialidades. FUENTE: PMDU municipio de Hermosillo, 2006

**3.3.3 Clima**

El clima del centro de población Hermosillo es de tipo cálido-seco a desértico, con temperaturas altas en verano, mientras que el invierno tiende a ser menos extremo. En la ciudad de Hermosillo el mes más frío es diciembre con una temperatura mínima promedio de 3.5 °C y el mes más caluroso es junio con una temperatura máxima promedio de 45 °C. El mes en el cual se presenta la mayor humedad relativa es diciembre con un máximo promedio de 62% y el mes con menos humedad relativa es abril con un porcentaje mínimo promedio de 24.6%.



3.3.1 Gráfica de temperatura media por mes en el área de localización de la ciudad. FUENTE: Informe anual CONAGUA 2012

En cuanto a la insolación máxima, el mes en el cual se presenta mayor tiempo de horas luz es mayo con un promedio máximo de 326 horas luz.

Las precipitaciones pluviales más elevadas se presentan durante los meses de julio, agosto y septiembre, coincidiendo con la temporada de huracanes y registrándose una humedad relativa promedio del 53%. En los meses de marzo a junio y en octubre la presencia de lluvias es mínima, con una humedad relativa del 30%.

Los vientos dominantes se dirigen, por la mañana en sentido suroeste-noreste y en sentido contrario por la tarde. Los vientos más fuertes se presentan en las temporadas de julio, agosto y septiembre, con variaciones de 60 a 80 Km/h, que eventualmente pueden presentar vientos huracanados con ráfagas de hasta 120 Km/h, principalmente al presentarse huracanes o tormentas tropicales en las costas del golfo de California.

**3.3.4 Vegetación**

El área comprendida dentro del límite del Centro de Población presenta la vegetación típica de zonas cálidas desérticas, en una densidad de media a baja. En las partes elevadas de cerros destaca la vegetación compuesta por matorral y vegetación secundaria arbustiva; en las zonas planas prevalece la vegetación compuesta por mezquite y arbustos de zonas desérticas, como el palo verde, mezquite y palo fierro. Hacia el poniente de la ciudad se localizan zonas de baja pendiente y con características agrícolas, destacando la vegetación desértica micrófila, el matorral y algunos tipos de cactus, sahuaro, pitahayas, etc. También encontramos en esta zona amplias extensiones de pastizales, combinados con matorral subinermes. Al oriente de la ciudad se ubica el vaso de la presa Abelardo L. Rodríguez con zonas inundables y terrenos agrícolas en las márgenes de ambos ríos y la zona de la Mesa del Seri. Existe una zona de matorral y vegetación secundaria arbustiva, asociada con las elevaciones de la sierra La Flojera, así como amplias zonas de mezquite y matorrales.



3.3.2 Sahuaro – (*Carnegiea gigantea*)



3.3.3 Pitahaya – (*Stenocereus thurberi*)



3.3.4 Mezquite – (*Prosopis glandulosa*)



3.3.5 Choya – (*Cylindropuntia fulgida*)



3.3.6 Cactus – (*Echinopsis mamillosa*)

3.3.7 Palo Fierro – (*Olneyatesota*)3.3.8 Palo Verde – (*Parkinsonia aculeata*)

La vegetación presente en el predio en cuestión, no encontramos ningún tipo de vegetación, ya que toda esta fue replantada fuera del conjunto, o secada durante la época del tanteo, por lo que será parte de la propuesta de remodelación el reincorporar vegetación apropiada, que realce el aspecto del diseño.

### 3.3.5 Fauna

La fauna dañina presente en el área inmediata al predio es la que comúnmente se encuentra en áreas áridas de sonora, que consiste principalmente en insectos ya sean venenosos o transmisores de enfermedades, así como algunos pequeños reptiles de los cuales a continuación se presentan los ejemplos más comunes.

3.3.9 Cucaracha común - (*Blattaorientalis*)3.3.10 Mosca – (*Musca Domestica*)3.3.11 Termita – (*Nasutitermes*)3.3.12 Mosquito – (*Anopheles*)

3.3.13 Alacrán – (*Maurus Palmatus*)3.3.14 Viuda Negra – (*Latrodectus mactans*)

### 3.3.6 Conclusiones

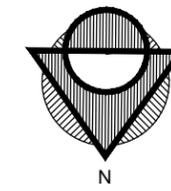
En el caso concreto de este proyecto, la mayor parte de la infraestructura necesaria ya está presente en el predio, por tratarse de una remodelación. El aspecto más importante a tratar es el crecimiento paulatino del número de usuarios. Cuando se trata de asociaciones religiosas, su crecimiento se da de modo episódico, siendo común que durante meses se presenten altas y bajas de población flotante. El número de visitantes durante las sesiones de asistencia máxima fluctúa entre los 120 a los 260 visitantes, presentándose concentraciones alrededor de las temporadas previas a los períodos vacacionales de verano e invierno. Es necesario tomar en cuenta todo esto para efectuar un cálculo efectivo que asegure que todos los asistentes contarán con un espacio apropiado para tomar parte de las actividades llevadas a cabo dentro de estos espacios.

Además de las actividades religiosas ordinarias, las cuales se llevan a cabo durante todo el año en fines de semana y una vez entre semana, es de notarse las que se llevan a cabo una vez por año, denominadas convenciones distritales, que tratan de captar la mayor parte de los asistentes disponibles en el área comprendida por los distritos en que se divide la organización religiosa actualmente, mismos que corresponden a la división distrital política actual del estado de Sonora. En estos eventos es común que se rebase por mucho la capacidad de los inmuebles disponibles por el momento para esta asociación religiosa, exceptuando los más grandes los cuales se encuentran al centro de la república. Sin embargo, existen otras actividades que engloban asistentes de determinados sectores demográficos y más aún, de algunos centros en específico los cuales fácilmente pueden efectuarse en el centro en su estado actual, pero se prevé un crecimiento de la población actual, por lo que será uno de los objetivos de este proyecto de remodelación el mejoramiento e incremento de las características y capacidad de este templo, para beneficio de sus usuarios a corto y largo plazo, en la medida de las posibilidades del espacio disponible para este fin, sin dejar de lado las disposiciones y requerimientos de seguridad y los cuerpos de protección civil.

## CAPITULO 4: ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO

## 4.1 LEVANTAMIENTO ARQUITECTONICO

NORTE:



CONTENIDO:  
LEVANTAMIENTO - PLANTA DE CONJUNTO

ESCALA: 1:200	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: L-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
REMDELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS: 
--	--------------

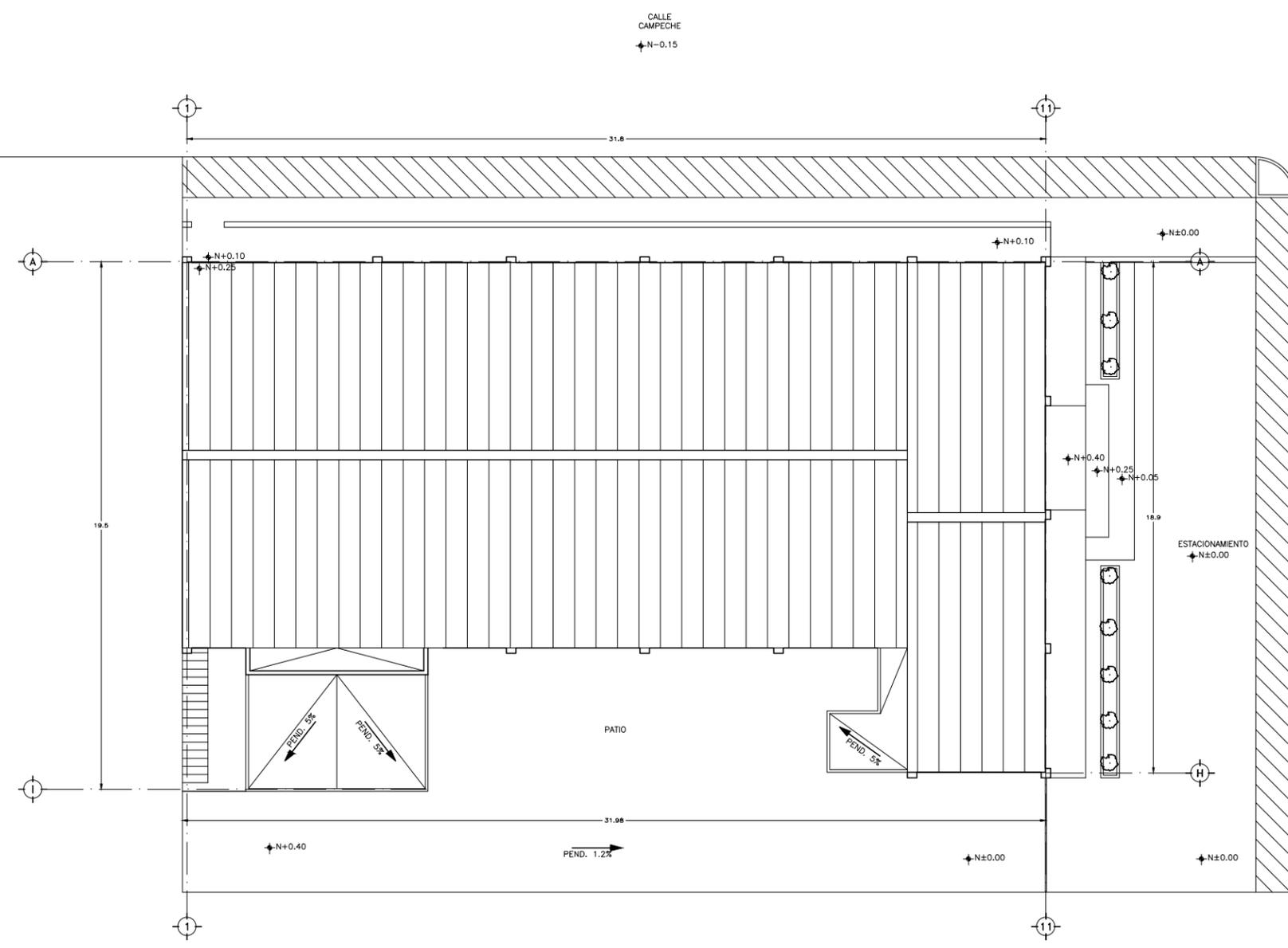
PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

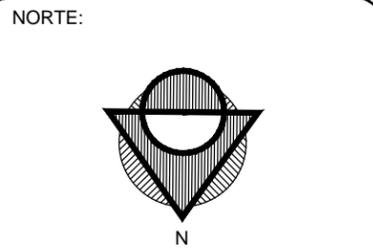
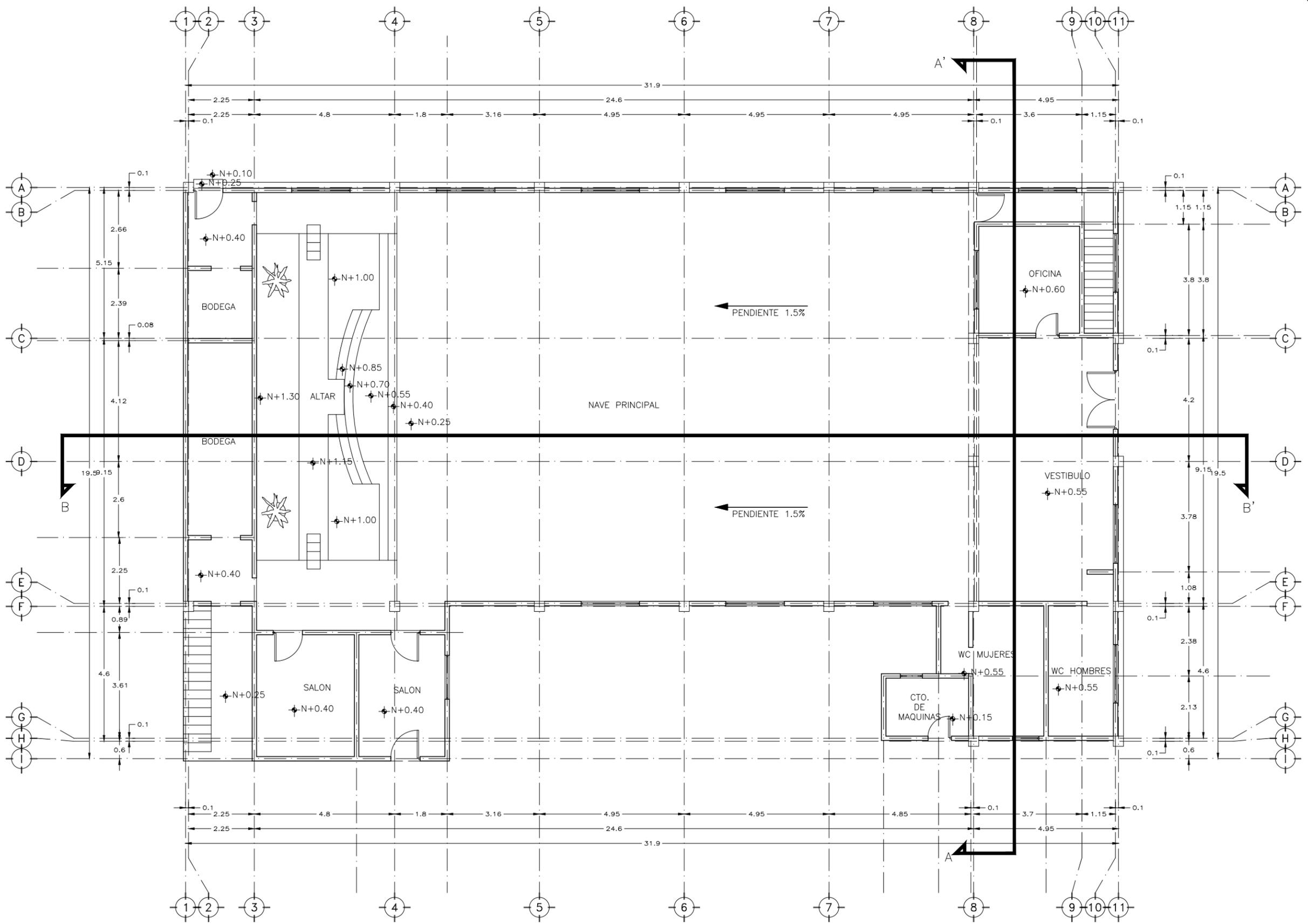
NOTAS:

PLANO:

L-01



PLANTA DE CONJUNTO  
ESCALA 1:200



CONTENIDO:  
LEVANTAMIENTO - PLANO  
ARQUITECTONICA PLANTA BAJA

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: L-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION:  
CALLE CAMPECHE ENTRE  
REFORMA E IGNACIO ROMERO  
#x. COL. SAN BENITO,  
HERMOSILLO SONORA.

PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

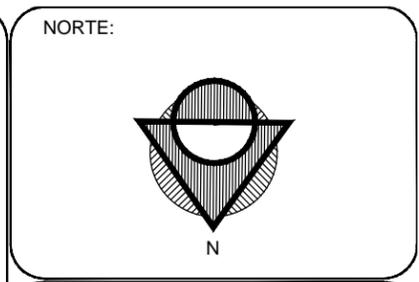
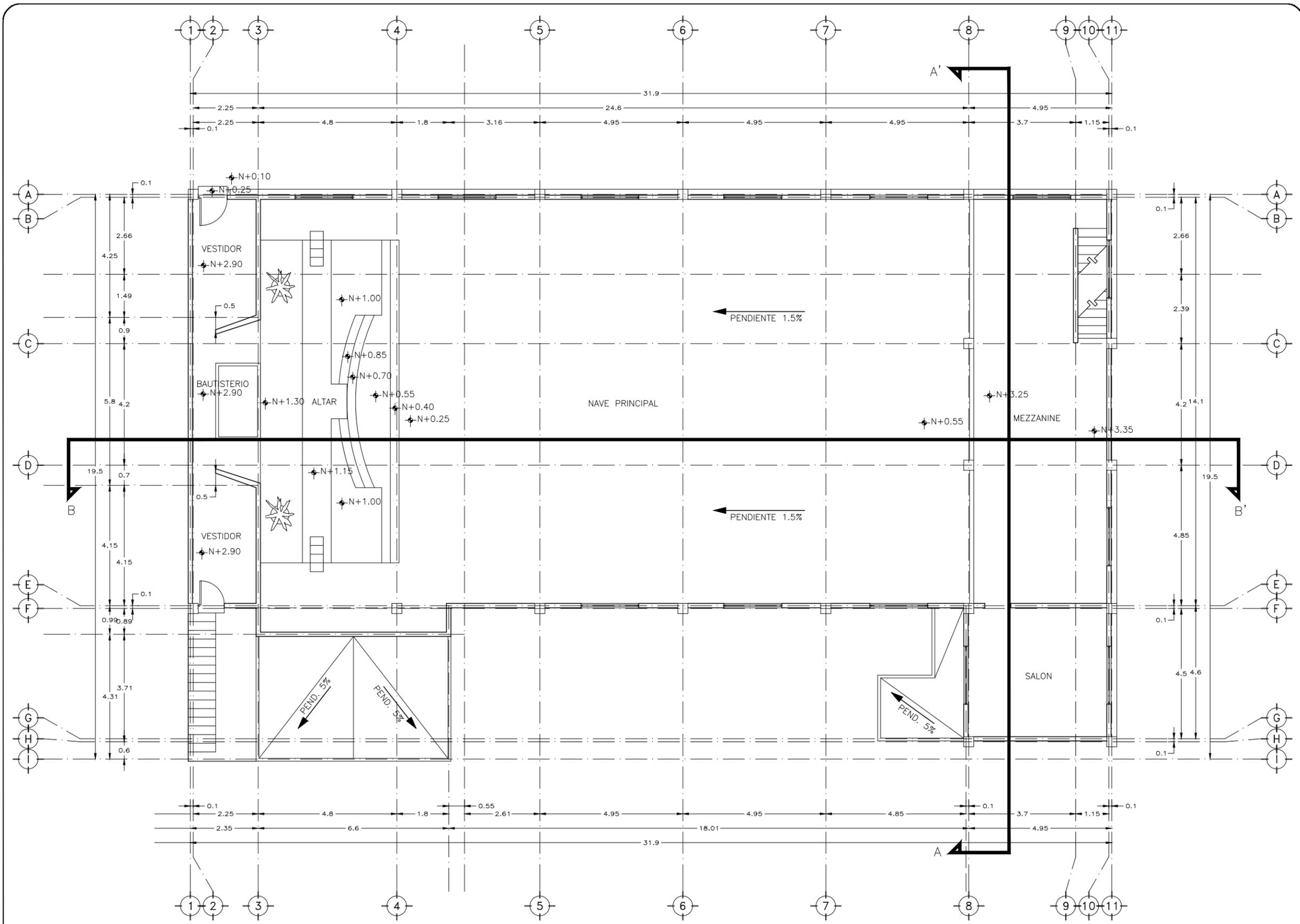
DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

NOTAS:

**PLANTA BAJA**  
ESCALA 1:125

PLANO:

**L-02**



CONTENIDO:  
**LEVANTAMIENTO - PLANO**  
**ARQUITECTONICO PRIMER NIVEL**

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: L-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
 REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION:  
 CALLE CAMPECHE ENTRE  
 REFORMA E IGNACIO ROMERO  
 #x. COL. SAN BENITO,  
 HERMOSILLO SONORA.

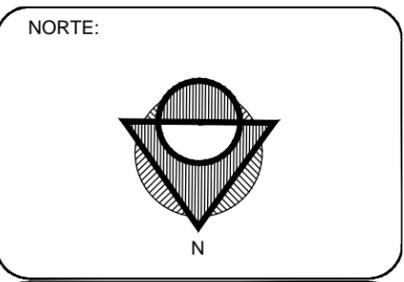
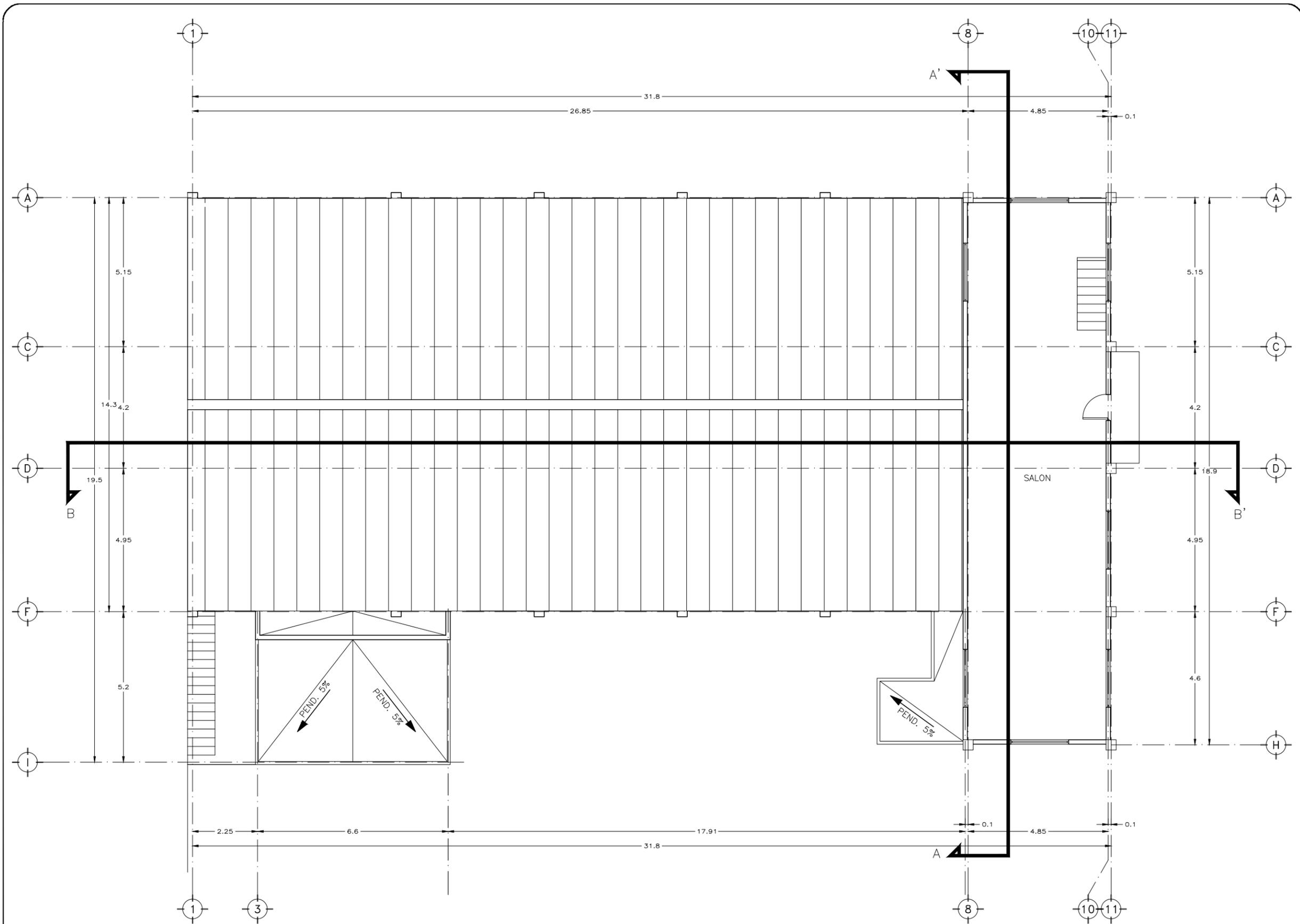
PROPIETARIO:  
 IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

NOTAS:

PLANO:  
**L-03**

**PLANTA SEGUNDO NIVEL & MEZZANINE**  
 ESCALA 1:125



CONTENIDO:  
**LEVANTAMIENTO - PLANO  
 ARQUITECTONICO 3ER NIVEL**  
 ESCALA: UNIDADES: ARCHIVO:  
 1:125 METROS L-00  
 FECHA: REVISADO POR:  
 OCTUBRE - 2013 R.P.R.

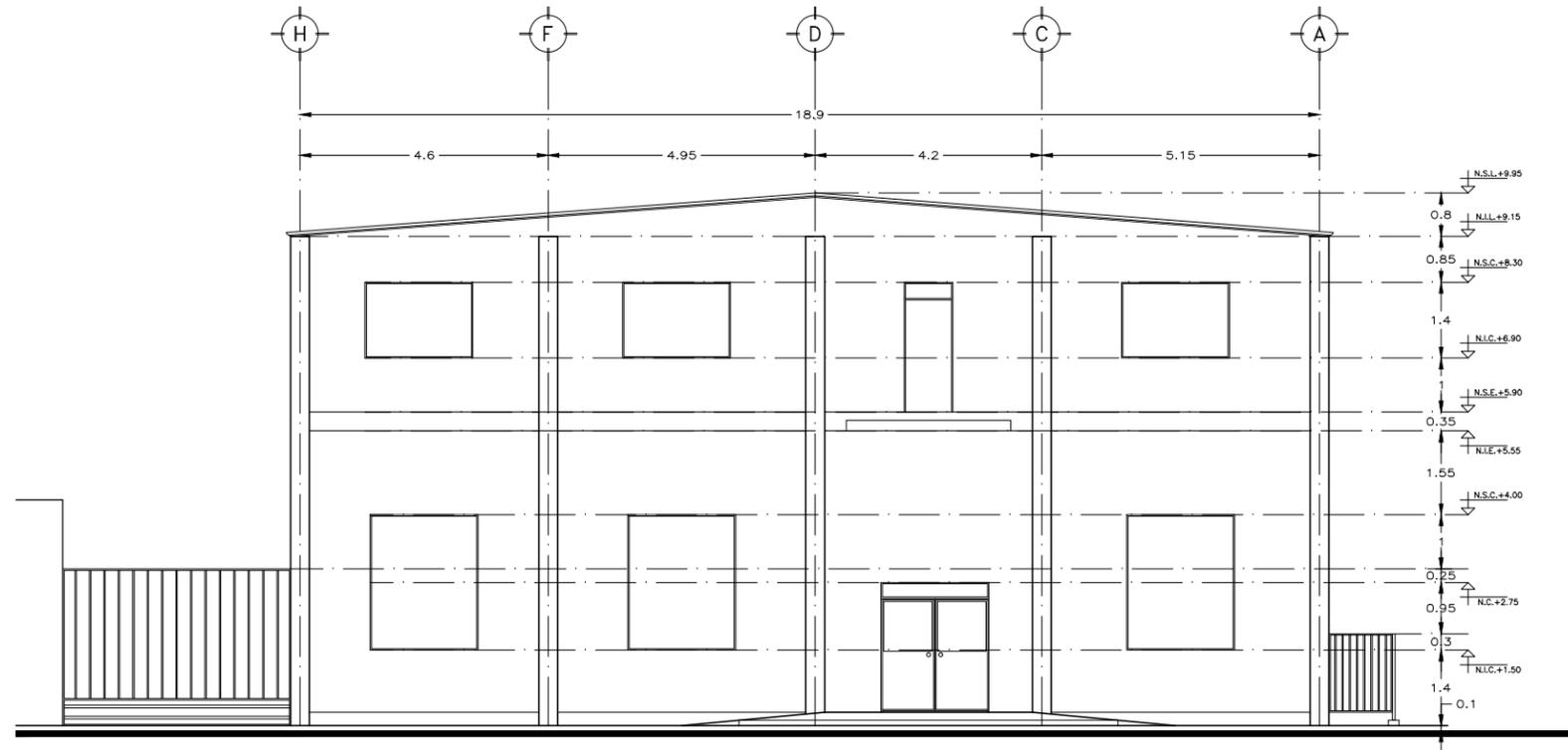
PROYECTO:  
 REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO  
 UBICACION: CROQUIS:  
 CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO  
 #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.

PROPIETARIO:  
 IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.  
 DISEÑO: DIBUJO:  
 R.P.R. R.P.R.

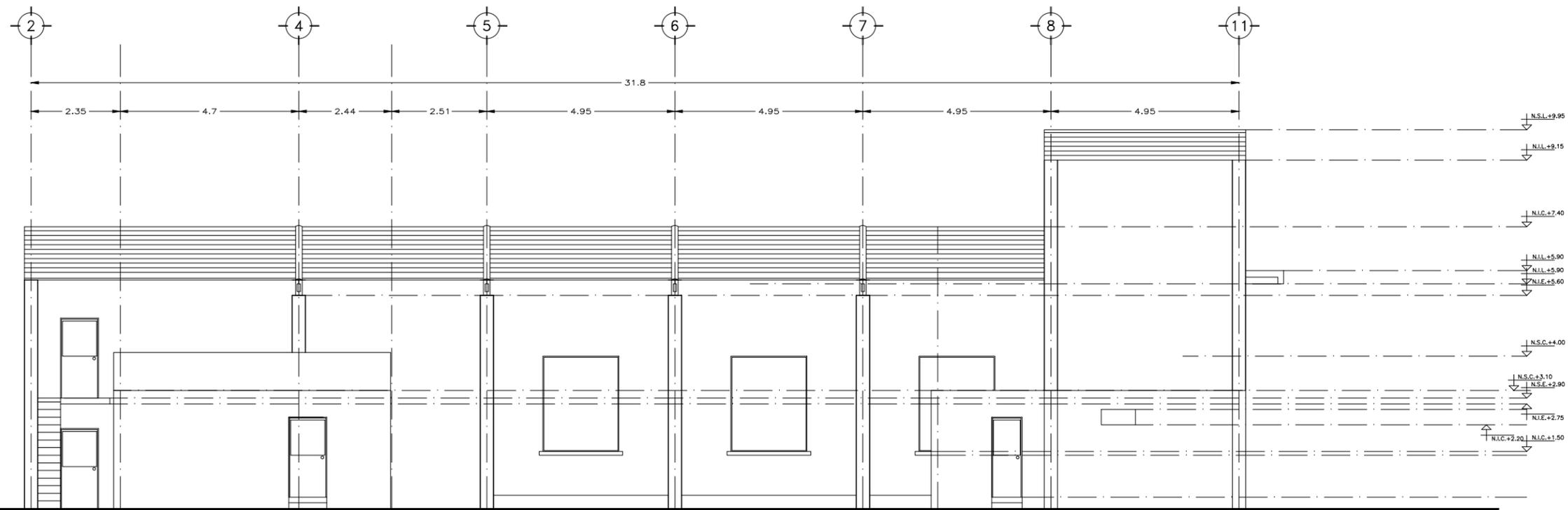
NOTAS:

PLANO:  
**L-04**

**PLANTA TERCER NIVEL**  
 ESCALA 1:125



**FACHADA ORIENTE**  
ESCALA 1:125



**FACHADA SUR**  
ESCALA 1:125

NORTE:



CONTENIDO:  
LEVANTAMIENTO - FACHADAS  
ARQUITECTONICAS ORIENTE Y SUR

ESCALA: 1:125 UNIDADES: METROS ARCHIVO: L-00

FECHA: OCTUBRE - 2013 REVISADO POR: R.P.R.

PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION:  
CALLE CAMPECHE ENTRE  
REFORMA E IGNACIO ROMERO  
#x. COL. SAN BENITO,  
HERMOSILLO SONORA.

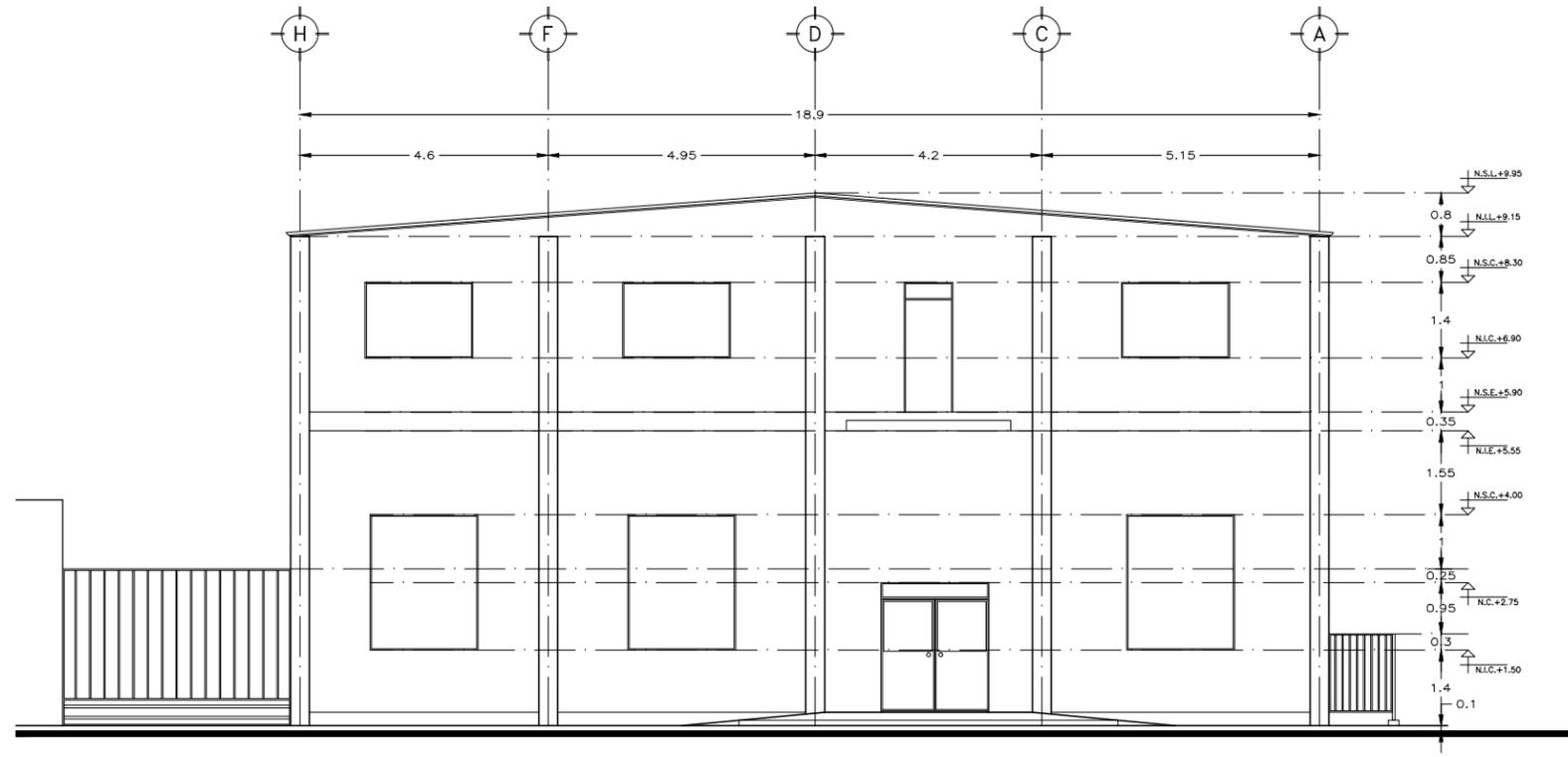
PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R. DIBUJO: R.P.R.

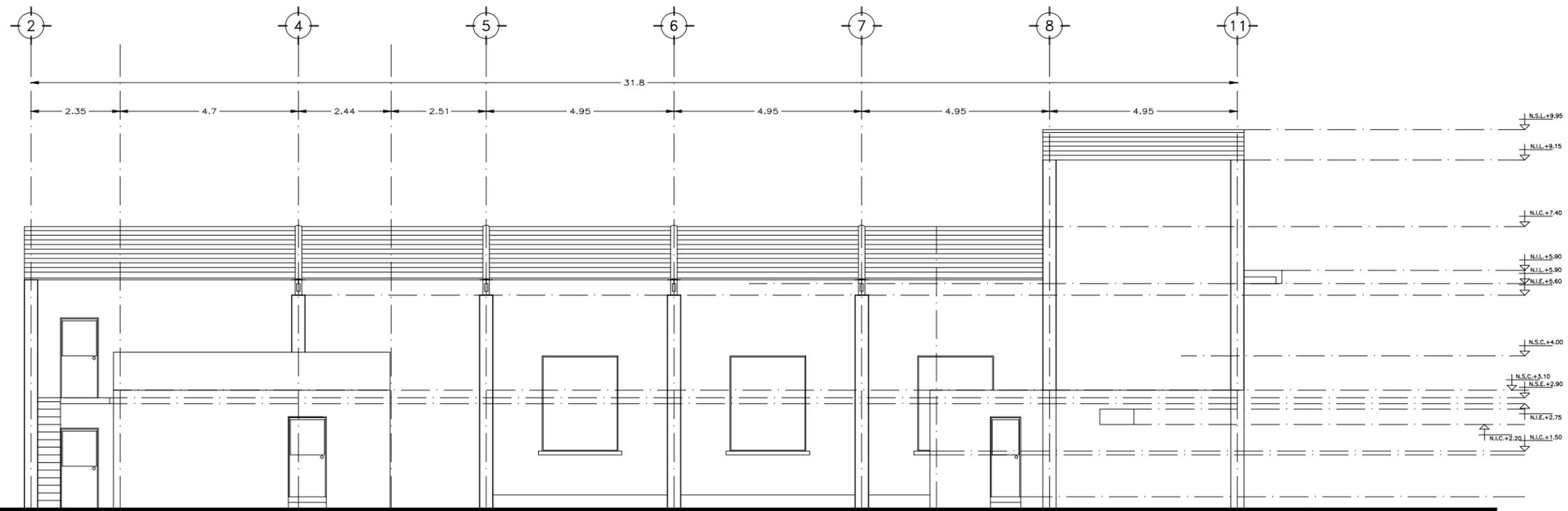
NOTAS:

PLANO:

**L-05**

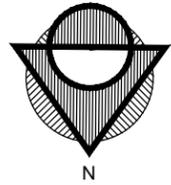


**FACHADA PONIENTE**  
ESCALA 1:125



**FACHADA NORTE**  
ESCALA 1:125

NORTE:



CONTENIDO:  
LEVANTAMIENTO - FACHADAS  
ARQUITECTONICAS PONIENTE Y NORTE

ESCALA: 1:125 UNIDADES: METROS ARCHIVO: L-00

FECHA: OCTUBRE - 2013 REVISADO POR: R.P.R.

PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION:  
CALLE CAMPECHE ENTRE  
REFORMA E IGNACIO ROMERO  
#x. COL. SAN BENITO,  
HERMOSILLO SONORA.

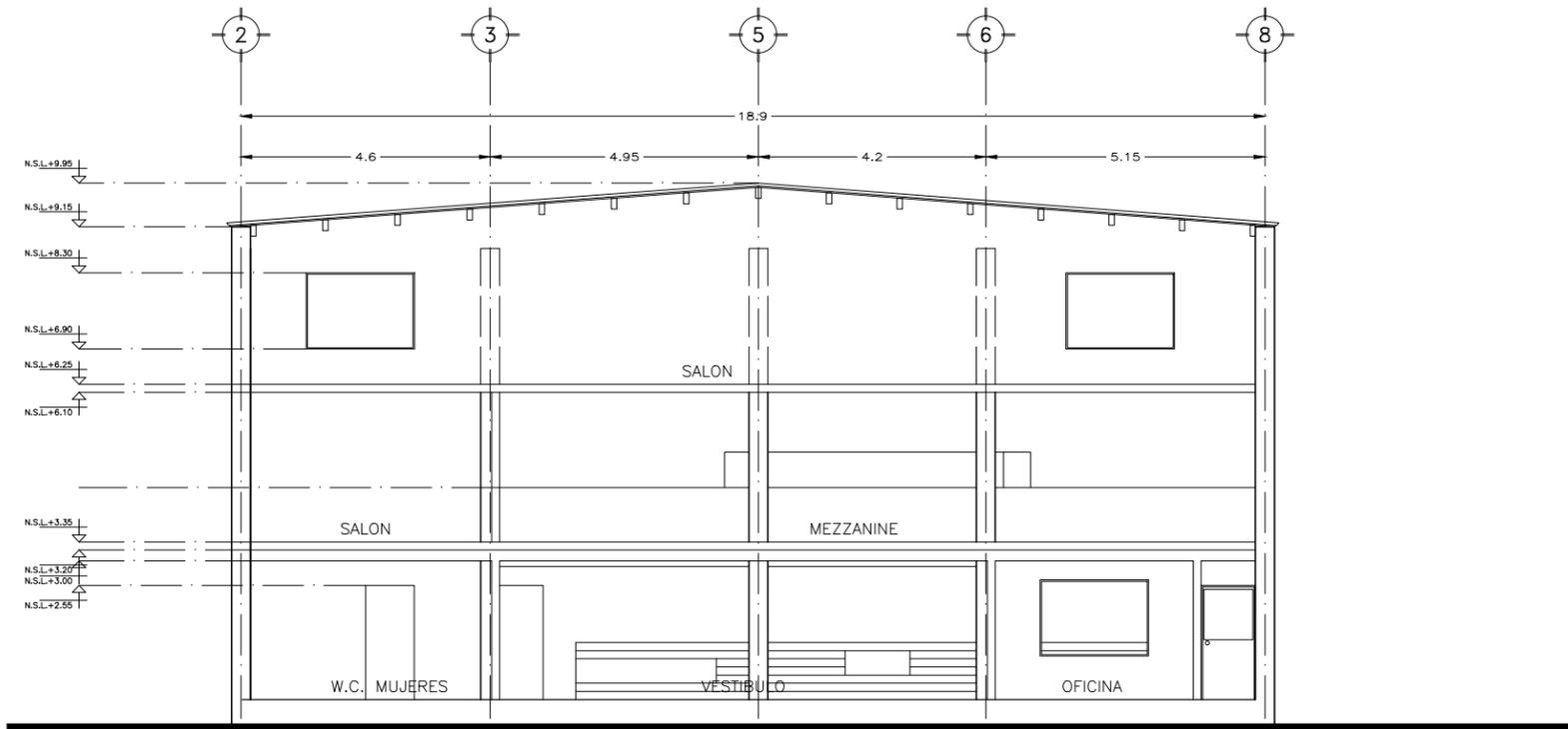
PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R. DIBUJO: R.P.R.

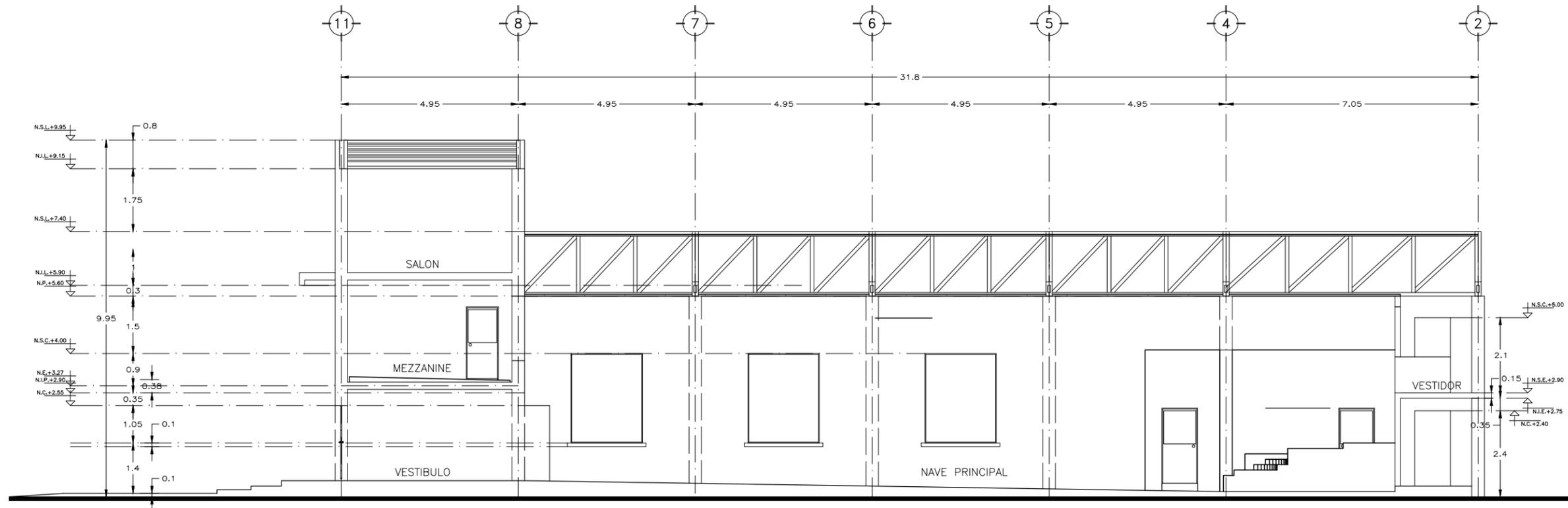
NOTAS:

PLANO:

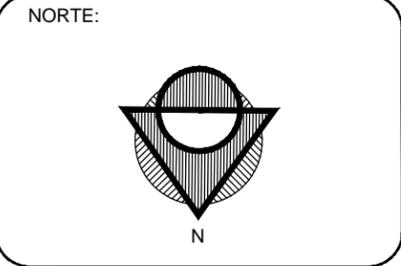
**L-06**



**CORTE ARQUITECTONICO A**  
ESCALA 1:125



**CORTE ARQUITECTONICO B**  
ESCALA 1:125



CONTENIDO:  
**LEVANTAMIENTO - CORTES  
ARQUITECTONICOS A & B**

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: L-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION:  
CALLE CAMPECHE ENTRE  
REFORMA E IGNACIO ROMERO  
#x. COL. SAN BENITO,  
HERMOSILLO SONORA.

CROQUIS:

PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

NOTAS:

PLANO:  
**L-07**

#### 4.2 Análisis acústico.

Como se ha mencionado anteriormente, el tiempo de reverberación obtenido mediante simulación con el programa ECOTECT, es de aproximadamente 3.5 segundos. El material del que están fabricados los muros es bloque de concreto recubierto con yeso. Como se muestra en la figura 4.2.1, la sala presenta una tendencia a resonar en mayor grado dentro del rango de frecuencias desde 63 a los 1000 Hz. Los menores tiempos a frecuencias más altas se deben a que la presencia de espectadores en cualquier sala provee de absorción a frecuencias altas, que van desde 1kHz a 16 kHz.

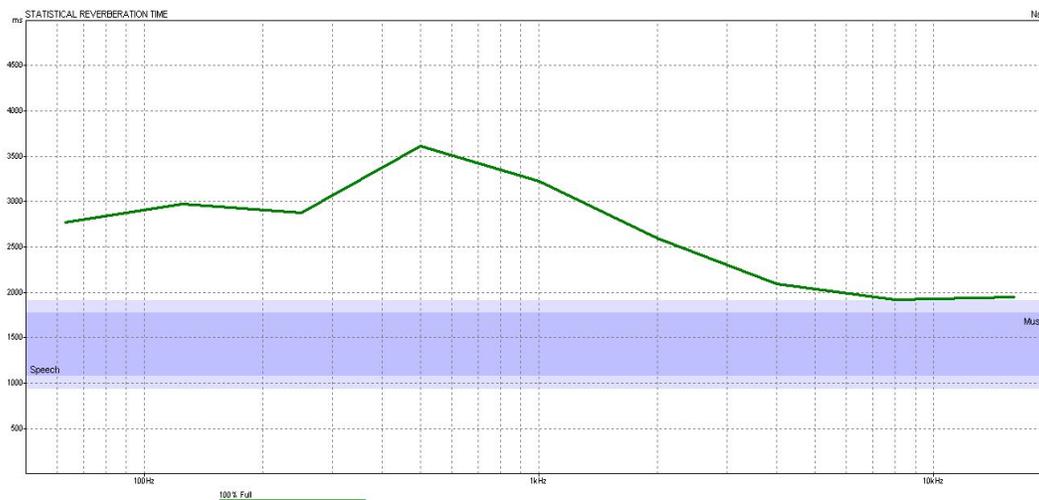


Figura 4.2.1 – Tiempo de reverberación en nave en su estado actual.

El propósito de la remodelación en cuanto a desempeño acústico se refiere, será el de reducir los tiempos de reverberación por debajo de los 3.5 segundos a un rango entre 1.2 y 1.5 segundos para todos los rangos de frecuencia, ya que al mantener una modulación constante en todas las frecuencias es mucho más sencillo si la frecuencia inicial se encuentra en un rango neutro, más fácil de otorgar realce a determinadas frecuencias según se considere necesario. En los siguientes capítulos se ilustraran estos puntos en mayor detalle, además de mostrar los resultados obtenidos a través de las medidas a tomar con el fin de reducir las diferencias de frecuencia.

### 4.3 Análisis térmico

Actualmente, el edificio no cuenta con ningún tipo de aislamiento térmico, y se utilizan 8 aparatos de aire acondicionado con capacidad de 5 ton. de la marca York para lograr una temperatura de confort. Sin activar estos aparatos, dentro del edificio se alcanza una temperatura superior a los 40 durante la temporada alta de verano. La cubierta, además, está fabricada con lámina de acero corrugado, que transmite una enorme cantidad de calor hacia el interior del recinto, lo cual claramente no es una solución óptima a la inclemencia del clima de Hermosillo. En la figura 4.3.1 observamos el rango de temperaturas alcanzado durante el verano dentro de la nave principal.

Además de los materiales de los muros, es necesario considerar que toda la cancelería está fabricada con marco de aluminio sencillo y el acristalado es de vidrio común de 6 mm de espesor. Esto, además de suponer una ruta de escape para las vibraciones acústicas, lo cual también se quiere evitar en esa instancia, también representan puentes térmicos que es necesario eliminar. En los siguientes capítulos observaremos la diferencia de temperaturas y la ganancia de calor por convección que ocasionan los cambios propuestos a la estructura del edificio y a la eliminación de rutas alternas, así como la disminución del consumo de energía por concepto de aire acondicionado.

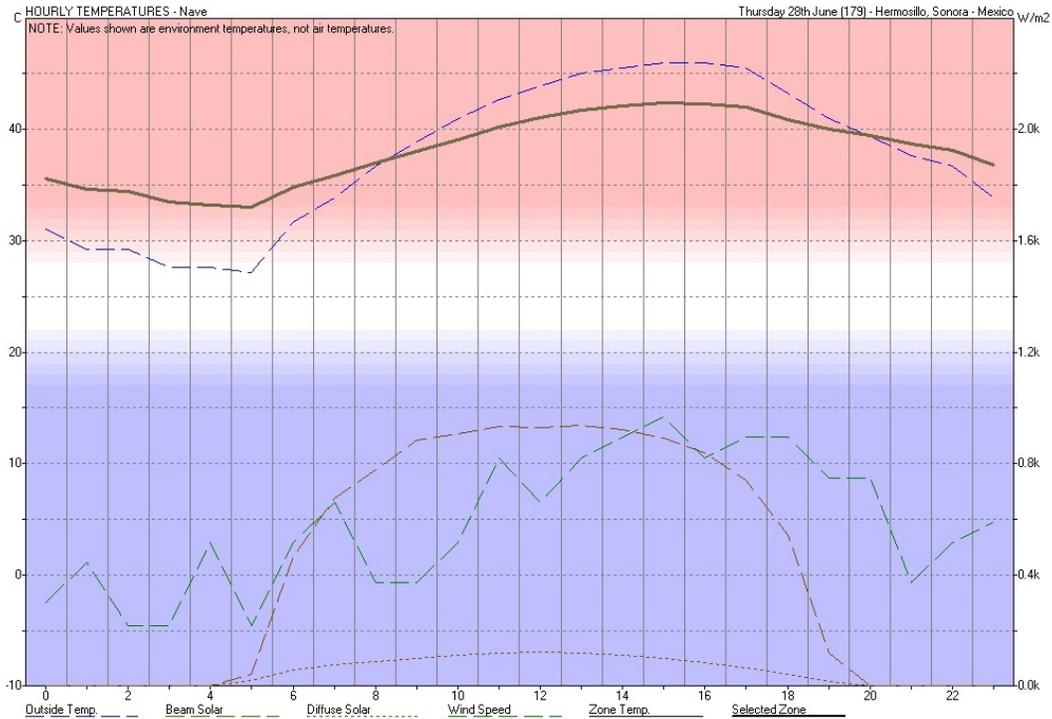


Figura 4.3.1 – Temperatura en interior de la nave en estado actual.

### 4.4 Analisis lumínico

En la actualidad se cuenta con la mitad del valor de iluminación sobre el plano de trabajo que contempla la norma NOM-025-STPS-1999 para edificios de oficina, la cual se está tomando en este caso como valor de cálculo debido a que la norma no contempla un valor en específico para edificios de actividad religiosa. Las actividades a realizar dentro de este recinto constaran de lectura ligera en cuanto a actividades que requieren de ayuda visual se refiere, razón por la cual se toma este valor con el fin de efectuar los cálculos para determinar la iluminación media. Dentro de los objetivos de esta remodelación se cuenta con incrementar el valor de luminosidad de 150 que es el valor actual, a 300, que es el valor recomendado.

En el capítulo dedicado al proyecto lumínico se mostraran los resultados obtenidos mediante el cambio de sistema lumínico propuesto, de lámparas fluorescentes a lámparas tipo LED, así como la disminución del consumo de energía que esto supone, sin la necesidad de intercambiar esta eficiencia energética por una menor iluminación interior.

## CAPITULO 5: PROPUESTA DE REMODELACIÓN

## 5.1 Memoria Descriptiva

Una vez que tenemos en claro cuáles son las características actuales, los objetivos y las características deseadas en el resultado final, se proporciona a continuación una breve reseña de los métodos y elementos constructivos y arquitectónicos con los cuales se espera llegar al resultado teórico de los análisis previos. Se prevé la demolición de una porción importante de los muros hacia el sur del inmueble y parte de los muros hacia la entrada principal para su posterior reconstrucción a una distancia de sus ejes actuales y dar lugar así a las áreas renovadas. Además, la envolvente exterior será compuesta de muros dobles, de los cuales el segundo muro será añadido en la etapa de reconstrucción de la estructura. Las columnas de concreto armadas serán sustituidas en algunos casos por columnas de acero estructural de perfil IPR con acabado durock. La cimentación será demolida y reemplazada por zapatas aisladas dentro de las cuales se ahogarán los elementos de fijación de las columnas de acero, en medio de las cuales se colocarán placas embebidas en el concreto y se le añadirá una cantidad adecuada de grout de acuerdo a la norma de construcción x contra sismos. La techumbre será fabricada a base de armaduras de ángulo y placa de acero estructural a lo largo y ancho apoyada sobre las columnas reforzadas, soldadas a placas fijas en la parte superior de las columnas, y la cubierta estará formada por multipanel rolado a especificación del proyecto estructural fijado mediante tornillos a la estructura, bajo de lo cual se fijará el plafón acústico a la estructura mediante colgantes y aislado con lana de vidrio en colchón colocado entre la parte inferior de la estructura y el plafón acústico, lo cual contribuirá además del aislamiento térmico del recinto al aislamiento acústico hacia el exterior.

Toda la cancelería será reemplazada por acristalado doble a prueba de sonido aislado contra cambios térmicos de vacío intermedio y un reducimiento promedio del ruido exterior de aproximadamente 32 dB, según datos de fabricante. El suelo de toda la nave principal será excavado para dar la forma adecuada al proyecto de isóptica, y el firme de concreto recubierto con una alfombra de uso rudo, así como el piso del mezzanine. Los muros interiores de este recinto serán recubiertos en los porcentajes mostrados en el plano de acabados en muros de nave principal con materiales acústicamente dinámicos de dos variedades, las cuales se encuentran determinadas en dicho plano. En las áreas verdes al frente del conjunto se colocarán árboles cipreses de la variedad toscana *Cupressus sempervirens*, el cual es ideal para el proyecto debido a que crece a alturas de 12 metros y tiene un perfil esbelto por lo que, al colocarse en hileras, servirá de barrera natural contra el sol de la mañana, además de tratarse de una especie de clima cálido-seco, idóneo en esta región, y requiere poco mantenimiento debido a su forma naturalmente esbelta, que realizará la imagen del edificio.

Toda la iluminación del edificio será reemplazada por LEDs que disminuirán el consumo energético por concepto de iluminación de aproximadamente XWatts a XWatts, alrededor de un cuarto del consumo actual, además se colocarán luces exteriores adosadas a nivel del suelo y directamente bajo ventanas para realce del edificio durante eventos nocturnos. Se conservarán los aparatos actuales de aire acondicionado, ya que se calcula que aún con el incremento en volumen de aire en el recinto y el número de usuarios, la carga para estos es la adecuada. La nave principal será dotada de una trinchera que correrá a todo lo largo del pasillo central hasta el escenario, donde rematará y servirá para distribuir el cableado de sonido proveniente del nuevo cuarto de sonido añadido para mejor funcionalidad y modulación de las propiedades acústicas, así como mejor monitoreo y la posibilidad de grabaciones en vivo en el recinto, lo cual posibilita el uso del recinto como estudio de grabaciones en caso de requerirse.

Los baños será relocada al otro lado del edificio para mejor acceso de mantenimiento a instalaciones hidrosanitarias, la colocación de una cisterna y un sistema de bombeo para la instalación de rociadores del sistema contra incendios. Será posible, de este modo, de añadir una tienda para venta de libros y otros materiales de tipo religioso como música e incluso algunos instrumentos musicales menores. El área de salones se verá incrementada en un 150% con la adición de 3 salones más en planta alta, los cuales serán adecuados como salas de medios con una capacidad para hasta 20 asistentes acomodados en filas consecutivas. El tercer piso será subdividido para albergar la clase de niños. El área tras escenario será amueblada apropiadamente para su uso como bodega de instrumentos musicales y equipo de sonido, además de separar el acceso de vestidores de hombres y mujeres, el cual es necesario atravesar a la salida de cada ceremonia de bautizo.

Diagrama de Funcionamiento

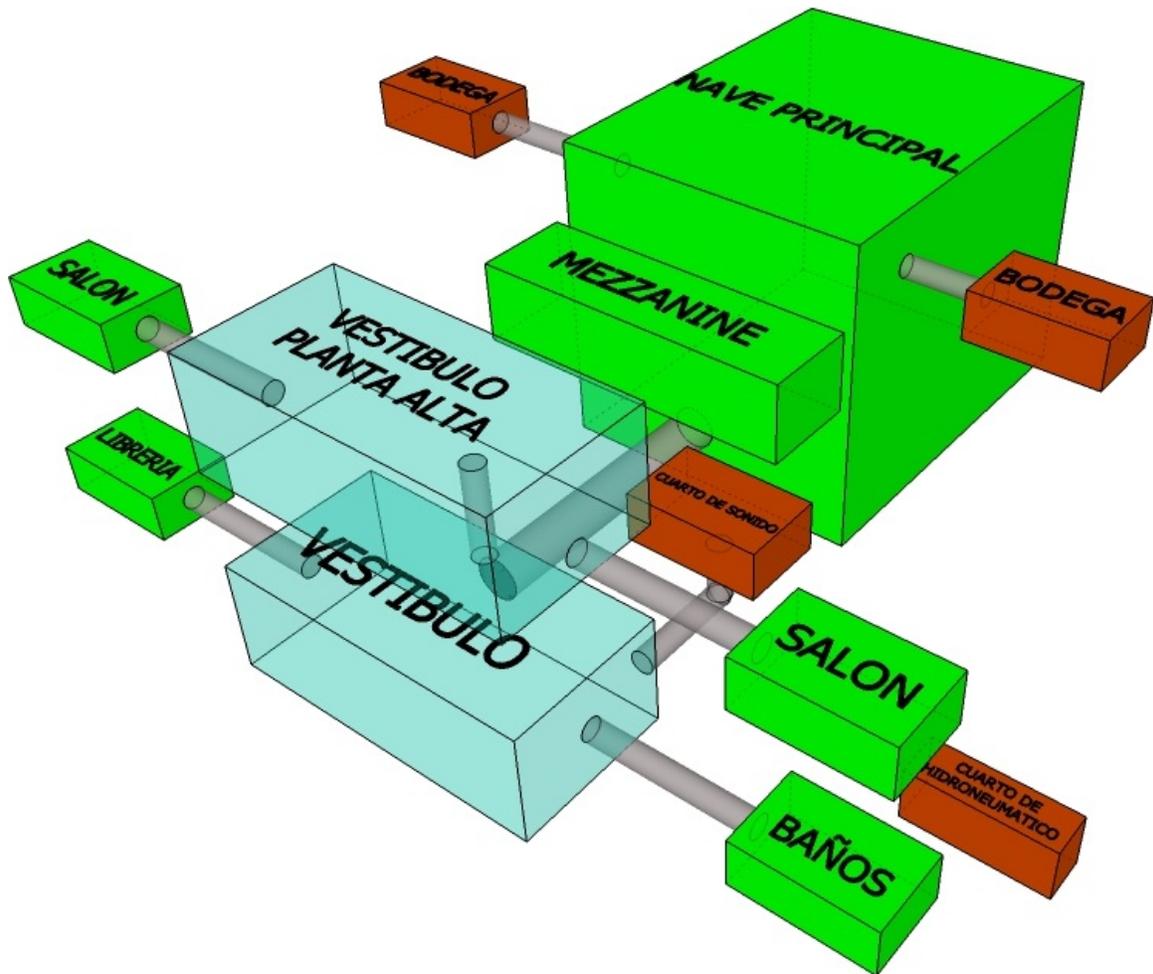


Fig. 5.1.1 – Diagrama de Funcionamiento.

Azul: Áreas de vialidades. Rojo: Áreas reservadas para personal de mantenimiento. Verde: Espacios Públicos.

### 5.1.2 Apuntes Perspectivos

A continuación se muestran perspectivas de algunas de las áreas proyectadas, así como algunas vistas del edificio desde puntos exteriores. Se añaden, además, plantas de presentación.

#### PERSPECTIVA EXTERIOR



Fig. 5.1.2.1 – Perspectiva Exterior.

#### PERSPECTIVA NOCTURNA



Fig. 5.1.2.2 – Perspectiva Nocturna.

**FACHADA PRINCIPAL**



Fig. 5.1.2.3 – Fachada Principal.

**FACHADA NORTE**



Fig. 5.1.2.4 – Fachada Norte.

**FACHADA PONIENTE**

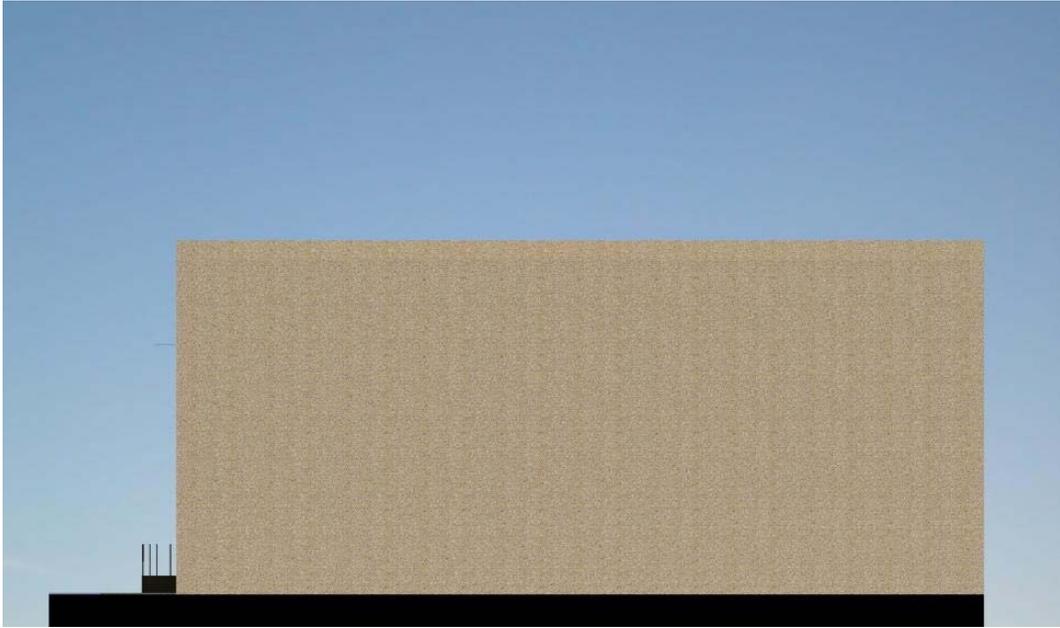


Fig. 5.1.2.5 – Fachada Poniente.

**FACHADA SUR**

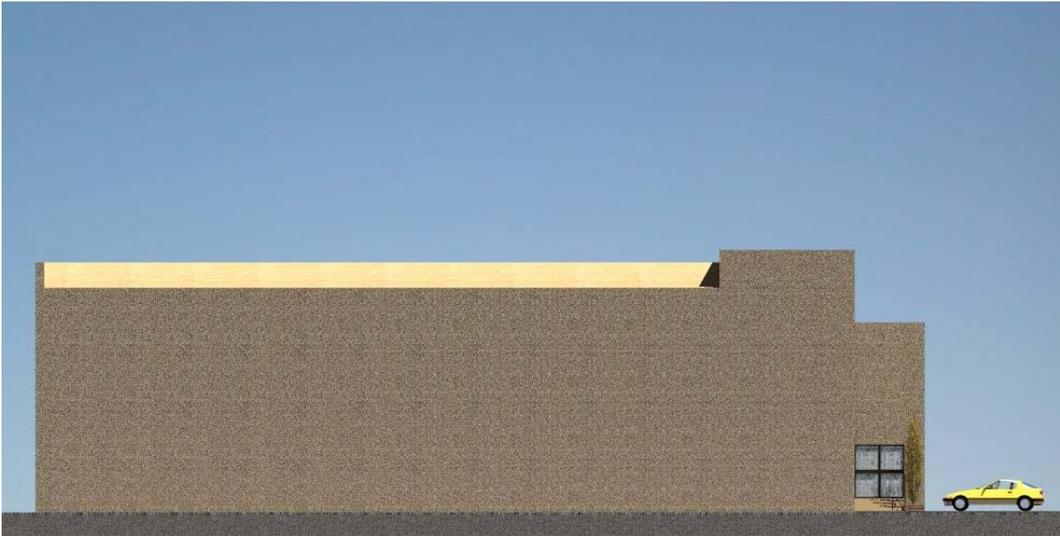


Fig. 5.1.2.6 – Fachada Sur.

PLANTA DE CONJUNTO



Fig. 5.1.2.7 – Planta de Conjunto.

PLANTA BAJA



Fig. 5.1.2.8 – Planta Baja.

SEGUNDO NIVEL

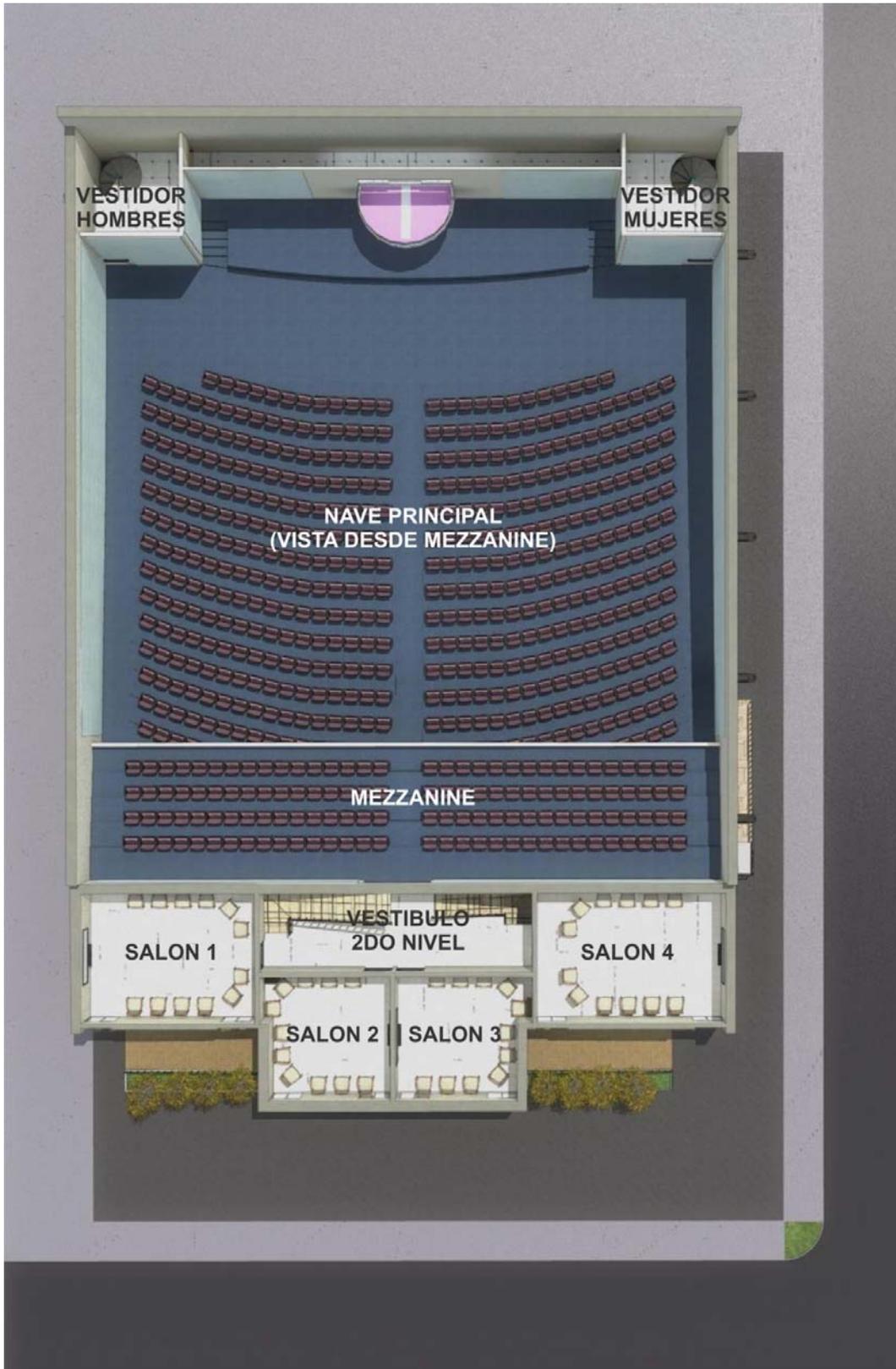


Fig. 5.1.2.9 – Planta Segundo Nivel.

TERCER NIVEL



Fig. 5.1.2.10 – Planta Tercer Nivel.

ESCENAS INTERIORES



Fig. 5.1.2.11 – Perspectiva de librería al entrar por el frente.



Fig. 5.1.2.12 – Perspectiva de librería detrás de mostrador.



Fig. 5.1.2.13 – Perspectiva de librería viendo hacia el vestíbulo principal.



Fig. 5.1.2.13 – Perspectiva de vestíbulo principal.

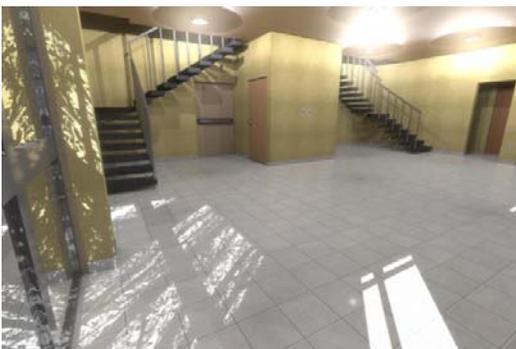


Fig. 5.1.2.14 – Perspectiva de vestíbulo principal al entrar por el extremo izquierdo.



Fig. 5.1.2.15 – Perspectiva de vestíbulo principal al entrar por el extremo izquierdo.

ESCENAS INTERIORES



Fig. 5.1.2.16 – Perspectiva de salón vista desde el frente



Fig. 5.1.2.17 – Perspectiva de salón desde la entrada.



Fig. 5.1.2.18 – Perspectiva de nave principal desde extremo izquierdo en mezzanine.



Fig. 5.1.2.19 – Perspectiva de nave principal desde extremo derecho en mezzanine.



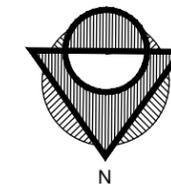
Fig. 5.1.2.20 – Perspectiva de nave principal vista desde la entrada al almacén de instrumentos musicales.



Fig. 5.1.2.21 – Perspectiva de nave vista desde el frente del altar / escenario.

## CAPITULO 5.3: PLANOS ARQUITECTONICOS DE LA PROPUESTA

NORTE:



CONTENIDO:  
PLANTA DE CONJUNTO

ESCALA: 1:200	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: A-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

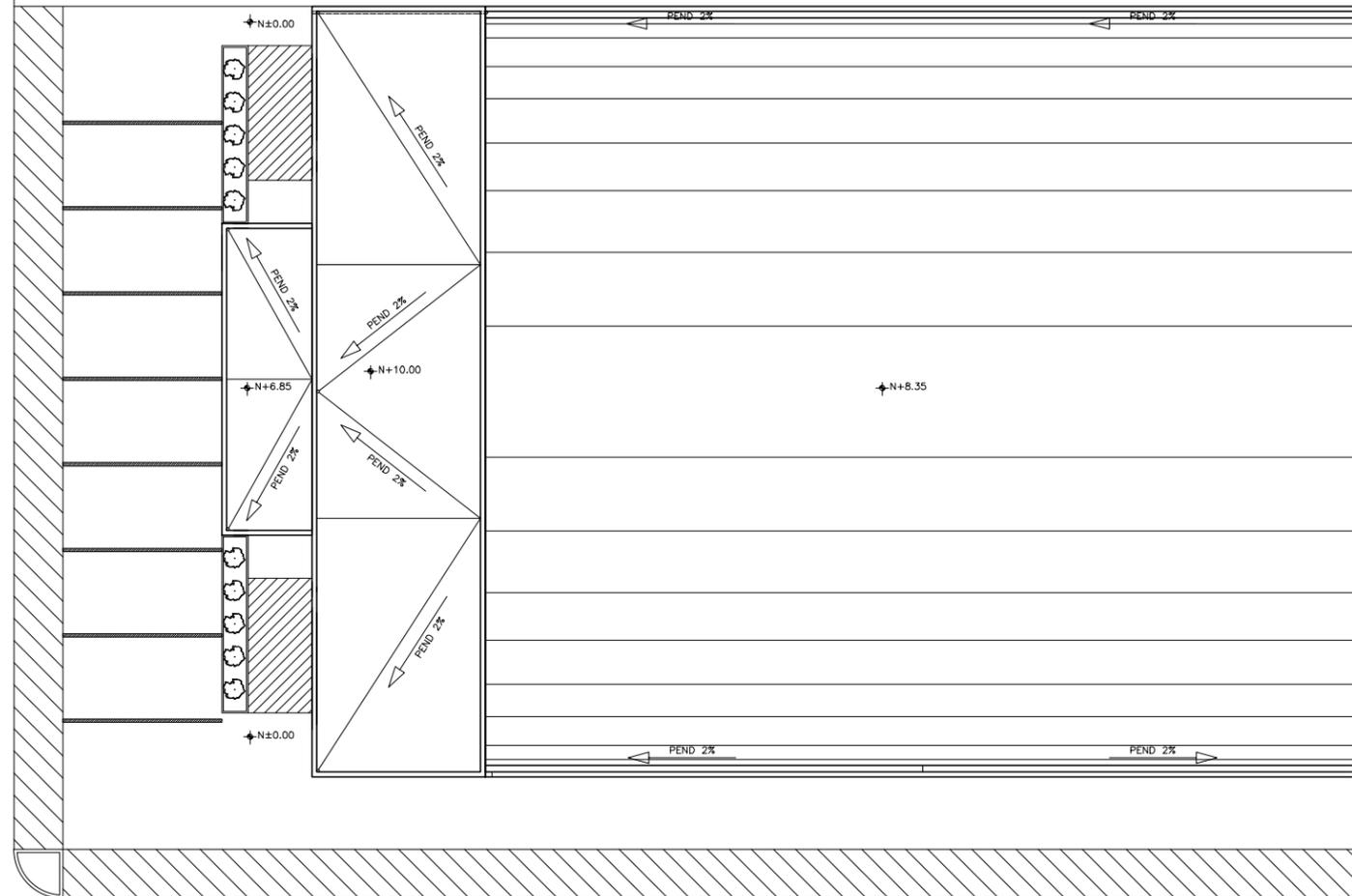
UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
--	----------

PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTÓLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

NOTAS:

±N-0.15  
CALLE REFORMA

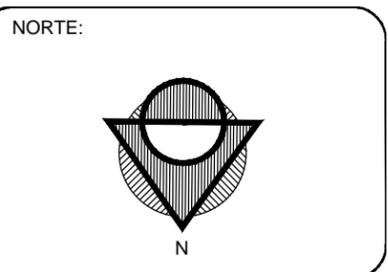
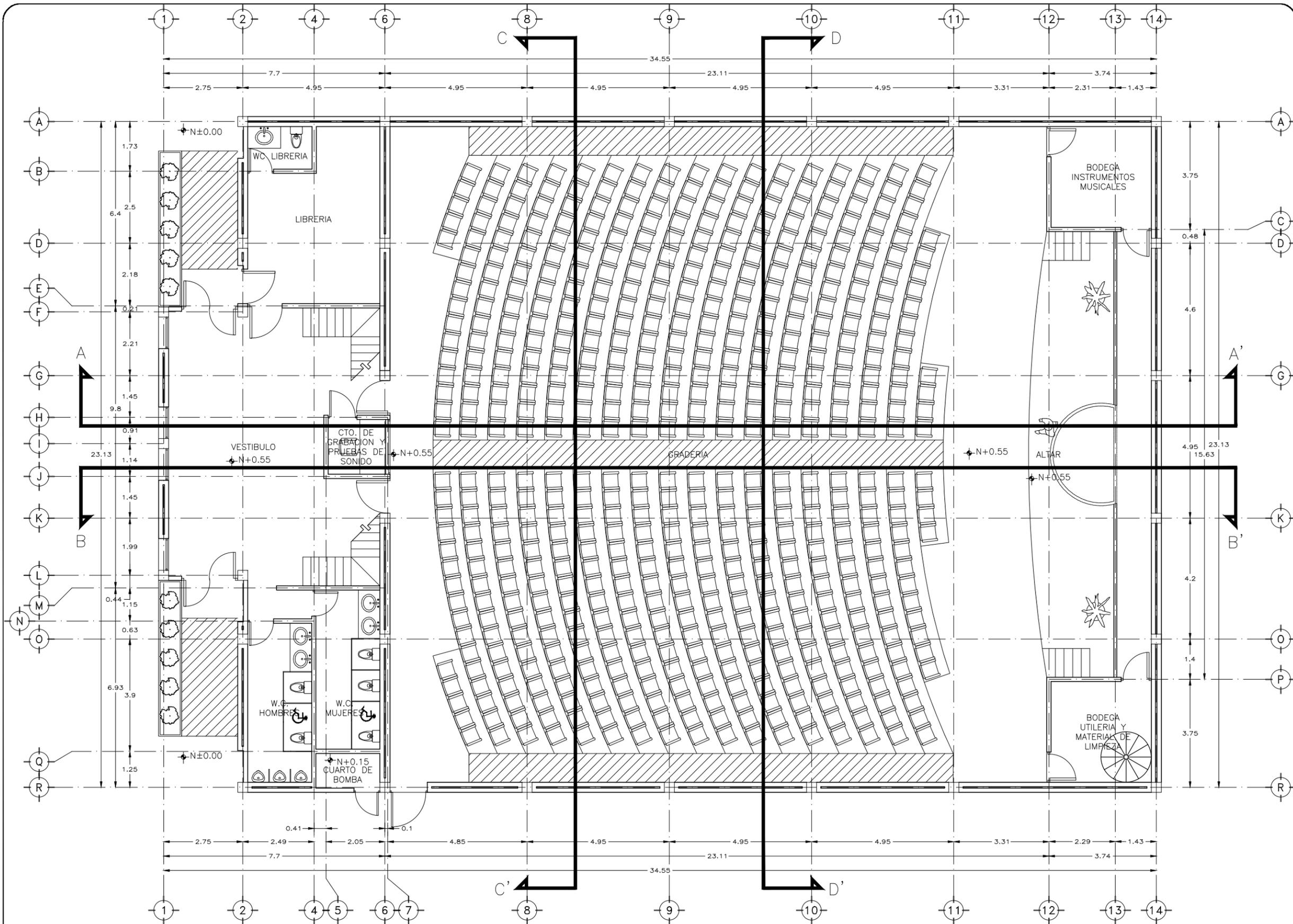


CALLE  
CAMPECHE  
±N-0.15

**PLANTA DE CONJUNTO**  
ESCALA 1:200

PLANO:

**A-01**



CONTENIDO:  
PLANTA ARQUITECTONICA BAJA

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: A-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION:  
CALLE CAMPECHE ENTRE  
REFORMA E IGNACIO ROMERO  
#x. COL. SAN BENITO,  
HERMOSILLO SONORA.

PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

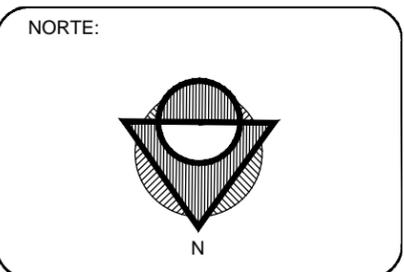
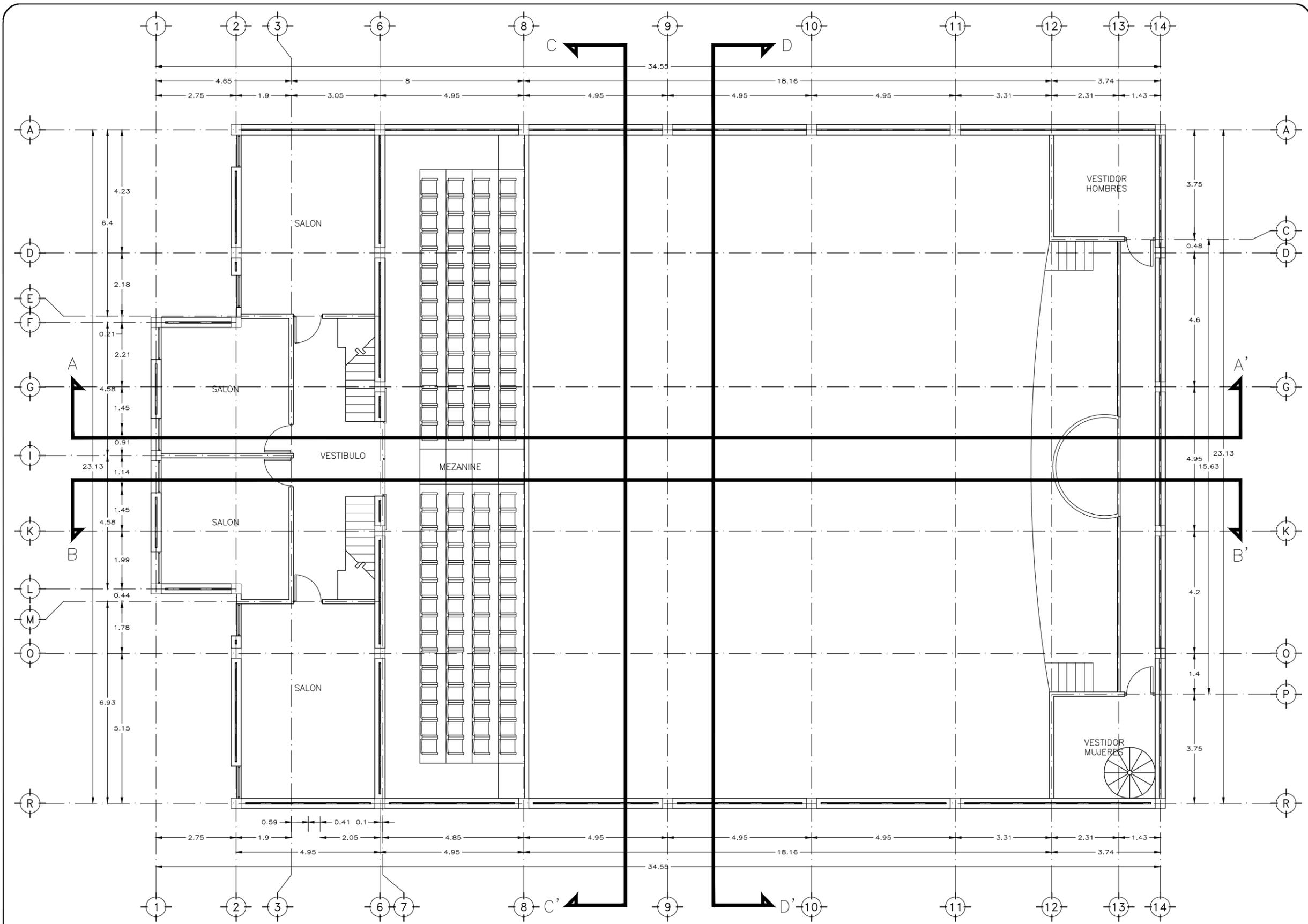
DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

NOTAS:

PLANO:

**A-02**

**PLANTA ARQUITECTONICA BAJA**  
ESCALA 1:125



CONTENIDO:  
PLANTA ARQUITECTONICA ALTA

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: A-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

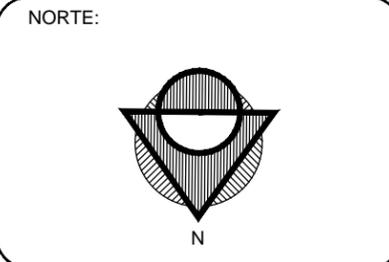
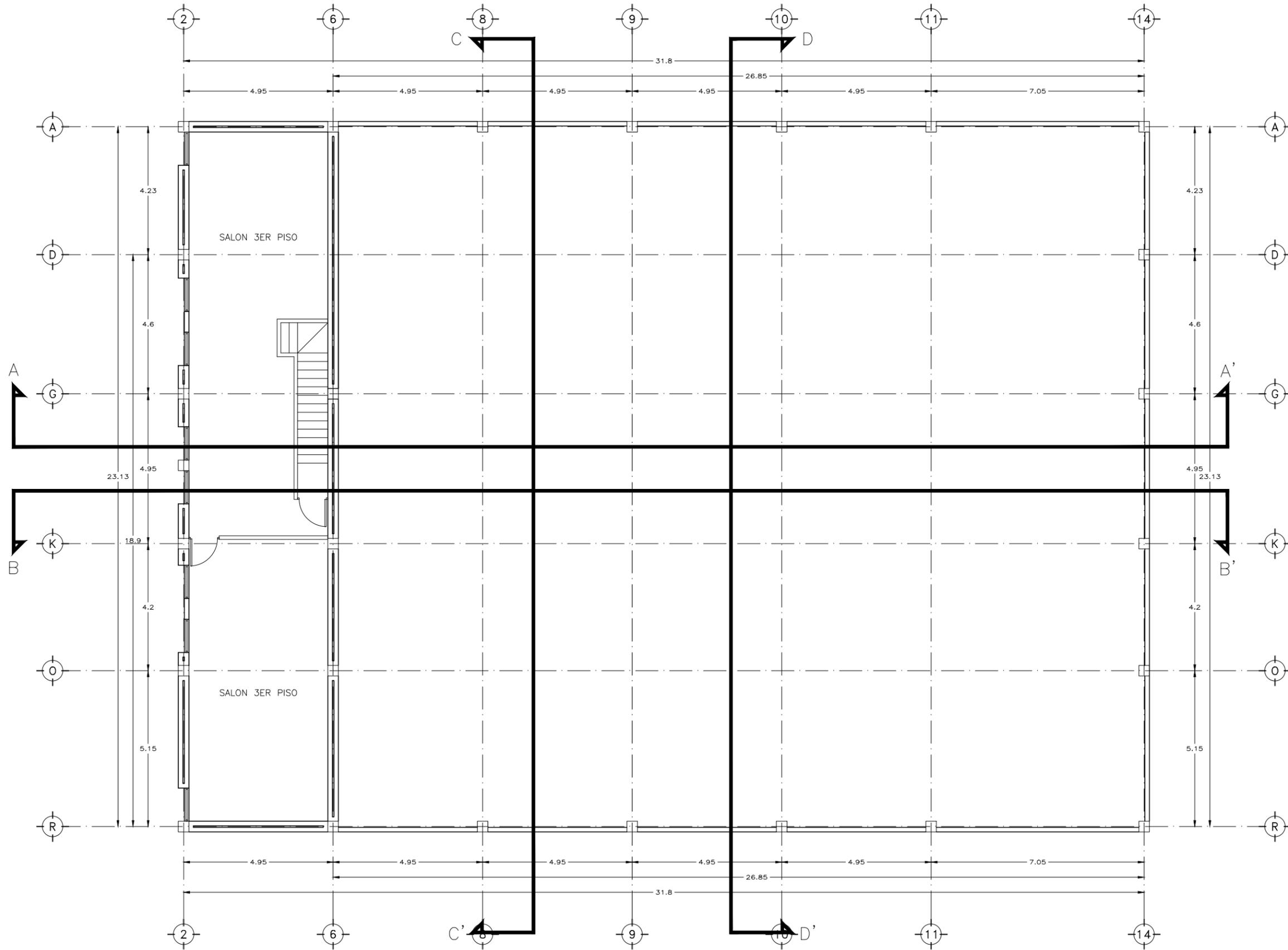
PROYECTO:  
REMDELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
PROPIETARIO: IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.	
DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.

NOTAS:

PLANO:  
**A-03**

**PLANTA ARQUITECTONICA ALTA**  
ESCALA 1:125



CONTENIDO:  
PLANTA ARQUITECTONICA 3er. PLANTA

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: A-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION:  
CALLE CAMPECHE ENTRE  
REFORMA E IGNACIO ROMERO  
#x. COL. SAN BENITO,  
HERMOSILLO SONORA.

CROQUIS:

PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

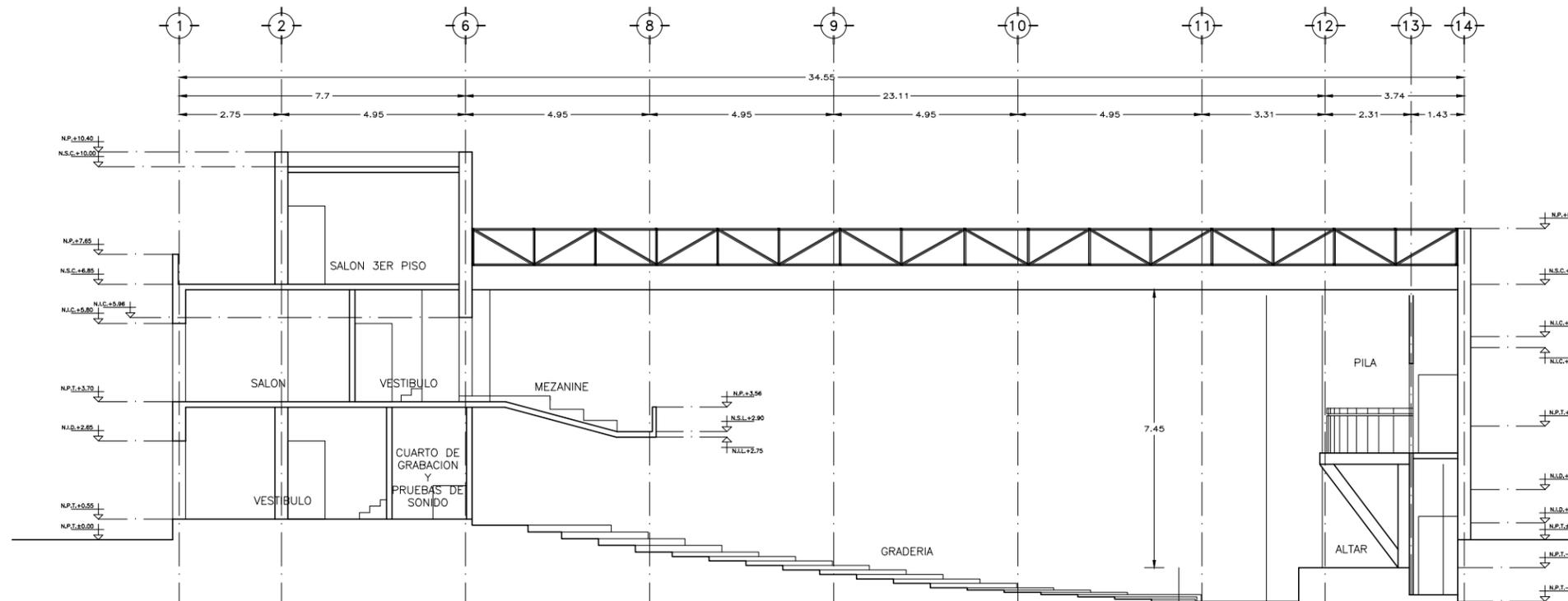
DISEÑO:  
R.P.R.

DIBUJO:  
R.P.R.

NOTAS:

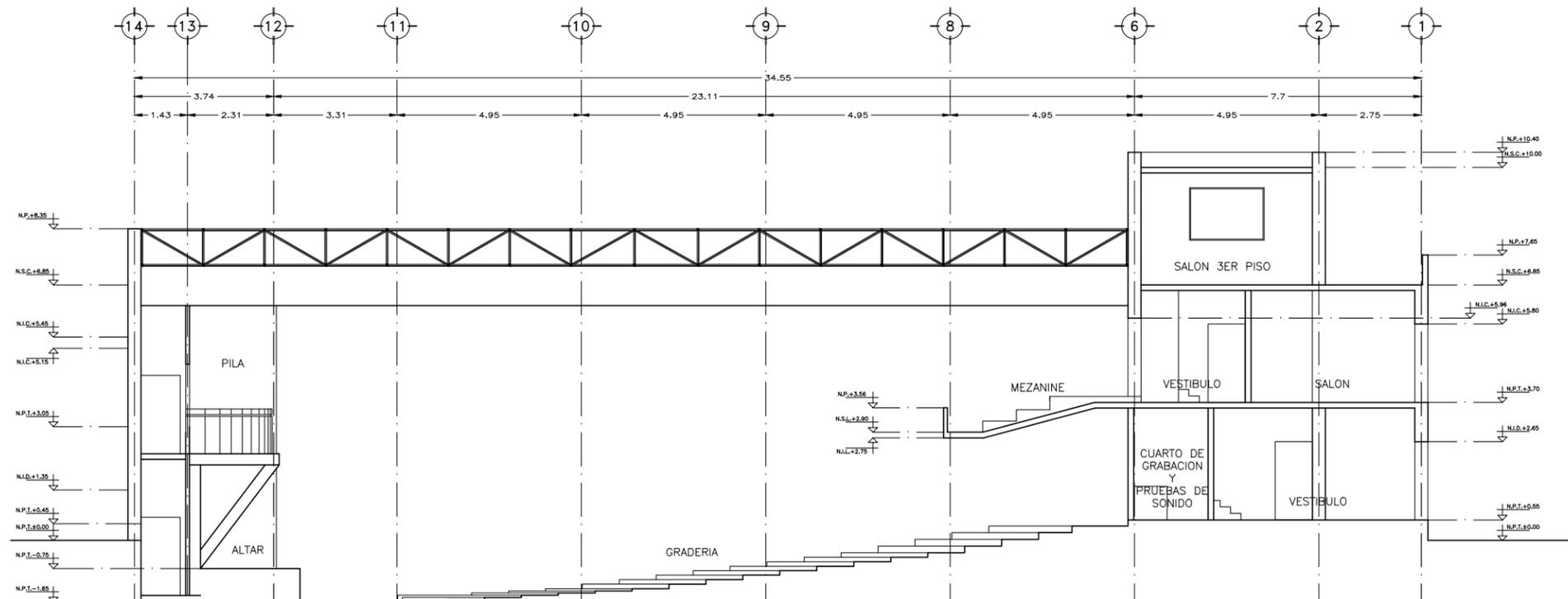
**PLANTA ARQUITECTONICA 3er. PLANTA**  
ESCALA 1:125

PLANO:  
**A-04**



**CORTE ARQUITECTONICO A-A'**

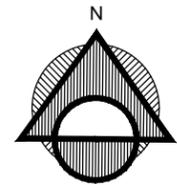
ESCALA 1:150



**CORTE ARQUITECTONICO B-B'**

ESCALA 1:150

NORTE:



CONTENIDO:  
CORTES ARQUITECTONICOS A-A' & B-B'

ESCALA: 1:150	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: A-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
--	----------

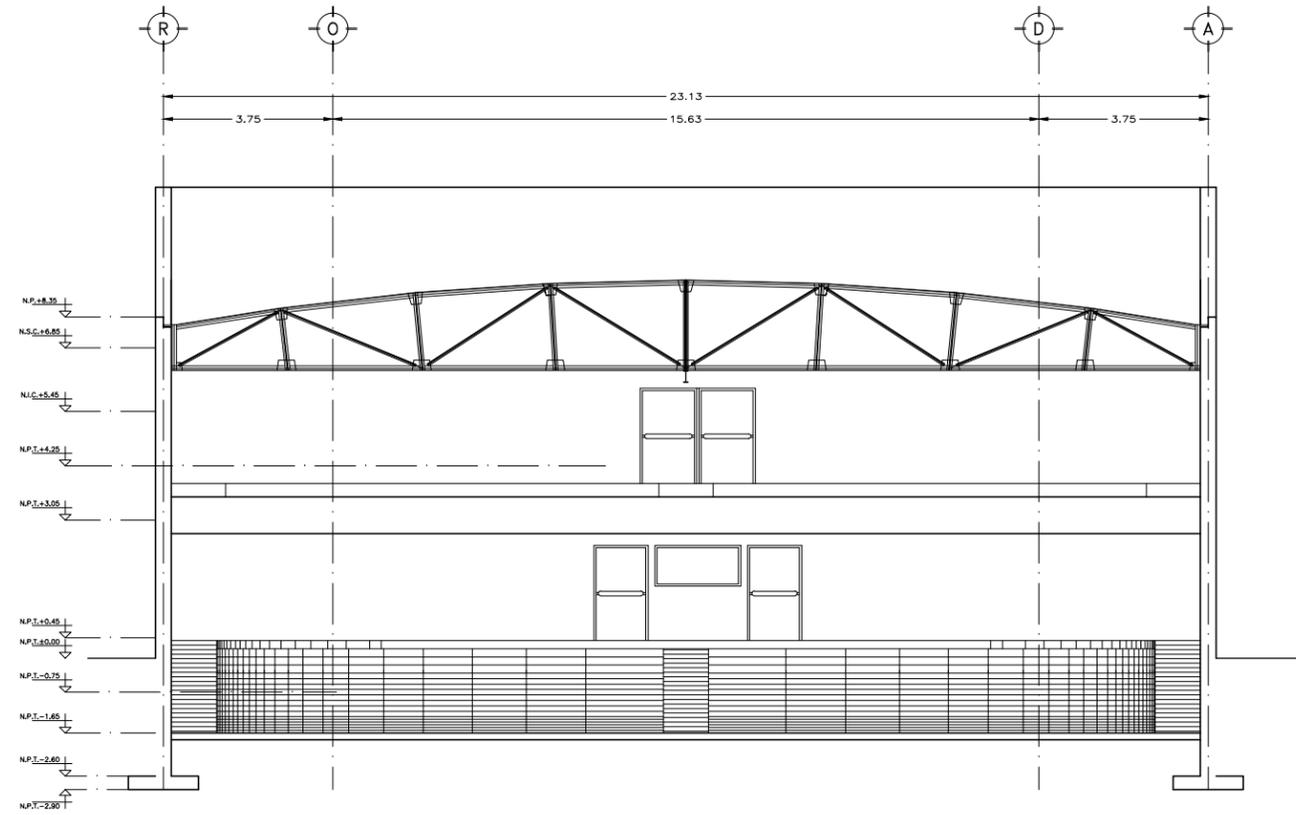
PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

NOTAS:

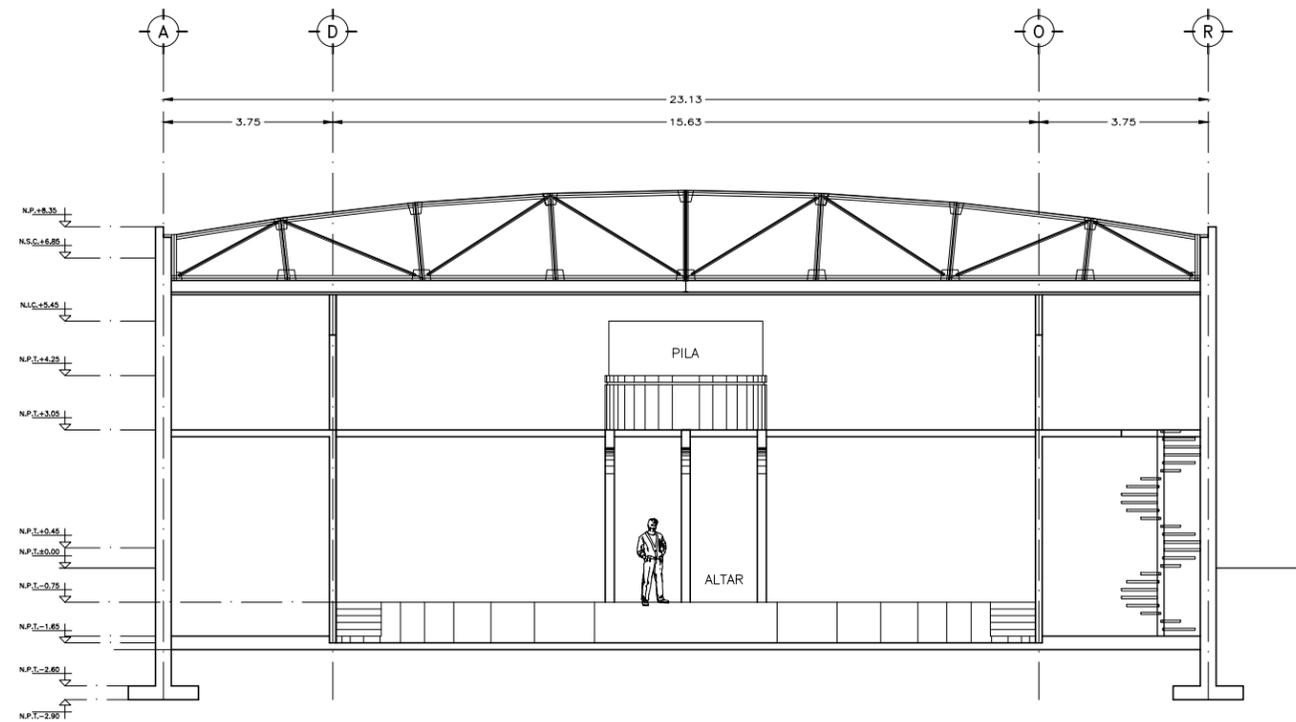
PLANO:

**A-05**



**CORTE ARQUITECTONICO C-C'**

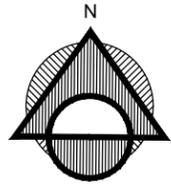
ESCALA 1:150



**CORTE ARQUITECTONICO D-D'**

ESCALA 1:150

NORTE:



CONTENIDO:  
CORTES ARQUITECTONICOS C-C' & D-D'

ESCALA: 1:150	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: A-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
--	----------

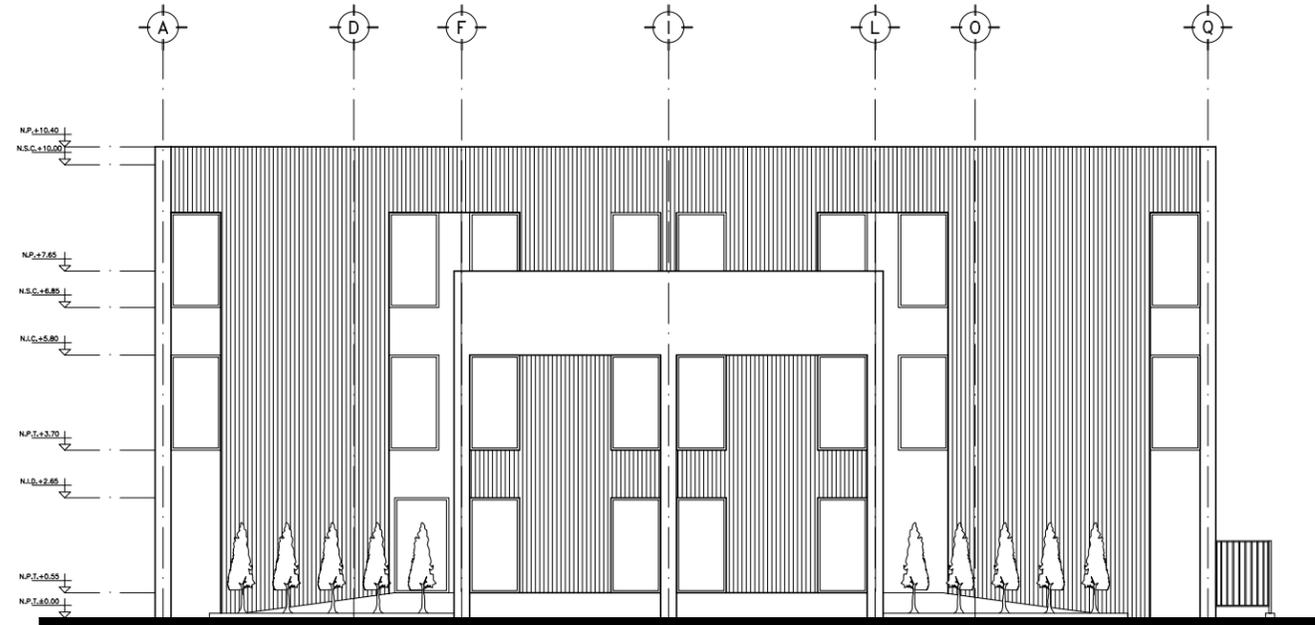
PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTÓLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

NOTAS:

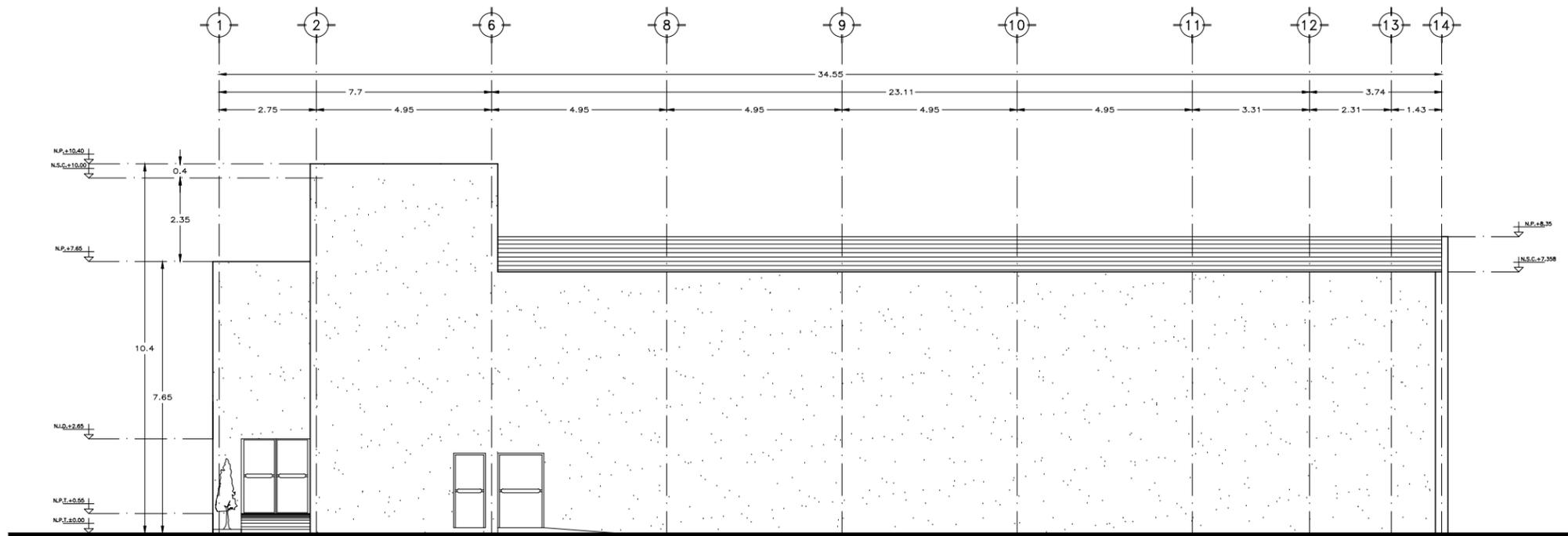
PLANO:

**A-06**



**FACHADA ORIENTE**

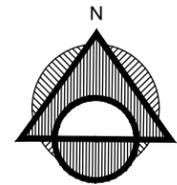
ESCALA 1:150



**FACHADA NORTE**

ESCALA 1:150

NORTE:



CONTENIDO:  
FACHADAS ORIENTE Y NORTE

ESCALA: 1:150 UNIDADES: METROS ARCHIVO: A-00

FECHA: OCTUBRE - 2013 REVISADO POR: R.P.R.

PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA. CROQUIS:

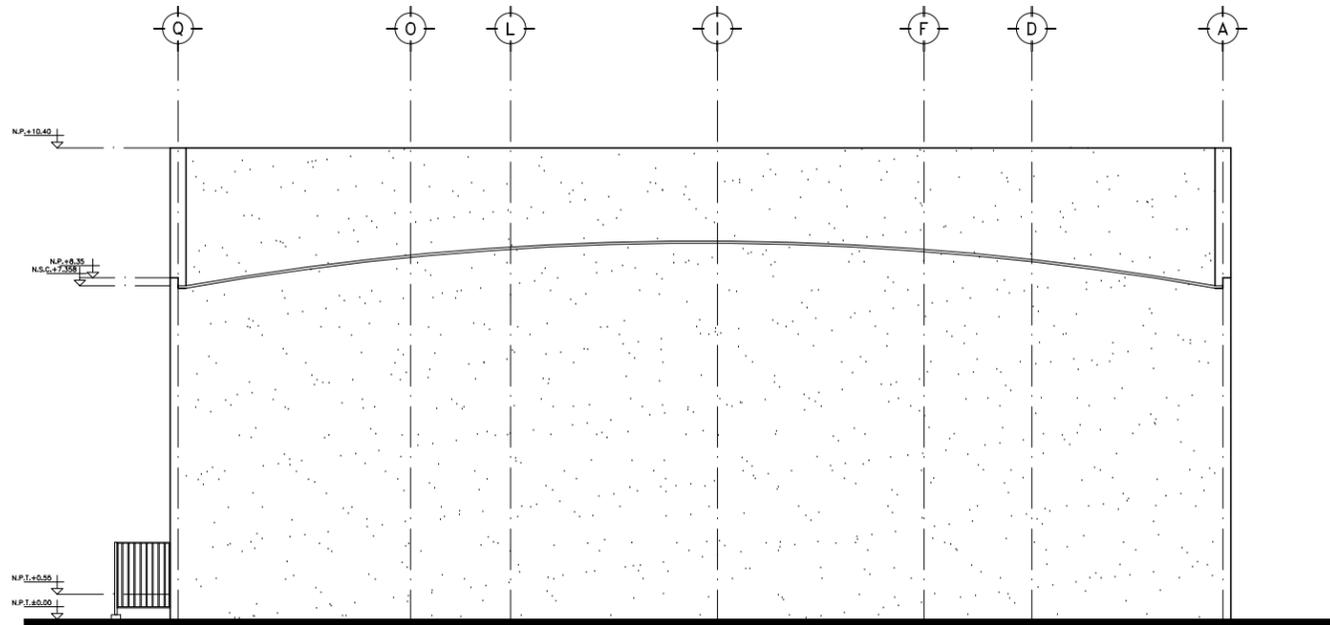
PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTÓLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R. DIBUJO: R.P.R.

NOTAS:

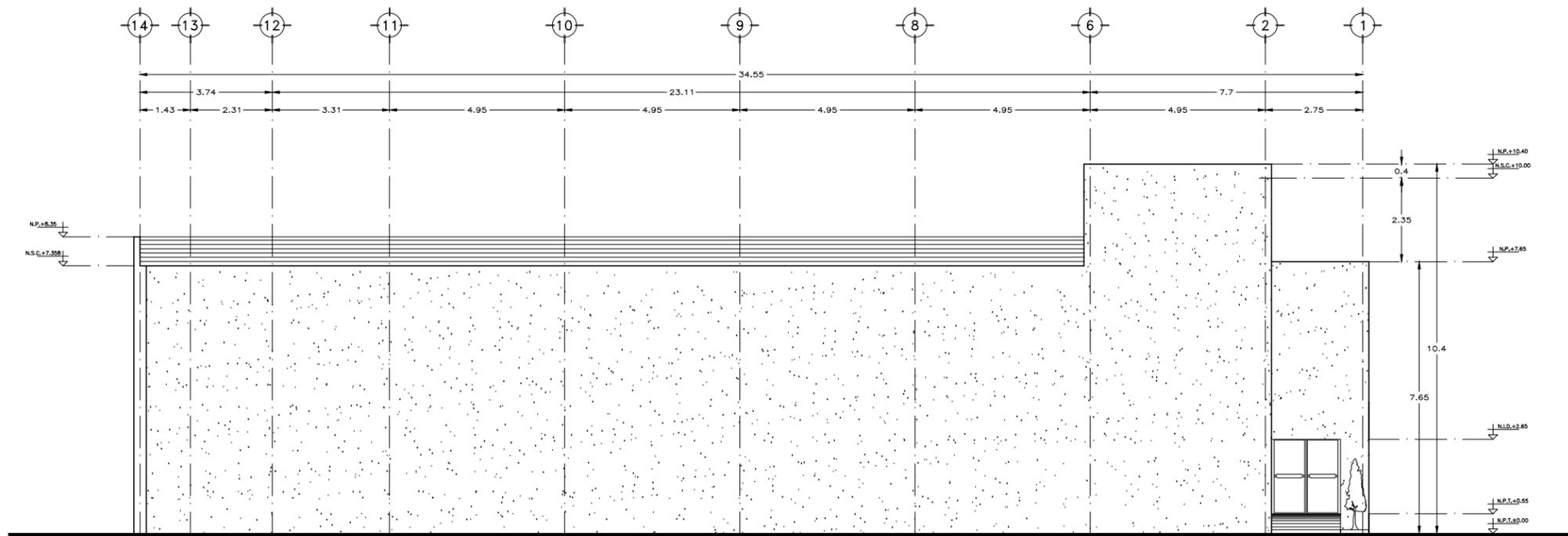
PLANO:

**A-07**



**FACHADA PONIENTE**

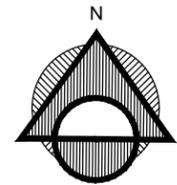
ESCALA 1:150



**FACHADA SUR**

ESCALA 1:150

NORTE:



CONTENIDO:  
FACHADAS PONIENTE Y SUR

ESCALA: 1:150	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: A-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
--	----------

PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTÓLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

NOTAS:

PLANO:

**A-08**

6. Evaluación de la estrategia de diseño

6.1 Propuesta Acústica

En su estado actual, la nave cuenta con un tiempo de reverberación de aproximadamente 3.5 segundos, el doble del límite superior del rango de 1.2 a 1.5 segundos requerido para funcionar como una sala polivalente. Mediante la adición de recubrimientos acústicamente dinámicos y absorbentes la intención es reducir este valor entre el rango de 1.2 – 1.5 y estar así dentro del rango óptimo de inteligibilidad de palabra y música. Como se pudo observar en el capítulo 4, en el apartado 4.1, los tiempos de reverberación obtenidos mediante el revestimiento de los muros decayeron hasta el rango requerido por el proyecto. Mediante la colocación de estos materiales en puntos de conflicto hemos logrado obtener una línea de trabajo más homogénea en los tiempos finales, siendo el único segmento de problemático el de alta frecuencias, que cae marginalmente por debajo del rango óptimo, sin embargo, es necesario recordar que se cuenta con un equipo de sonido y una consola reguladora para tener mayor control de la potencia de salida en cada rango de frecuencia en incrementos de 200, 500, y 1000 Hz, con un rango de operación que va desde los 10 a los 14,000 Hz. Una vez que el tiempo de respuesta ha sido estabilizado y homogeneizado en la manera que se ha hecho con esta sala, resulta mucho más sencillo lograr resultados mejor controlados que de otro modo, sin contar con las adecuaciones propuestas, sería impráctico realizar.

6.2 Proyecto Lumínico

En la actualidad, nuestro edificio cuenta con un total de 9 pares de lámparas fluorescentes de 120 watts de consumo cada una, y 8 pares de 220 watts de consumo cada una, lo que nos da un total de 5680 w/hr de consumo energético. En el resto de las áreas utilizadas tenemos un número de lámparas con un consumo total de 800 /hr. Con el cambio de luminarias de sistema fluorescente a LED, se ha logrado una reducción de 3060 w/hr, además de incrementar la luminosidad general de 150 proveído por el sistema actual a 300 con el sistema LED, además de que, debido a que el sistema fluorescente funciona en promedio con una generación de calor 100% mayor a las lámparas LED, se ha logrado también aligerar la carga energética para el sistema de aire acondicionado, en una medida muy pequeña, pero notable si se le compara directamente con la contribución actual.

6.3. Cargas Térmicas

A continuación, en las figuras 6.3.1 y 6.3.2 podemos observar en kW/hr las cantidades de energía necesarias para climatizar el área comprendida dentro de la nave principal durante el año, con sus dimensiones y materiales actuales, sin ningún tipo de recubrimiento, así como las dimensiones propuestas en el proyecto de remodelación. En el programa se incluyó en el cálculo el calor generado por la audiencia de 670 integrantes, por lo que al contabilizar esto, el programa decidió no asignar carga térmica al equipo para calentar el recinto, motivo por el cual la gráfica no muestra carga energética para calefacción durante el año. Cabe señalar que el periodo de funcionamiento del equipo de aire acondicionado se encuentra confinado a un horario de funcionamiento, el cual se detalla a continuación:

LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
7 PM – 9 PM	Sin Actividad	Sin Actividad	7 PM – 9 PM	9 PM – 12 PM	9 PM – 12 PM	11 AM – 2 PM

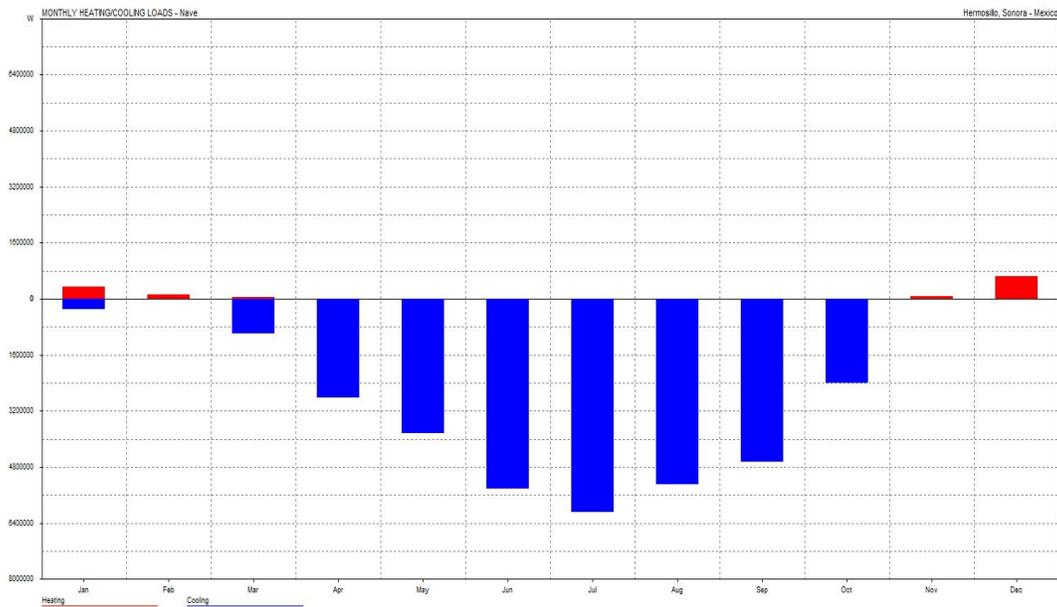


Figura 6.3.1 Carga térmicas en kW/ hr para mantener una temperatura ambiente promedio de 24 grados dentro de la nave principal en su estado actual.

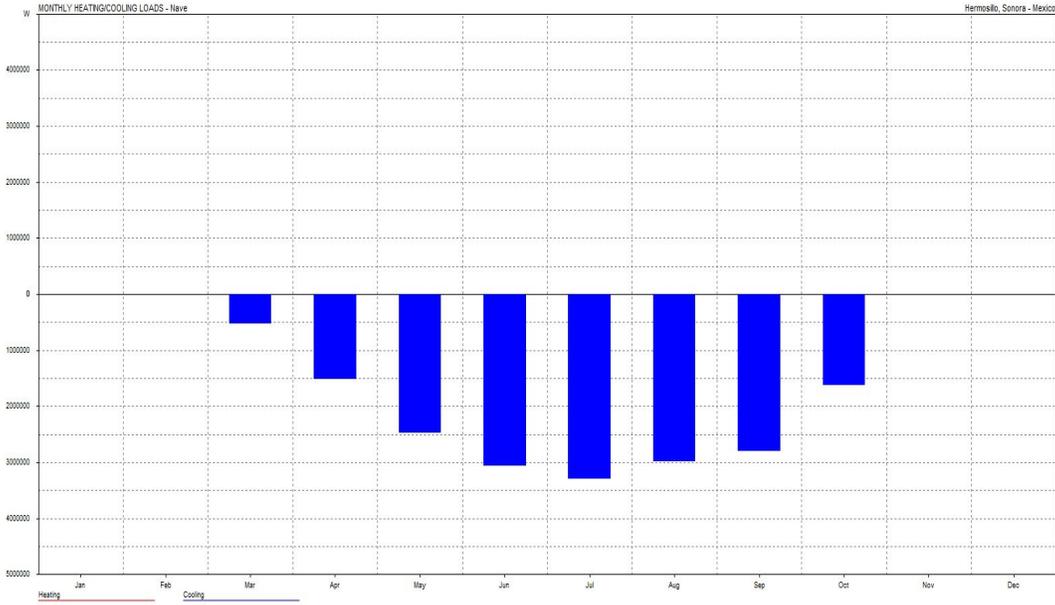


Figura 6.3.2 Carga térmicas en kW/ hr para mantener una temperatura ambiente promedio de 24 grados dentro de la nave principal según la propuesta proyectual.

Como se puede ver, en el edificio propuesto, con las dimensiones y configuración de materiales propuestos, tenemos una carga energética de alrededor de 3000 kW/s/hr, contra una carga de 5800 kW/s/hr desempeñada en el edificio en su estado actual, con una audiencia menor a la capacidad propuesta por aproximadamente la mitad del numero propuesto, lo que representa una diferencia del 51% en el rendimiento del equipo de aire acondicionado, sin sacrificar audiencia, confort, y horas de funcionamiento. Más aun, será factible conservar el número actual de aparatos de aire acondicionado. Es de notarse, además, que la configuración actual, sin ningún tipo de aislamiento térmico, se muestra claramente que en los meses más fríos del año, en la simulación, el programa ha calculado que se requiere una carga de calefacción, que aunque es mínima comparada con la carga requerida para enfriar el recinto, no está presente en los resultados de la propuesta proyectual

También es necesario detallar el funcionamiento del área de librería, ya que esta tendrá un periodo de funcionamiento más extenso que el resto del edificio. Con un horario estándar de 9 AM a 6 PM, esta área tendrá una carga energética de aproximadamente 4000 kW/s/hr en aire acondicionado. Como no se cuenta por el momento con un área homologa en el recinto actual, presentamos de manera informativa los datos recabados mediante simulación.

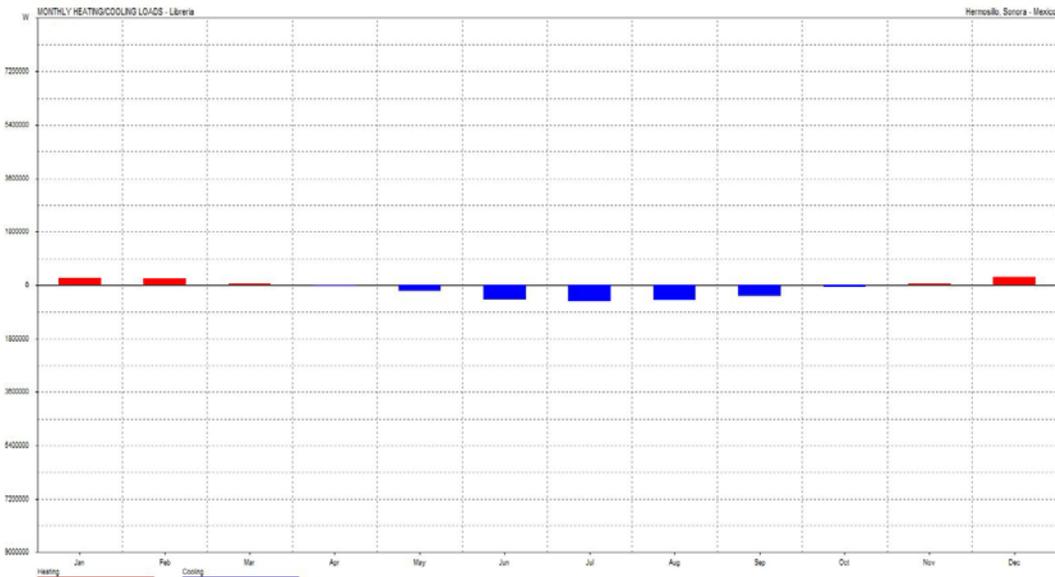


Figura 6.3.2 Carga térmicas en kW/ hr para mantener una temperatura ambiente promedio de 24 grados dentro de la librería según la propuesta proyectual.

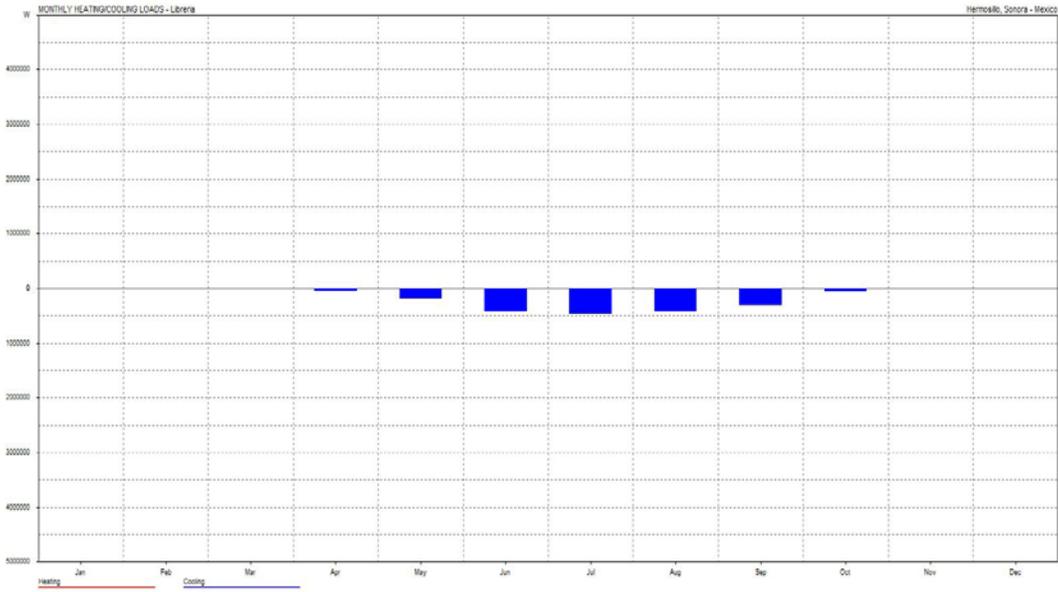


Figura 6.3.2 Carga térmica en kW/hr para mantener una temperatura ambiente promedio de 24 grados dentro de la librería según la propuesta proyectual.

### Conclusiones Generales

Durante el proceso investigación, identificamos los puntos de mayor preocupación para los usuarios del inmueble actual y se les propusieron varias estrategias por medio de las cuales se podían incorporar las características deseadas. Mediante consultación personal con la comunidad que asiste a este lugar de congregación se pudo obtener, además, información acerca de la existencia de planes de remodelación previos, los cuales jamás fueron plasmados papel. Al final se obtuvo un listado, el cual se incluye en esta obra, donde se enumeran los espacios y las características deseadas, la cual se tomó como guía de diseño y fue revisitada en varias ocasiones durante el proceso de diseño mismo para añadirle nueva información, lo cual es natural debido al alto grado de retroalimentación que se obtuvo durante las consultaciones con los usuarios.

Al final del proyecto, se ha obtenido una propuesta que satisface en gran medida los deseos e inquietudes propuestas por los usuarios, además de que se atendieron las principales deficiencias, expuestas al inicio de este trabajo, rebasando por mucho, al menos en papel, las expectativas generadas durante las reuniones. Se ha mejorado el aspecto del inmueble y se le ha dado realce a los elementos mas significativos dentro del proyecto. Los resultados de desempeño acústico han sido mejorados y se colocan dentro de rangos que son, de común acuerdo según las fuentes bibliográficas, los óptimos para la realización de las actividades deseadas. La iluminación del edificio mejorará bastante con el cambio a nuevas tecnologías, además de que esto tendrá un impacto apreciable en el consumo de energía eléctrica y, por lo tanto, una reducción en los costos de operación. Los cambios estructurales del proyecto de remodelación, además de posibilitar la expansión del número integrantes que es posible acomodar ahora dentro de este templo, ha reducido casi a la mitad el consumo energético actual por concepto de acondicionamiento del clima interior, sin sacrificar en ningún momento el confort del usuario, ni restringir el horario de uso.

Se concluye, por lo tanto, que las estrategias propuestas en este diseño son un buen punto de partida para llegar a una propuesta definitiva que en un momento puede ser llevada a la realidad, a un costo realista que cubre los deseos y las necesidades de la comunidad religiosa que hace uso de esta instalación.

## **Bibliografía y Referencias**

Carrión Isbert, Antoni (2001) *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*  
Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España.

Raitelli, Mario (2010) *Diseño de Iluminación de Interiores*.  
Universidad Nacional de Tucumán, Tucumán, Argentina.

Adler, David (1999) *Metric Handbook: planing and design data*  
Architectural Press, Oxford, Inglaterra.

Baden-Powell, Charlotte (2001) *Architect's Pocket Book*  
Architectural Press, Oxford, Inglaterra.

Plan Municipal de Desarrollo Urbano para la Ciudad de Hermosillo

Reglamento de Construcción para el Municipio de Hermosillo

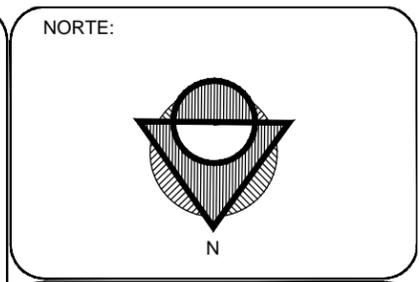
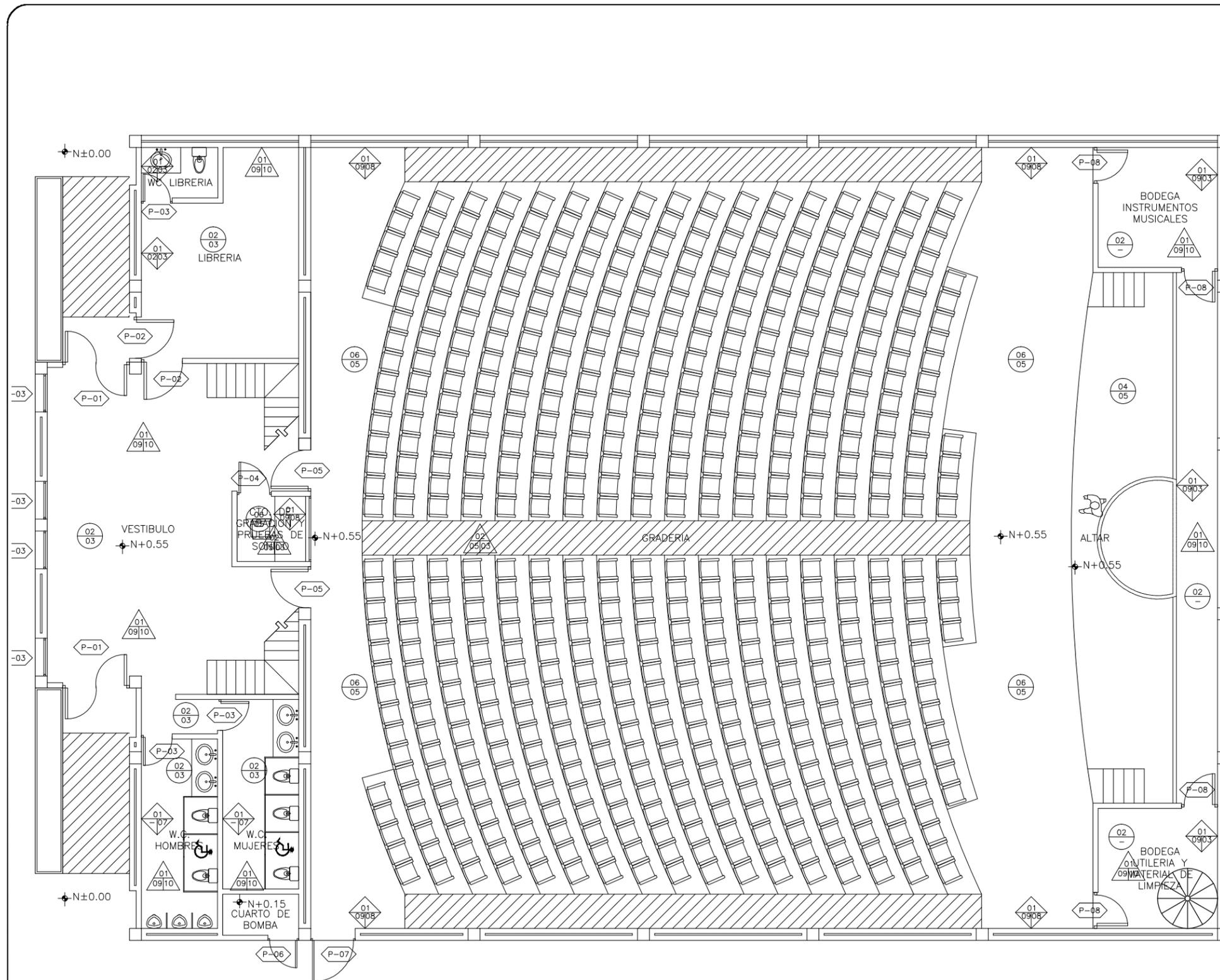
<http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/iluint3.html>

<http://www.comaudi.com>

<http://www.inasel.com/>

## ANEXOS

# I: PLANOS ESTRUCTURALES & DE INSTALACION



CONTENIDO:  
**PLANTA DE ACABADOS PRIMER PLANTA**

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: AA-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
 REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION:  
 CALLE CAMPECHE ENTRE  
 REFORMA E IGNACIO ROMERO  
 #x. COL. SAN BENITO,  
 HERMOSILLO SONORA.

PROPIETARIO:  
 IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

NOTAS:

**PISOS**

	A	B
01	Lechada de cal y concreto pobre	A-BASE
02	Plancha de concreto	B-INTERMEDIO
03	Piso ceramico 30x30 cms.	
04	Capa de vegetacion	
05	Alfombra de uso rudo	
06	Losa de concreto armado segun proyecto	
07	Azulejo ceramico 15x15 cms.	

**MUROS**

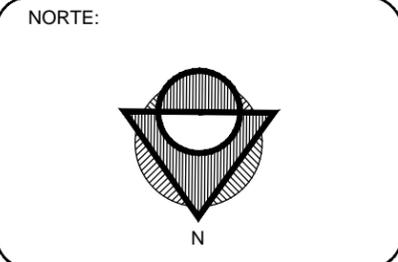
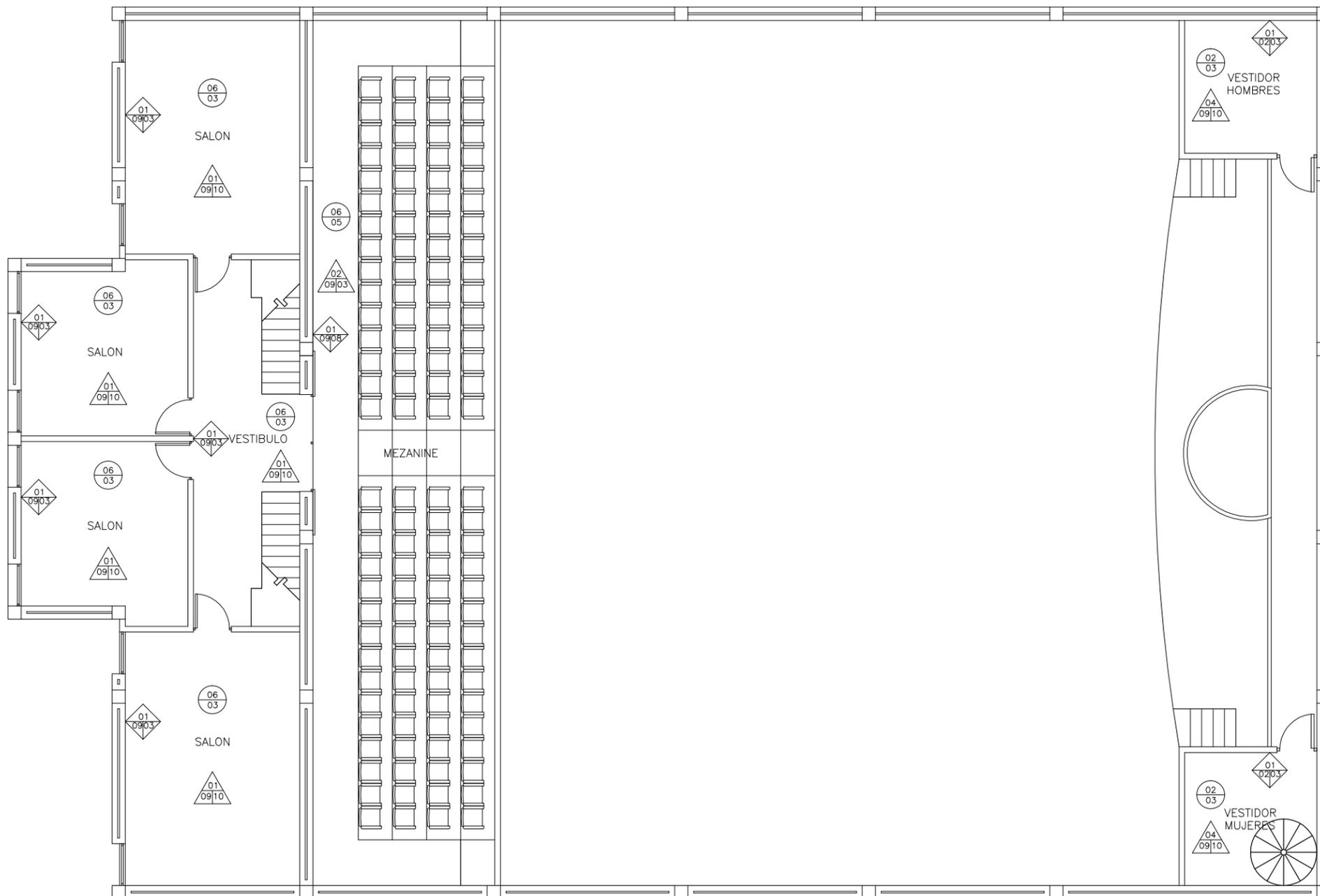
	A	B	C
01	Block hueco de cemento 15 x 20 x 40 cms	A-BASE	
02	Aplanado de yeso pulido a regla y plomo	B-INTERMEDIO	
03	Pintura vinilica para interiores		C-ACABADO FINAL
04	Texturizado		
05	Muro de concreto armado		
06	Aplanado de mezcla		
07	Lambrin de ceramica 15x15 hasta 2.10 mts de altura		
08	Panel absorbente segun proyecto acústico		
09	Fibra de vidrio		

**TECHOS**

	A	B	C
01	Losa de entrespiso segun proyecto estructural	A-BASE	
02	Cubierta segun proyecto estructural	B-INTERMEDIO	
03	Plafon segun plano de plafones acusticos		C-ACABADO FINAL
04	Insupanel		
05	Armadura de acero/aluminio segun proyecto estructural		
06	Lamina Sandwich tipo		
07	Losa de concreto armado		
08	Impermeabilizante sobre capa de compresión de concreto armado con malla de galinero		
09	Aplanado de yeso		
10	Pintura vinilica para exteriores		

**PLANTA DE ACABADOS PRIMER PLANTA**  
 ESCALA 1:125

PLANO:  
**AA-01**



CONTENIDO:  
**PLANTA DE ACABADOS SEGUNDA PLANTA**

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: AA-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
 REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
PROPIETARIO: IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.	
DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.

**PISOS**

	A	B
01	Lechada de cal y concreto pobre	A-BASE
02	Plancha de concreto	B-INTERMEDIO
03	Piso ceramico 30x30 cms.	
04	Capa de vegetacion	
05	Alfombra de uso rudo	
06	Losa de concreto armado segun proyecto	
07	Azulejo ceramico 15x15 cms.	

**MUROS**

	A	B	C
01	Block hueco de cemento 15 x 20 x 40 cms	A-BASE	
02	Aplanado de yeso pulido a regla y plomo	B-INTERMEDIO	
03	Pintura vinilica para interiores	C-ACABADO FINAL	
04	Texturizado		
05	Muro de concreto armado		
06	Aplanado de mezcla		
07	Lambrin de ceramica 15x15 hasta 2.10 mts de altura		
08	Panel absorbente segun proyecto acústico		
09	Fibra de vidrio		

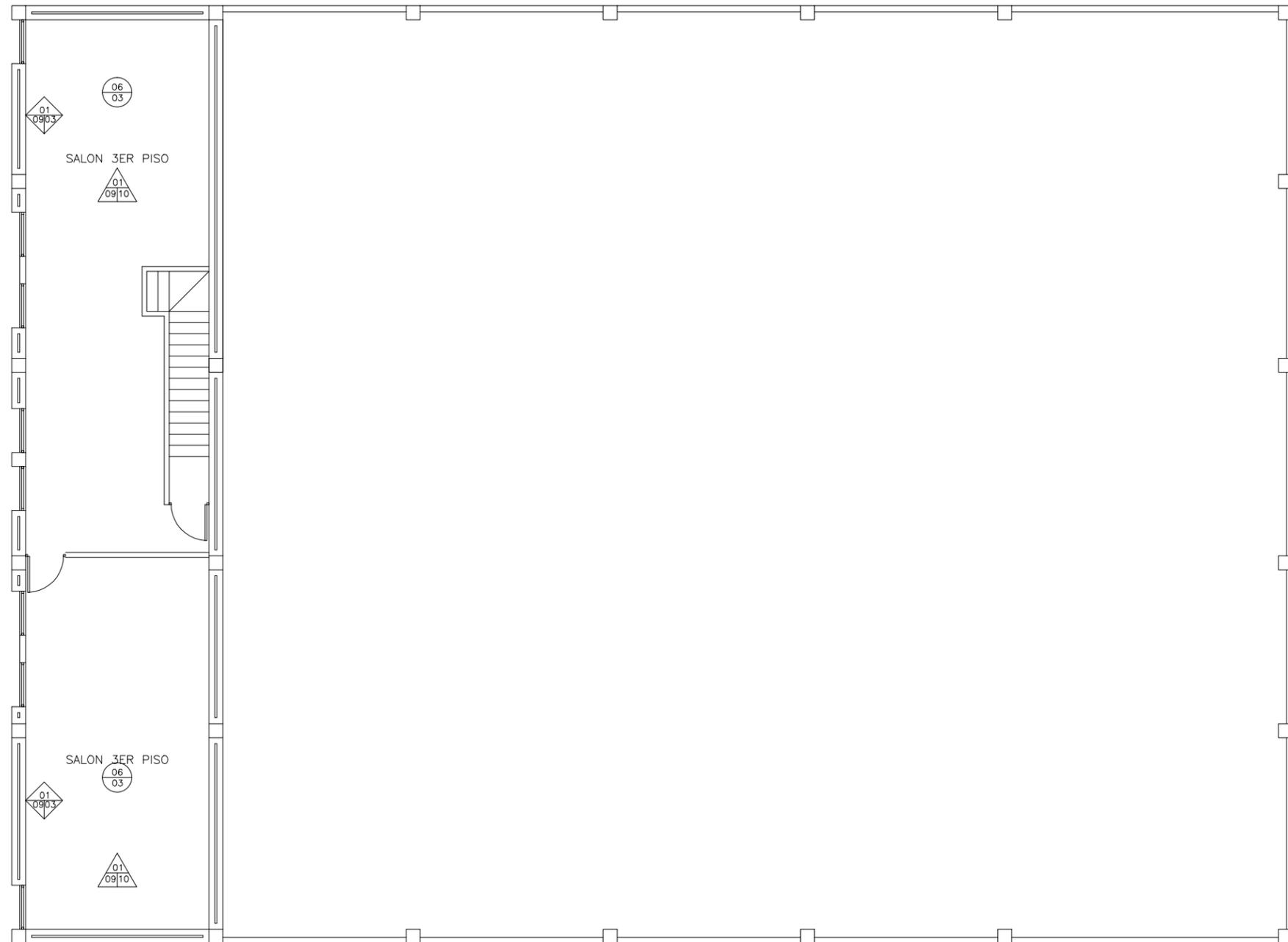
**TECHOS**

	A	B	C
01	Losa de entripiso segun proyecto estructural	A-BASE	
02	Cubierta segun proyecto estructural	B-INTERMEDIO	
03	Plafon segun plano de plafones acusticos	C-ACABADO FINAL	
04	Insupanel		
05	Armadura de acero/aluminio segun proyecto estructural		
06	Lamina Sandwich tipo		
07	Losa de concreto armado		
08	Impermeabilizante sobre capa de compresión de concreto armado con malla de gallinero		
09	Aplanado de yeso		
10	Pintura vinilica para exteriores		

NOTAS:

PLANO:  
**AA-02**

**PLANTA DE ACABADOS SEGUNDA PLANTA**  
 ESCALA 1:125



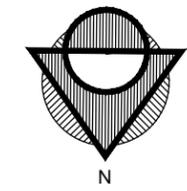
**PLANTA DE ACABADOS TERCER PLANTA**  
 ESCALA 1:125

PISOS		A	B
		A-BASE	B-INTERMEDIO
01	Lechada de cal y concreto pobre		
02	Plancha de concreto		
03	Piso ceramico 30x30 cms.		
04	Capa de vegetacion		
05	Alfombra de uso rudo		
06	Losa de concreto armado segun proyecto		
07	Azulejo ceramico 15x15 cms.		

MUROS		A	B	C
		A-BASE	B-INTERMEDIO	C-ACABADO FINAL
01	Block hueco de cemento 15 x 20 x 40 cms			
02	Aplanado de yeso pulido a regla y plomo			
03	Pintura vinilica para interiores			
04	Texturizado			
05	Muro de concreto armado			
06	Aplanado de mezcla			
07	Lambrin de ceramica 15x15 hasta 2.10 mts de altura			
08	Panel absorbente segun proyecto acústico			
09	Fibra de vidrio			

TECHOS		A	B	C
		A-BASE	B-INTERMEDIO	C-ACABADO FINAL
01	Losa de entripiso segun proyecto estructural			
02	Cubierta segun proyecto estructural			
03	Plafon segun plano de plafones acusticos			
04	Insupanel			
05	Armadura de acero/aluminio segun proyecto estructural			
06	Lamina Sandwich tipo			
07	Losa de concreto armado			
08	Impermeabilizante sobre capa de compresión de concreto armado con malla de galinero			
09	Aplanado de yeso			
10	Pintura vinilica para exteriores			

NORTE:



CONTENIDO:  
**PLANTA DE ACABADOS TERCER PLANTA**

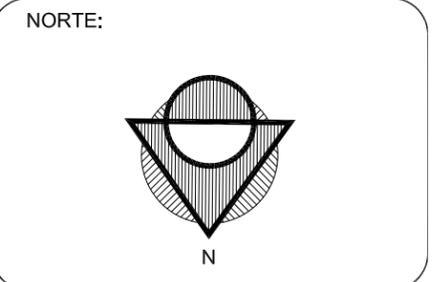
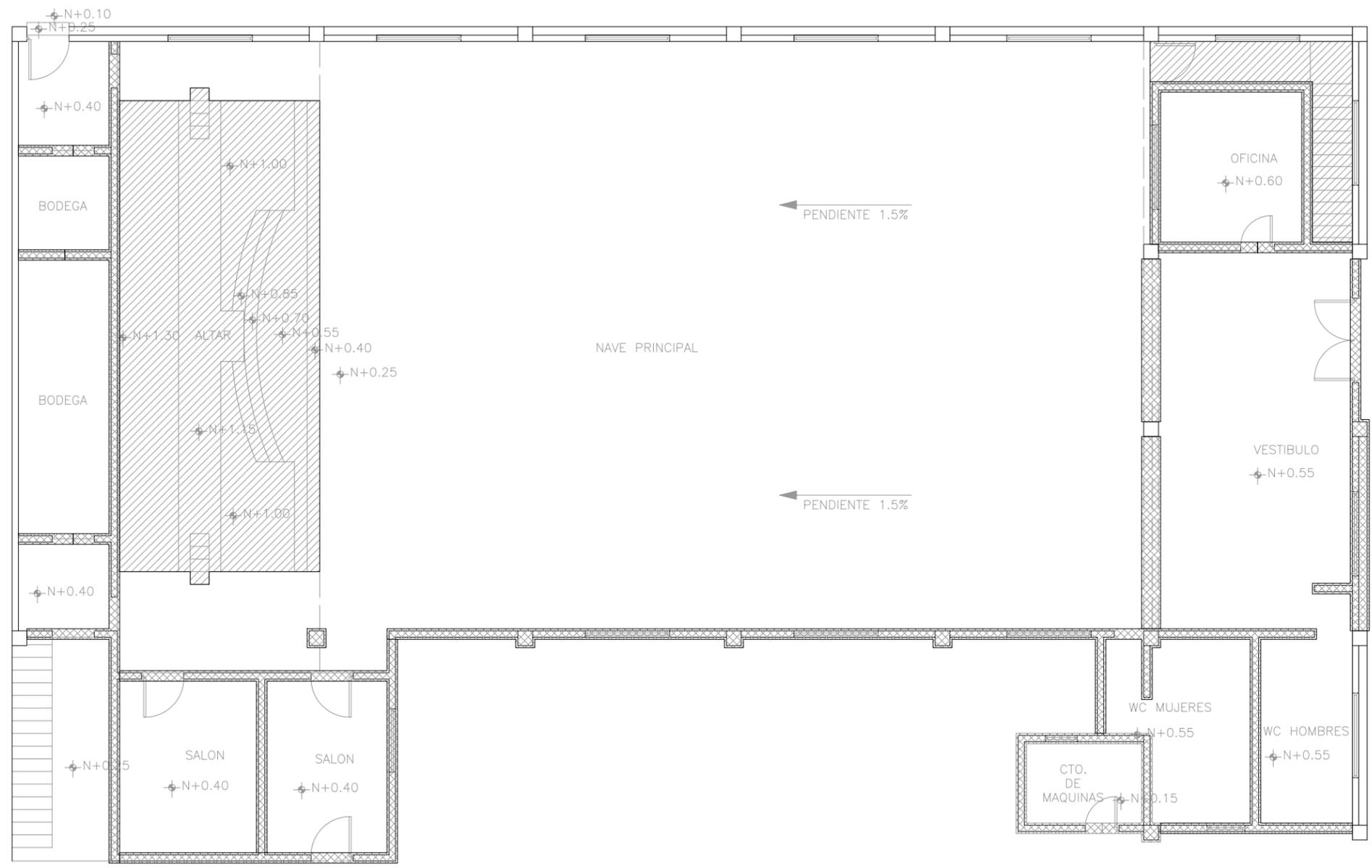
ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: AA-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
 REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
PROPIETARIO: IGLESIA APOSTÓLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.	
DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.

NOTAS:

PLANO:  
**AA-03**



CONTENIDO:  
**PLANO DE DEMOLICION PRIMER PLANTA**

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: DM-00
FECHA: OCTUBRE - 2013		REVISADO POR: R.P.R.

PROYECTO:  
 REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION:  
 CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x, COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.

CROQUIS:

PROPIETARIO:  
 IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO:  
 R.P.R.

DIBUJO:  
 R.P.R.

NOTAS:

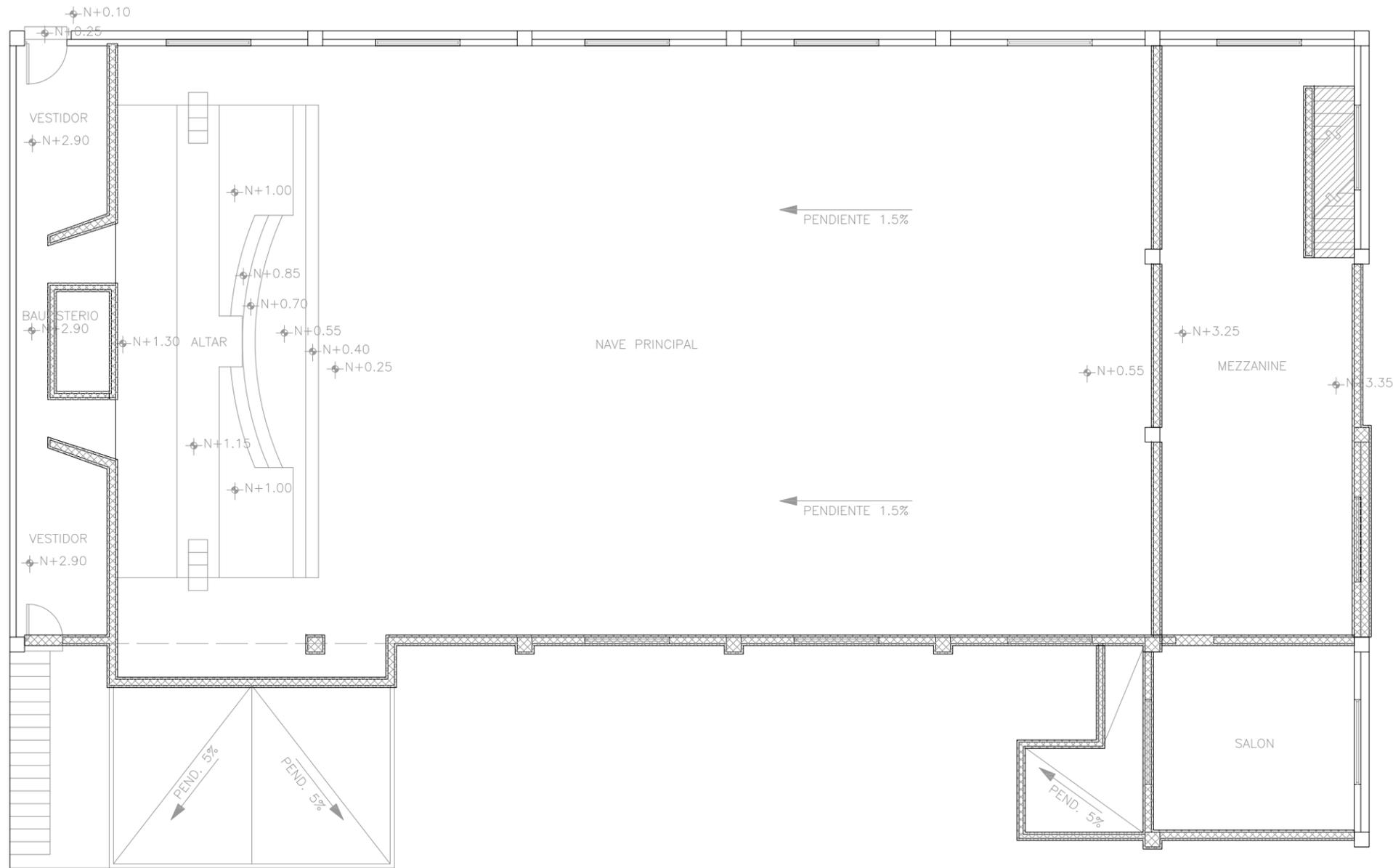
SIMBOLOGIA

	DEMOLICION DE MURO/COLUMNA/CANCELERIA
	DEMOLICION DE LOSA/ELEMENTO DE ENTREPISO

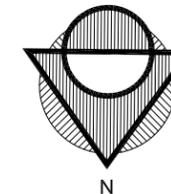
PLANO:

# DM-01

**PLANTA DE DEMOLICION PRIMER PLANTA**  
 ESCALA 1:125



NORTE:



CONTENIDO:  
**PLANTA DE DEMOLICION SEGUNDA PLANTA**

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: DM-00
------------------	---------------------	-------------------

FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.
--------------------------	-------------------------

PROYECTO:  
 REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION:  
 CALLE CAMPECHE ENTRE  
 REFORMA E IGNACIO ROMERO  
 #x. COL. SAN BENITO,  
 HERMOSILLO SONORA.

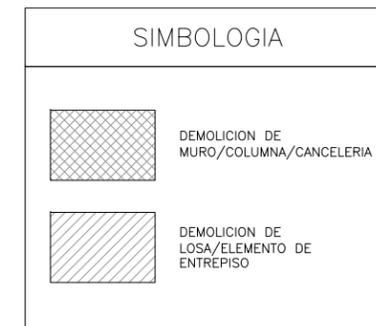
CROQUIS:

PROPIETARIO:  
 IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO:  
 R.P.R.

DIBUJO:  
 R.P.R.

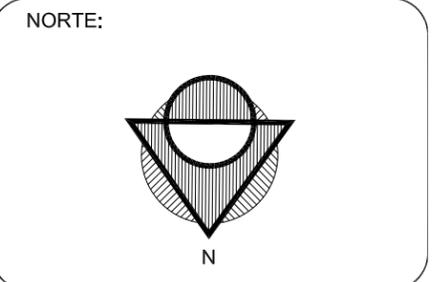
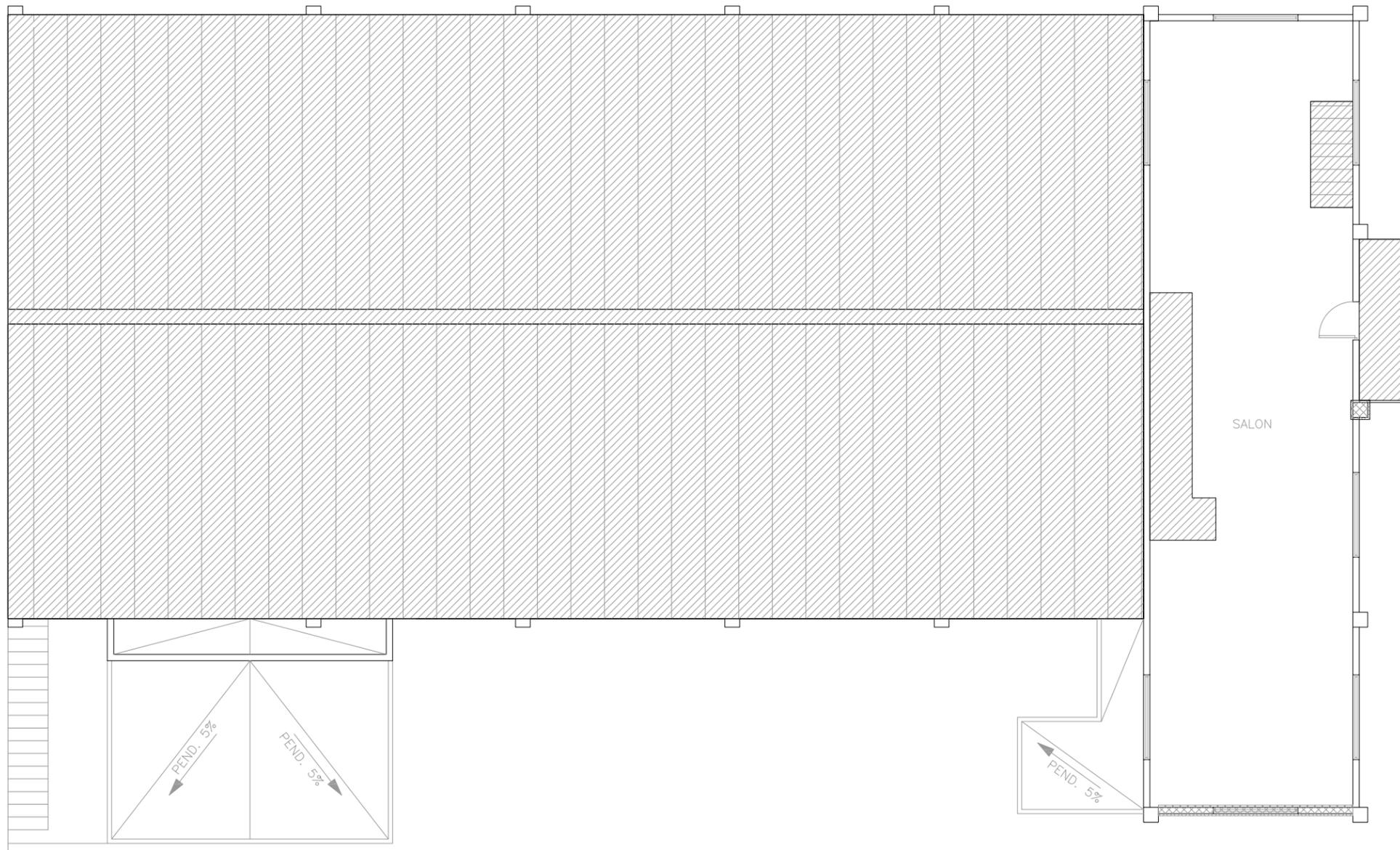
NOTAS:



PLANO:

**DM-02**

**PLANTA DE DEMOLICION SEGUNDA PLANTA**  
 ESCALA 1:125



CONTENIDO:  
**PLANTA DE DEMOLICION TERCER PLANTA**

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: DM-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
 REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x, COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
PROPIETARIO: IGLESIA APOSTÓLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.	
DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.

NOTAS:

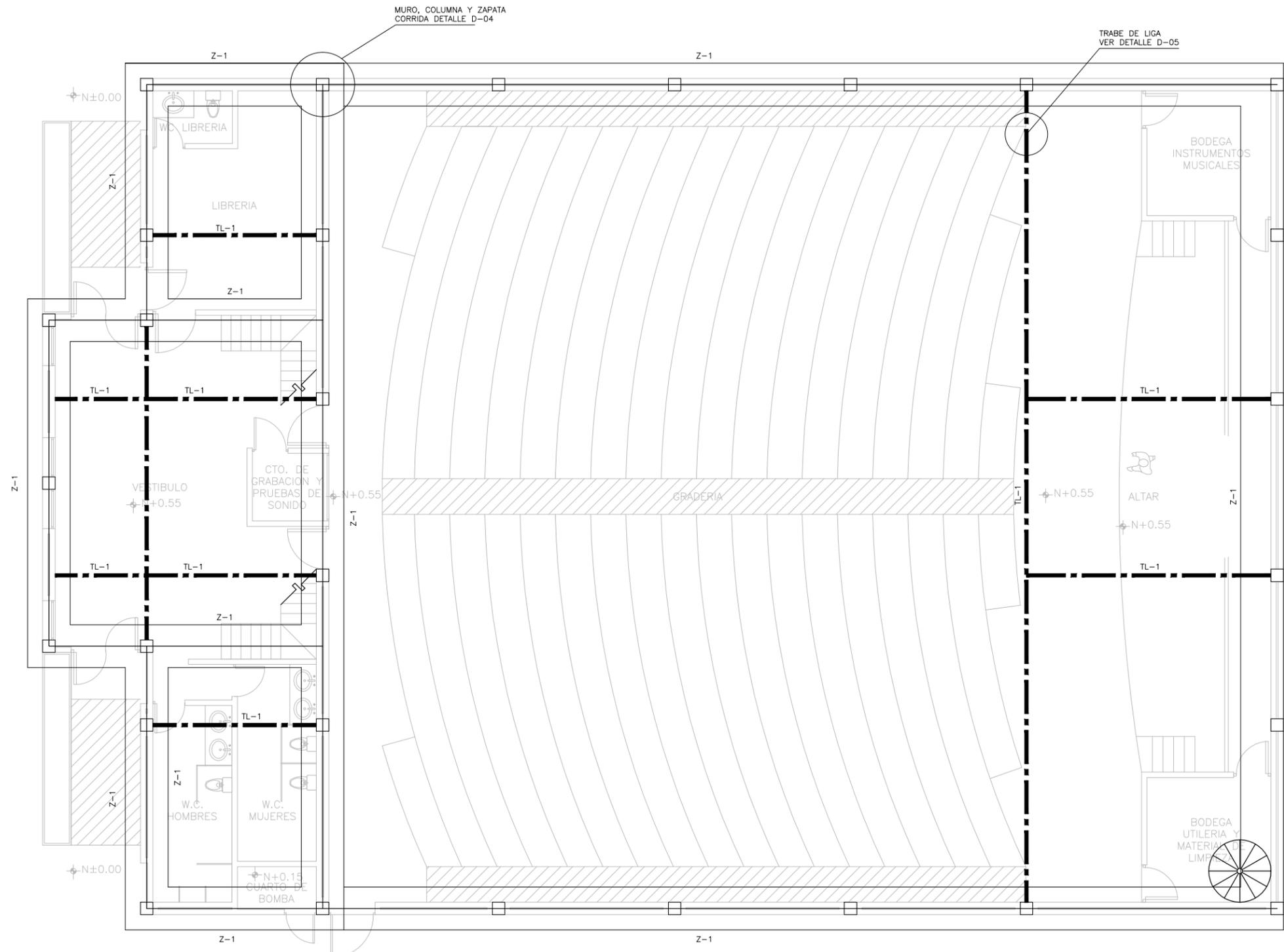
SIMBOLOGIA

	DEMOLICION DE MURO/COLUMNA/CANCELERIA
	DEMOLICION DE LOSA/ELEMENTO DE ENTREPISO

PLANO:

# DM-03

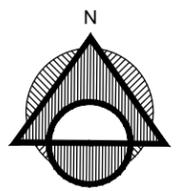
**PLANTA DE DEMOLICION TERCER PLANTA**  
 ESCALA 1:125



MURO, COLUMNA Y ZAPATA  
CORRIDA DETALLE D-04

TRABE DE LIGA  
VER DETALLE D-05

NORTE:



CONTENIDO:  
PLANTA DE CIMENTACION, COLUMNAS  
Y CASTILLOS

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: E-00
------------------	---------------------	------------------

FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.
--------------------------	-------------------------

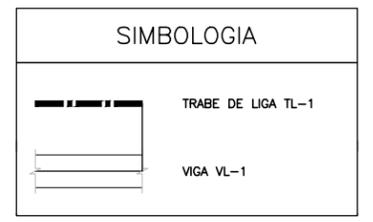
PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
--	----------

PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

NOTAS:

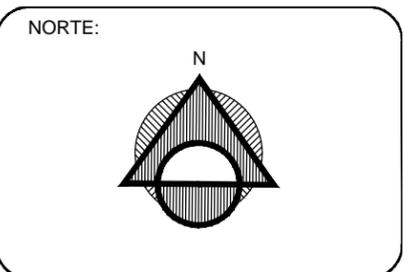
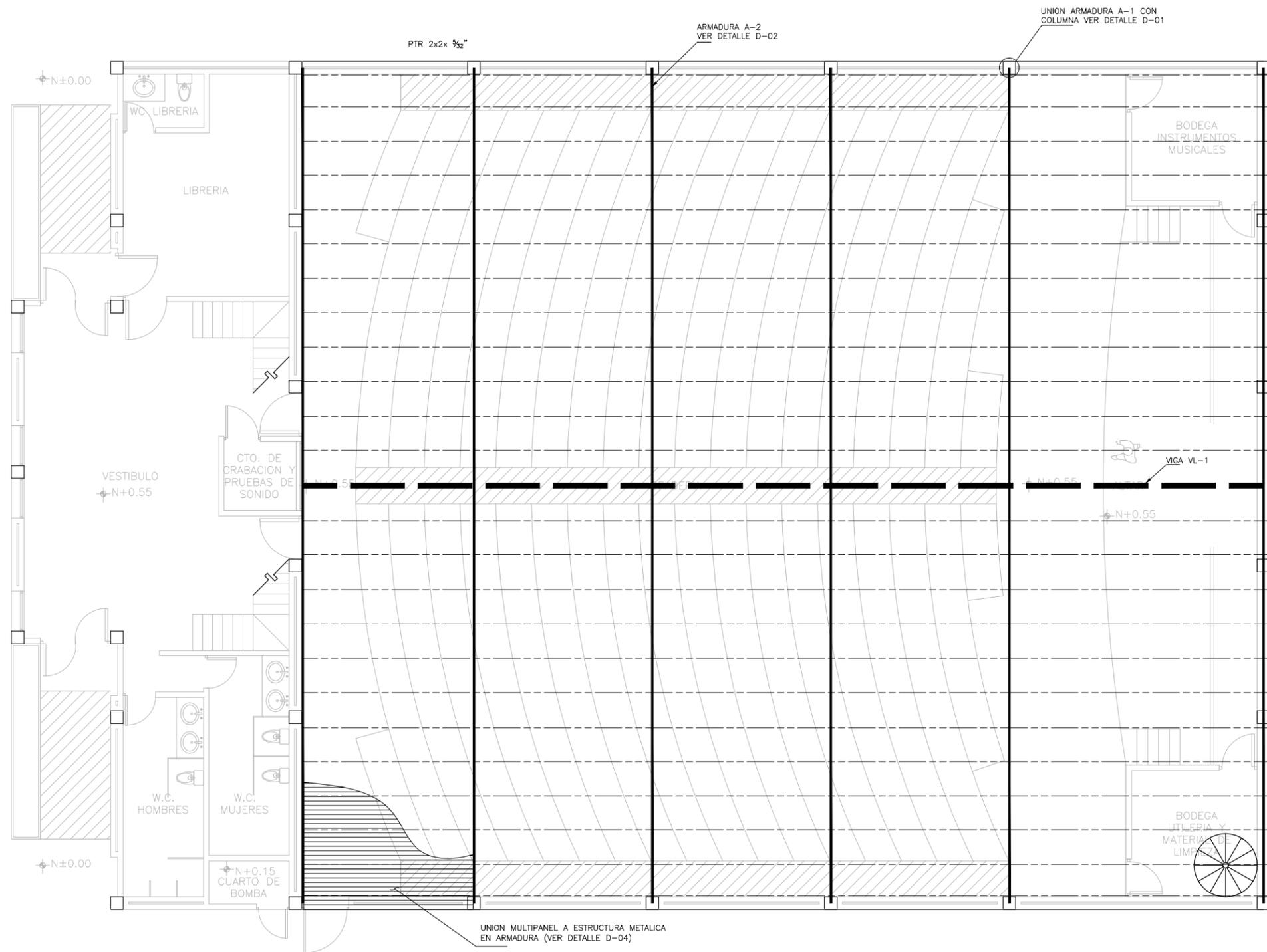


PLANO:

**E-01**

**PLANTA DE CIMENTACION, COLUMNAS Y CASTILLOS**

ESCALA 1:125



CONTENIDO:  
**ESTRUCTURAL LOSA DE ENTREPISO  
 PRIMER PLANTA**

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: E-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
 REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

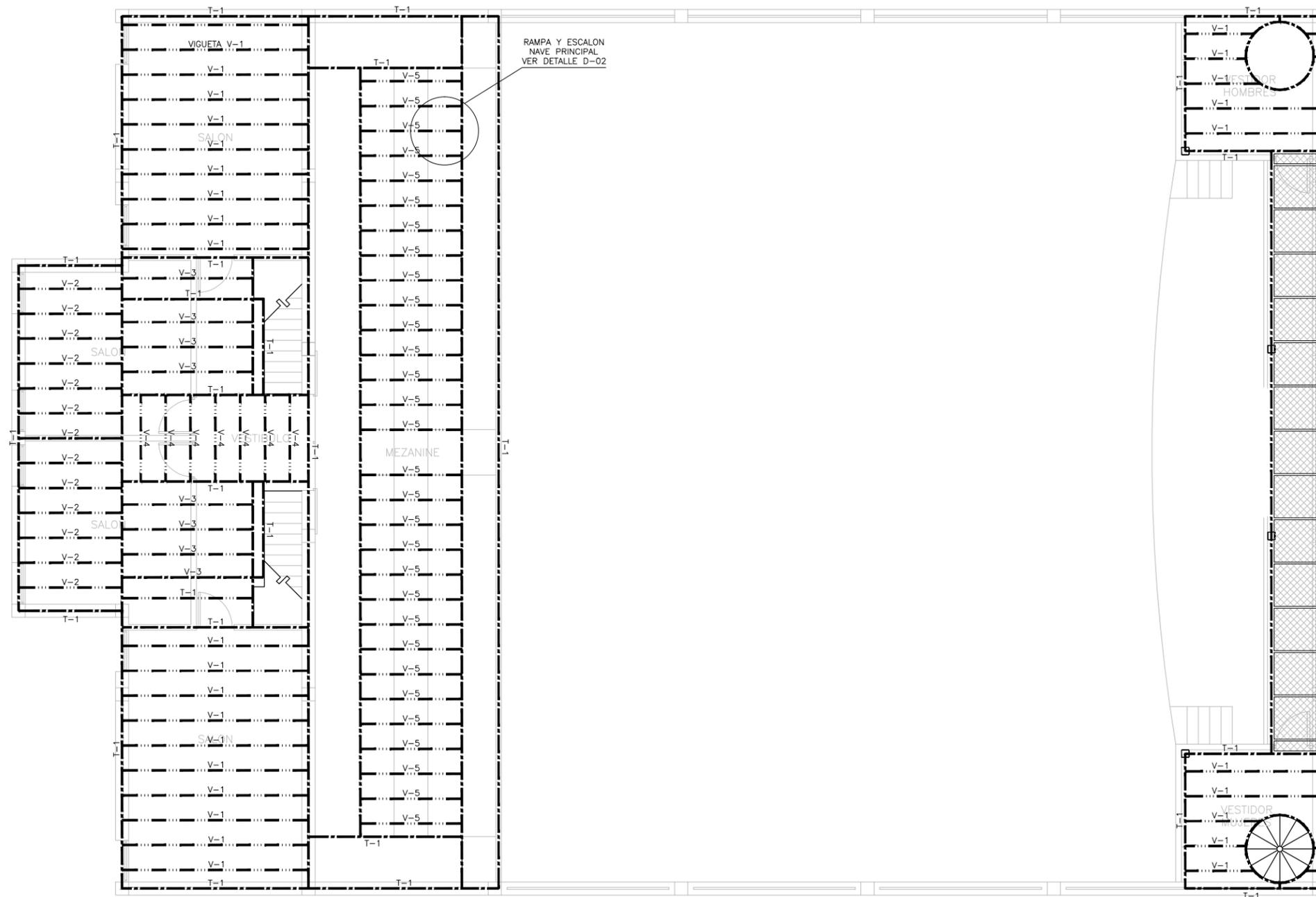
UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
PROPIETARIO: IGLESIA APOSTÓLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.	DISEÑO: R.P.R.
	DIBUJO: R.P.R.

NOTAS:

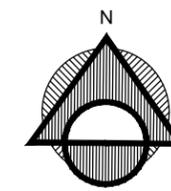
SIMBOLOGIA	
	ATIESADOR A-1
	VIGA VL-1

PLANO:  
**E-02**

**ESTRUCTURAL LOSA DE ENTREPISO PRIMER PLANTA**  
 ESCALA 1:125



NORTE:



CONTENIDO:  
ESTRUCTURAL LOSA DE ENTREPISO  
SEGUNDA PLANTA

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: E-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
--	----------

PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTÓLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

NOTAS:

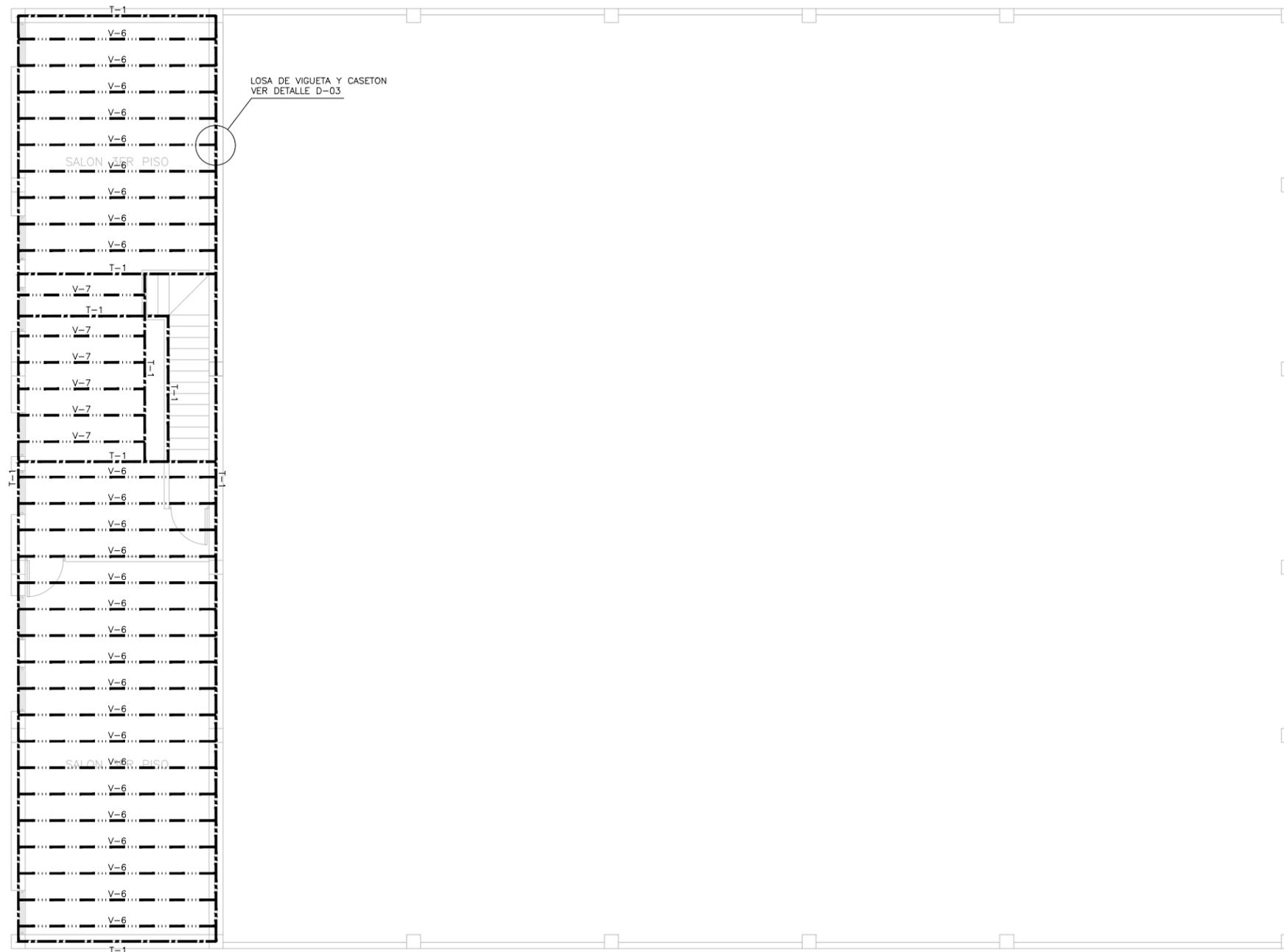
SIMBOLOGIA	
	VIGA TIPO V
	VIGA TIPO T
	REJILLA TIPO IRVING RECUBIERTA

PLANO:

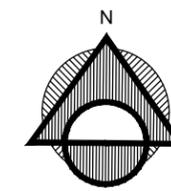
**E-03**

**ESTRUCTURAL LOSA DE ENTREPISO SEGUNDA PLANTA**

ESCALA 1:125



NORTE:



CONTENIDO:  
ESTRUCTURAL DE CUBIERTA Y LOSA DE ENTREPISO 3ER PLANTA

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: E-00
------------------	---------------------	------------------

FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.
--------------------------	-------------------------

PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
--	----------

PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

NOTAS:

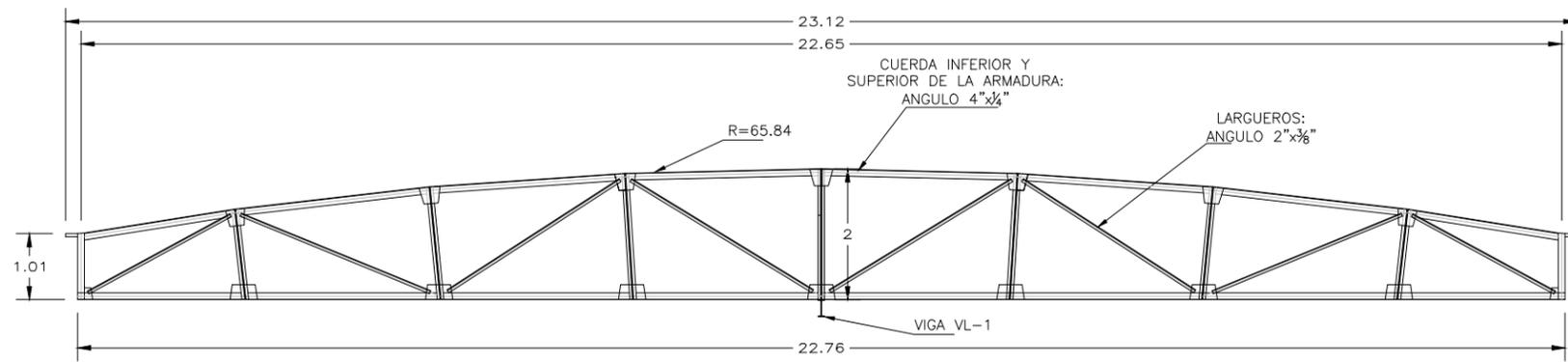
SIMBOLOGIA	
	VIGA TIPO V
	VIGA TIPO T

PLANO:

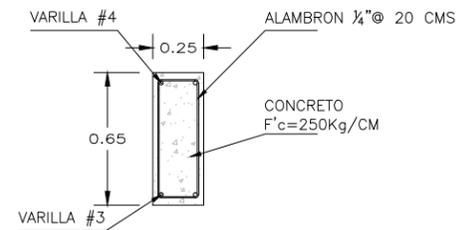
**E-04**

**ESTRUCTURAL DE CUBIERTA Y LOSA DE ENTREPISO 3ER PLANTA**

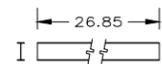
ESCALA 1:125



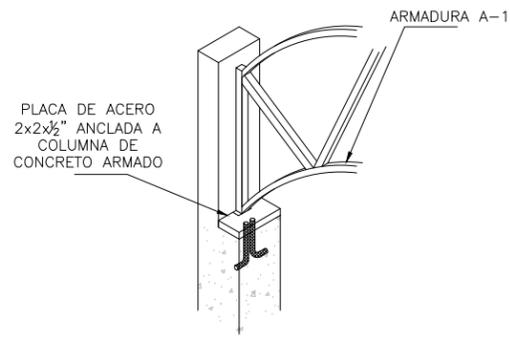
ARMADURA  
A-1



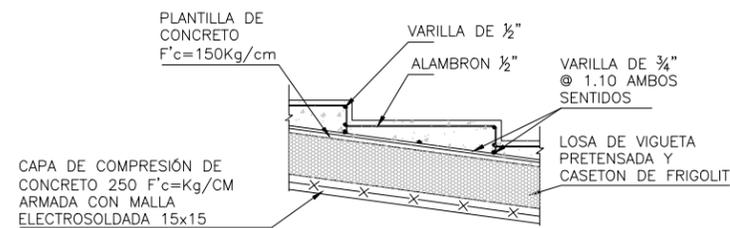
D-05  
TRABE DE LIGA



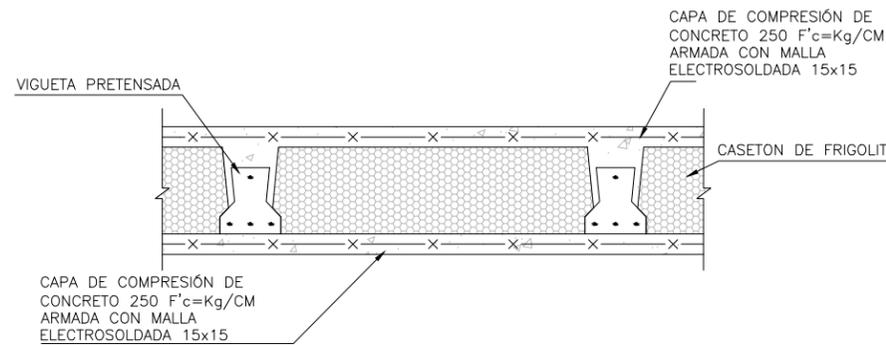
VIGA VL-1  
IPR 10"x4"x28.3 KG/M



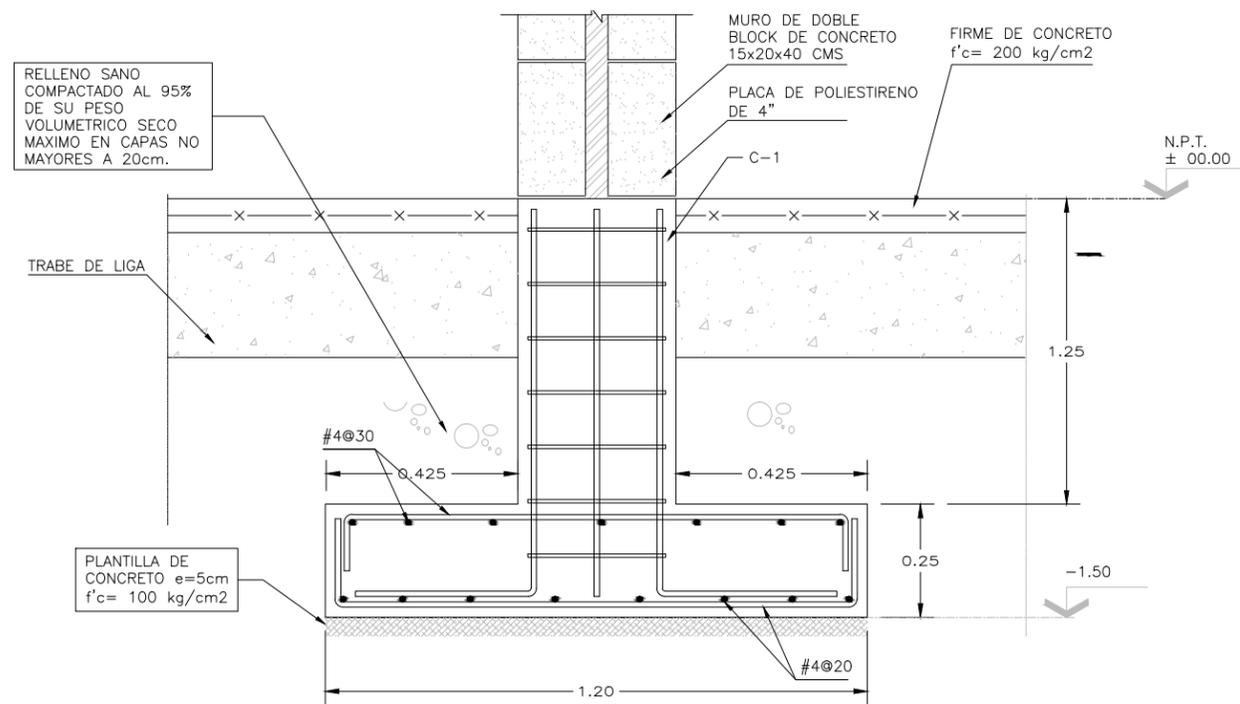
D-01  
UNION ARMADURA A-1  
CON COLUMNA



D-02  
ESTRUCTURA  
MEZZANINE

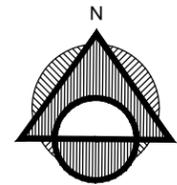


D-03  
LOSA DE VIGUETA Y  
CASOTON



D-04  
ZAPATA Z-1

NORTE:



CONTENIDO:  
DETALLES ESTRUCTURALES

ESCALA: INDICADA	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: E-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
REMDELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
---	----------

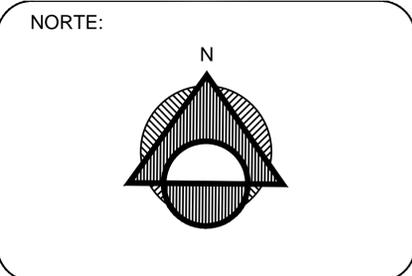
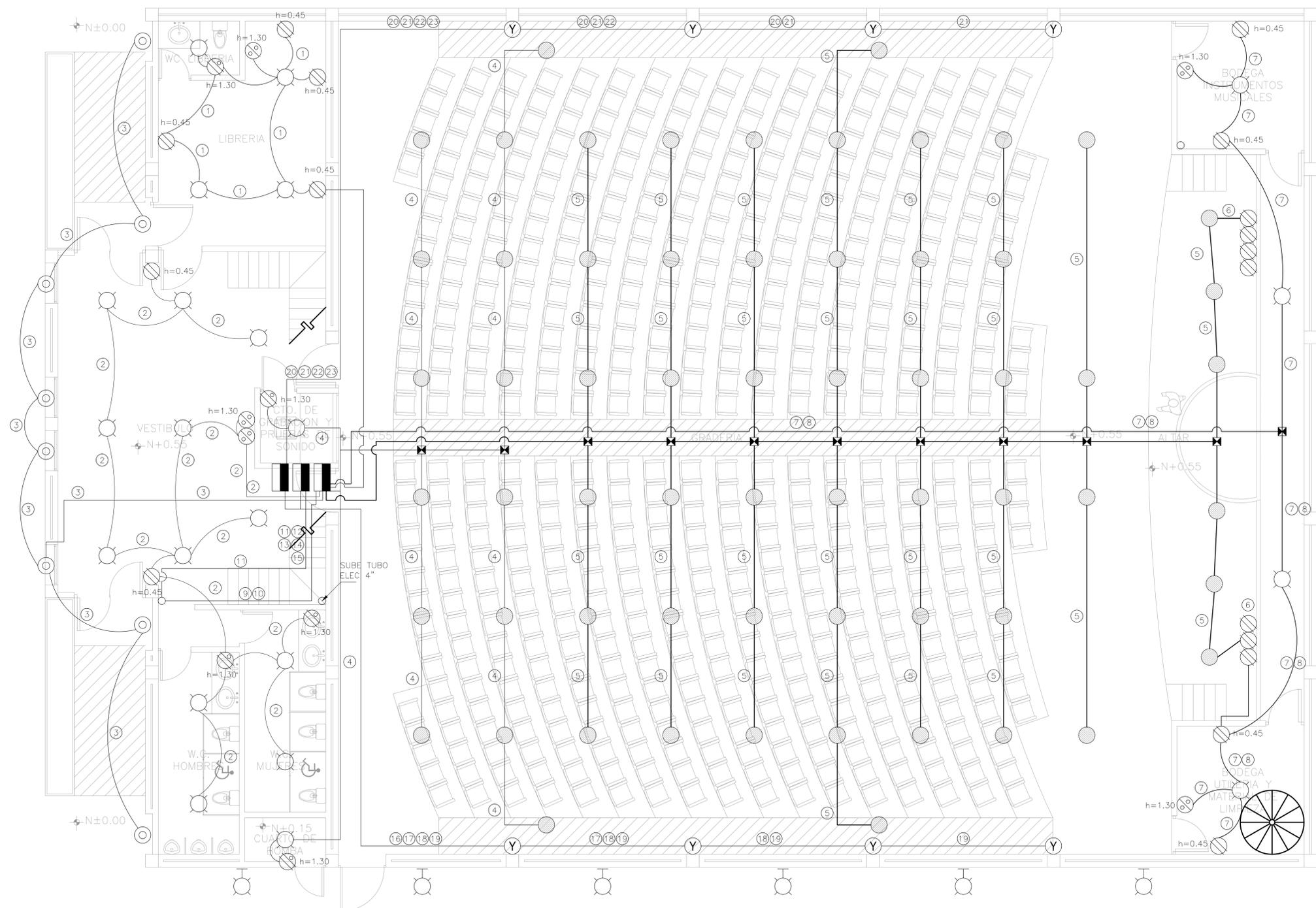
PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

NOTAS:

PLANO:

E-05



CONTENIDO:  
PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA  
PRIMER PLANTA

ESCALA: 1:125 UNIDADES: METROS ARCHIVO: E-00

FECHA: OCTUBRE - 2013 REVISADO POR: R.P.R.

PROYECTO: REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

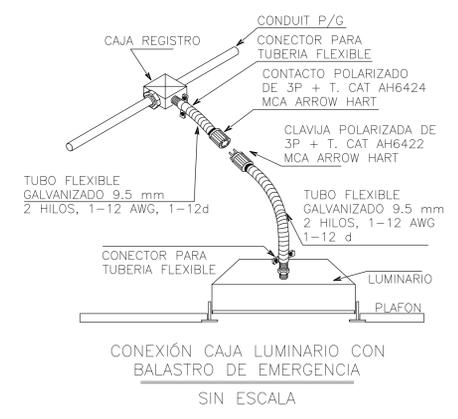
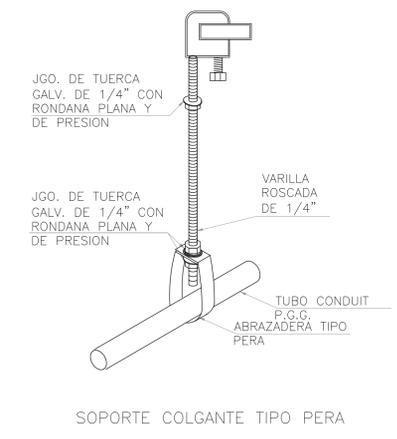
UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x, COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA. CROQUIS:

PROPIETARIO: IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

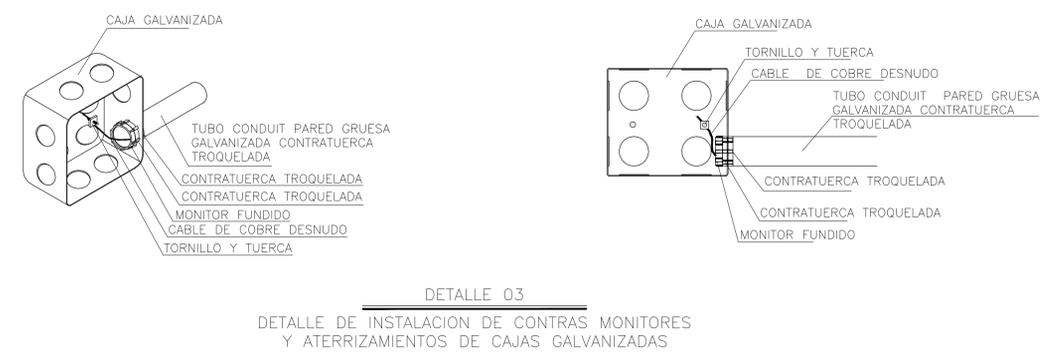
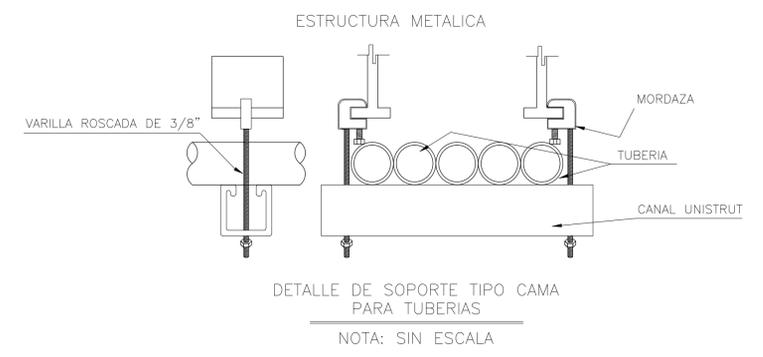
DISEÑO: R.P.R. DIBUJO: R.P.R.

NOTAS:

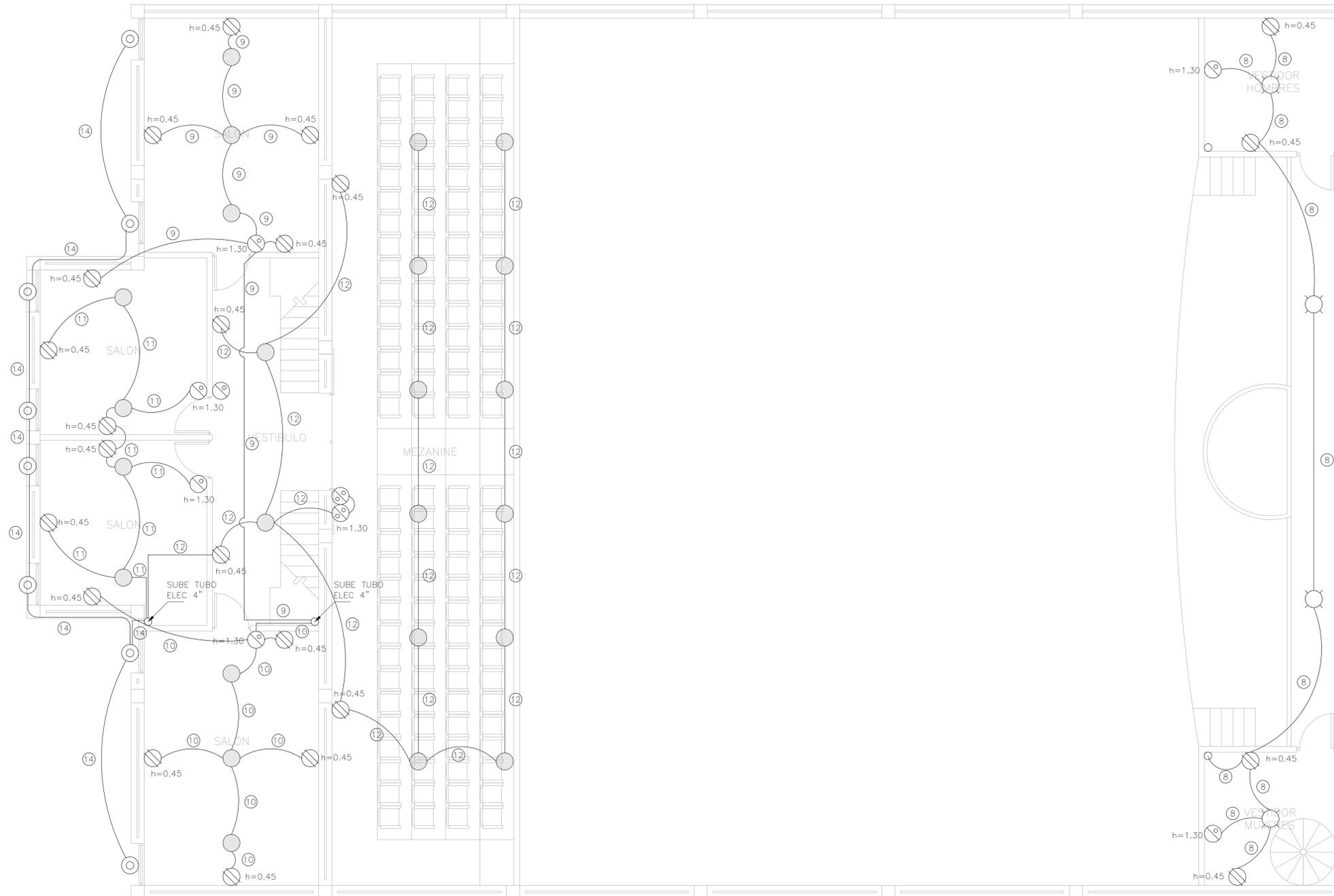
SIMBOLOGIA	
	PHILLIPS MASTER LED Retrofit PAR38 EN PISO
	GE IBERIA/E/LED ASY4/41 GRIS 150 SABLE AT-WM 65 WATTS DE CONSUMO
	GE ENERGY SMART A19 LED13DA19/830/TP 13 WATTS DE CONSUMO
	GE ENERGY SMART A19 LED13DA19/830/TP 13 WATTS DE CONSUMO
	APAGADOR SENCILLO
	APAGADOR DOBLE
	APAGADOR Y CONTACTO SENCILLO
	CONTACTO DOBLE
	EQUIPO A/C
	REGISTRO 4x4
	SOPORTERIA
	LINEA ELECTRICA POR MURO O LOSA PVC ELEC DIAMETRO INDICADO



PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA PRIMER PLANTA  
ESCALA 1:125

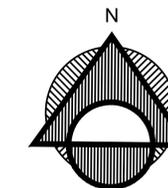


PLANO:  
**IE-01**



**PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA SEGUNDA PLANTA**  
**ESCALA 1:125**

NORTE:



CONTENIDO:  
**PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA  
 SEGUNDA PLANTA**

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: E-00
------------------	---------------------	------------------

FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.
--------------------------	-------------------------

PROYECTO:  
 REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION:  
 CALLE CAMPECHE ENTRE  
 REFORMA E IGNACIO ROMERO  
 #x, COL. SAN BENITO,  
 HERMOSILLO SONORA.

CROQUIS:

PROPIETARIO:  
 IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO:  
 R.P.R.

DIBUJO:  
 R.P.R.

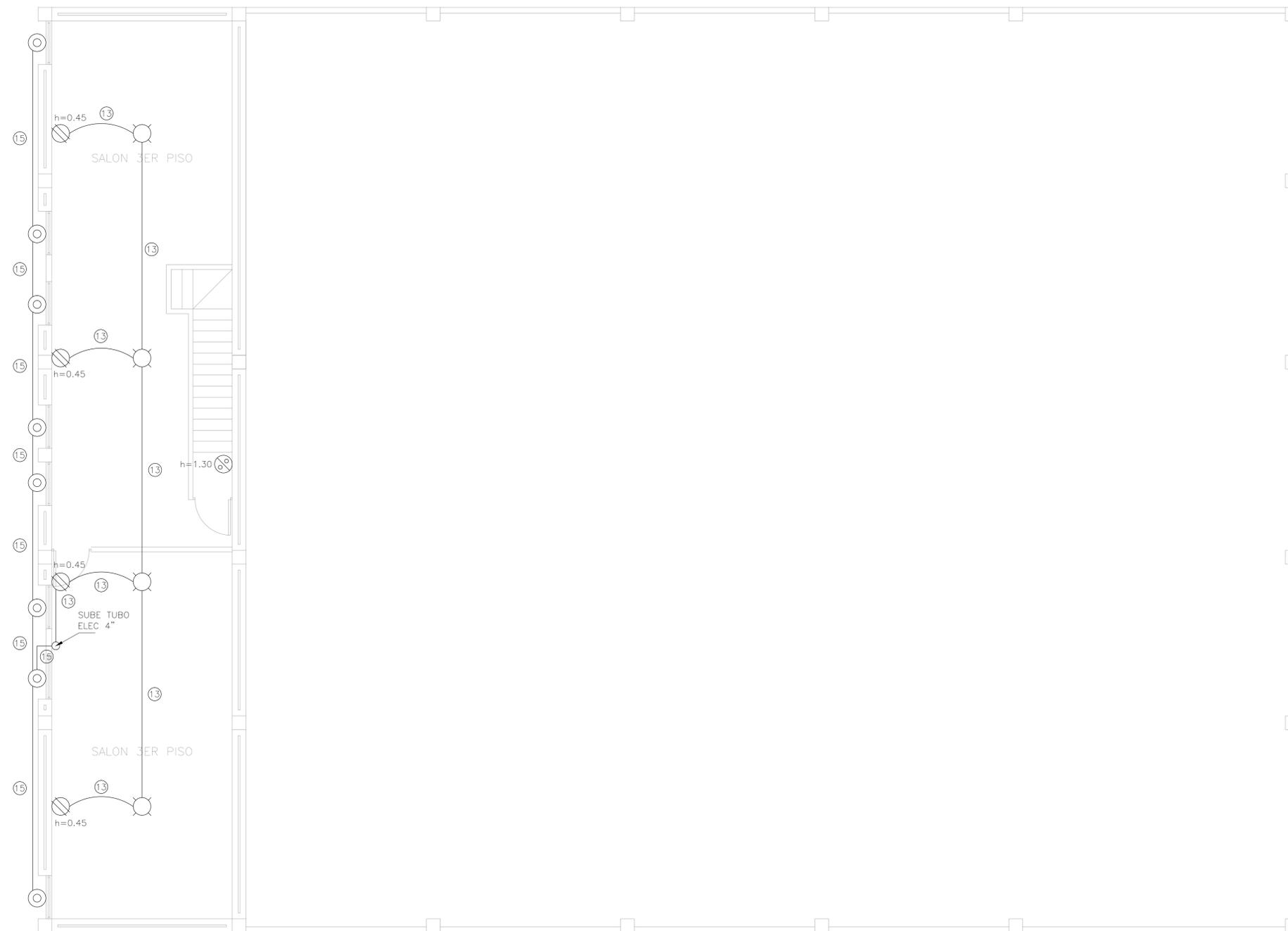
NOTAS:

SIMBOLOGIA

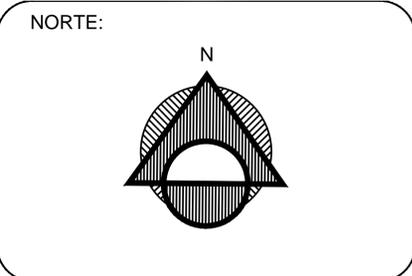
-  PHILLIPS MASTER LED Retrofit PAR38 EN PISO
-  GE IBERIA/E/LED ASY4/41 GRIS 150 SABLE AT-WM 65 WATTS DE CONSUMO
-  GE ENERGY SMART A19 LED13DA19/830/TP 13 WATTS DE CONSUMO
-  GE ENERGY SMART A19 LED13DA19/830/TP 13 WATTS DE CONSUMO
-  APAGADOR SENCILLO
-  APAGADOR DOBLE
-  APAGADOR Y CONTACTO SENCILLO
-  CONTACTO DOBLE
-  EQUIPO A/C
-  REGISTRO 4x4
-  SOPORTERIA
-  LINEA ELECTRICA POR MURO O LOSA PVC ELEC DIAMETRO INDICADO

PLANO:

**IE-02**



**PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA TERCER PLANTA**  
**ESCALA 1:125**



CONTENIDO:  
**PLANTA DE INSTALACION ELECTRICA  
 TERCER PLANTA**

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: E-00
------------------	---------------------	------------------

FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.
--------------------------	-------------------------

PROYECTO:  
 REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x, COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
--	----------

PROPIETARIO:  
 IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

NOTAS:

SIMBOLOGIA	
	PHILLIPS MASTER LED Retrofit PAR38 EN PISO
	GE IBERIA/E/LED ASY4/41 GRIS 150 SABLE AT-WM 65 WATTS DE CONSUMO
	GE ENERGY SMART A19 LED13DA19/830/TP 13 WATTS DE CONSUMO
	GE ENERGY SMART A19 LED13DA19/830/TP 13 WATTS DE CONSUMO
	APAGADOR SENCILLO
	APAGADOR DOBLE
	APAGADOR Y CONTACTO SENCILLO
	CONTACTO DOBLE
	EQUIPO A/C
	REGISTRO 4x4
	SOPORTERIA
	LINEA ELECTRICA POR MURO O LOSA PVC ELEC DIAMETRO INDICADO

PLANO:  
**IE-03**

CUADRO DE CARGAS

N° DE CIRCUITO	WATTS							WATTS TOTALES	AMPERES	INTERRUPTOR		CALIBRE CON.
	13 W	13 W	65 W	120 W	180 W	180 W	8625 W			POLOS	AMPERES	
1							952	7.93	1	10	12	
2		4					876	7.30	1	10	12	
3				8	2		960	8.00	1	10	12	
4		16	6		2		958	7.98	1	10	12	
5	48				2		984	8.20	1	10	12	
6					5		900	7.50	1	10	12	
7	4				5		952	7.93				
8	6				4		798	6.65	1	10	12	
9	3				5		939	7.82	1	10	12	
10	3				5		939	7.82	1	10	12	
11	4				4		772	6.43	1	10	12	
12	14				4		902	7.52	1	10	12	
13	4			8	4		772	6.43	1	10	12	
14				8			960	8.00	1	10	12	
15				8			960	8.00	1	10	12	
16						1	8625	37.5	1	40	8	
17						1	8625	37.5	1	40	8	
18						1	8625	37.5	1	40	8	
19						1	8625	37.5	1	40	8	
20						1	8625	37.5	1	40	8	
21						1	8625	37.5	1	40	8	
22						1	8625	37.5	1	40	8	
23						1	8625	37.5	1	40	8	
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
TOTALES:	86	32	6	24	5	44	82.624	320.85				

DIAGRAMA UNIFILAR PRINCIPAL

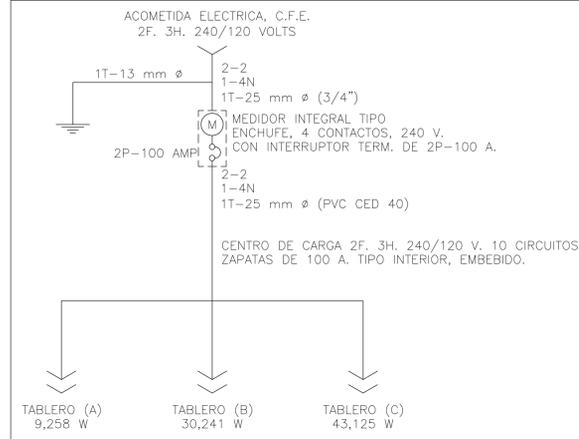


DIAGRAMA UNIFILAR TABLERO A (9,258 W)

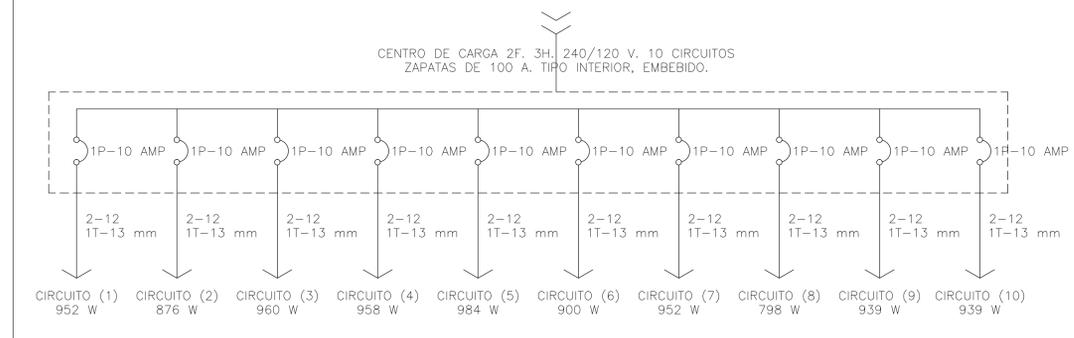


DIAGRAMA UNIFILAR TABLERO B (30,241 W)

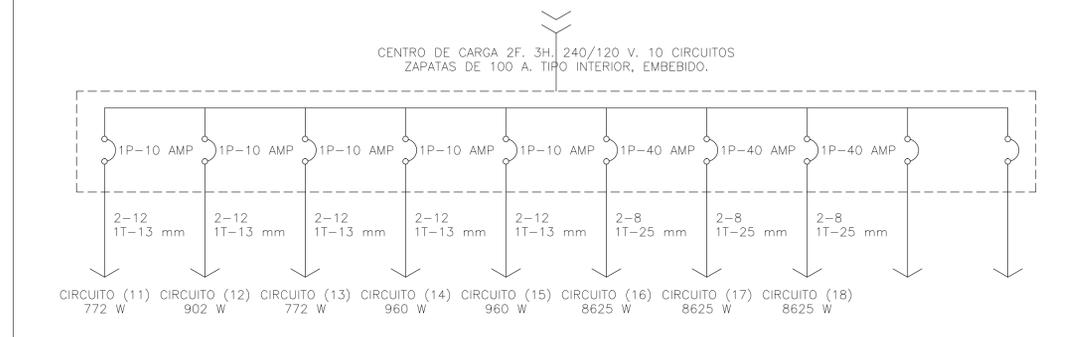
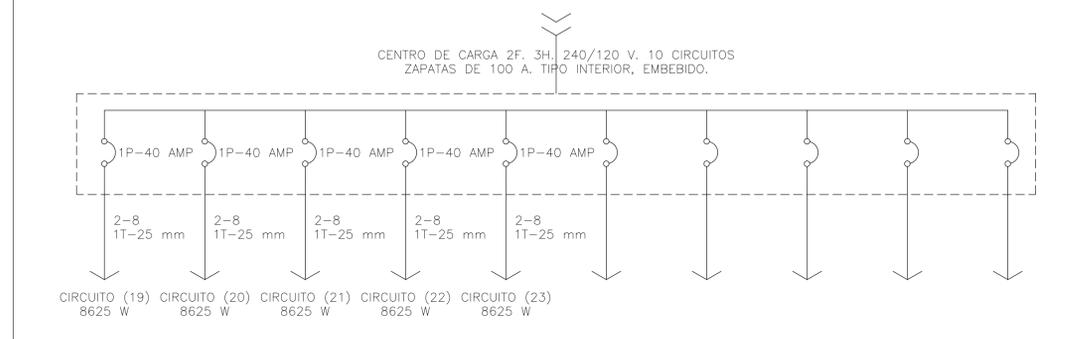
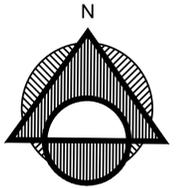


DIAGRAMA UNIFILAR TABLERO C (43,125 W)



NORTE:



CONTENIDO:  
CUADRO DE CARGAS & DIAGRAMA UNIFILAR

ESCALA: UNIDADES: ARCHIVO:  
1:125 METROS E-00

FECHA: REVISADO POR:  
OCTUBRE - 2013 R.P.R.

PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION:  
CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x, COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.

CROQUIS:

PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO:  
R.P.R.

DIBUJO:  
R.P.R.

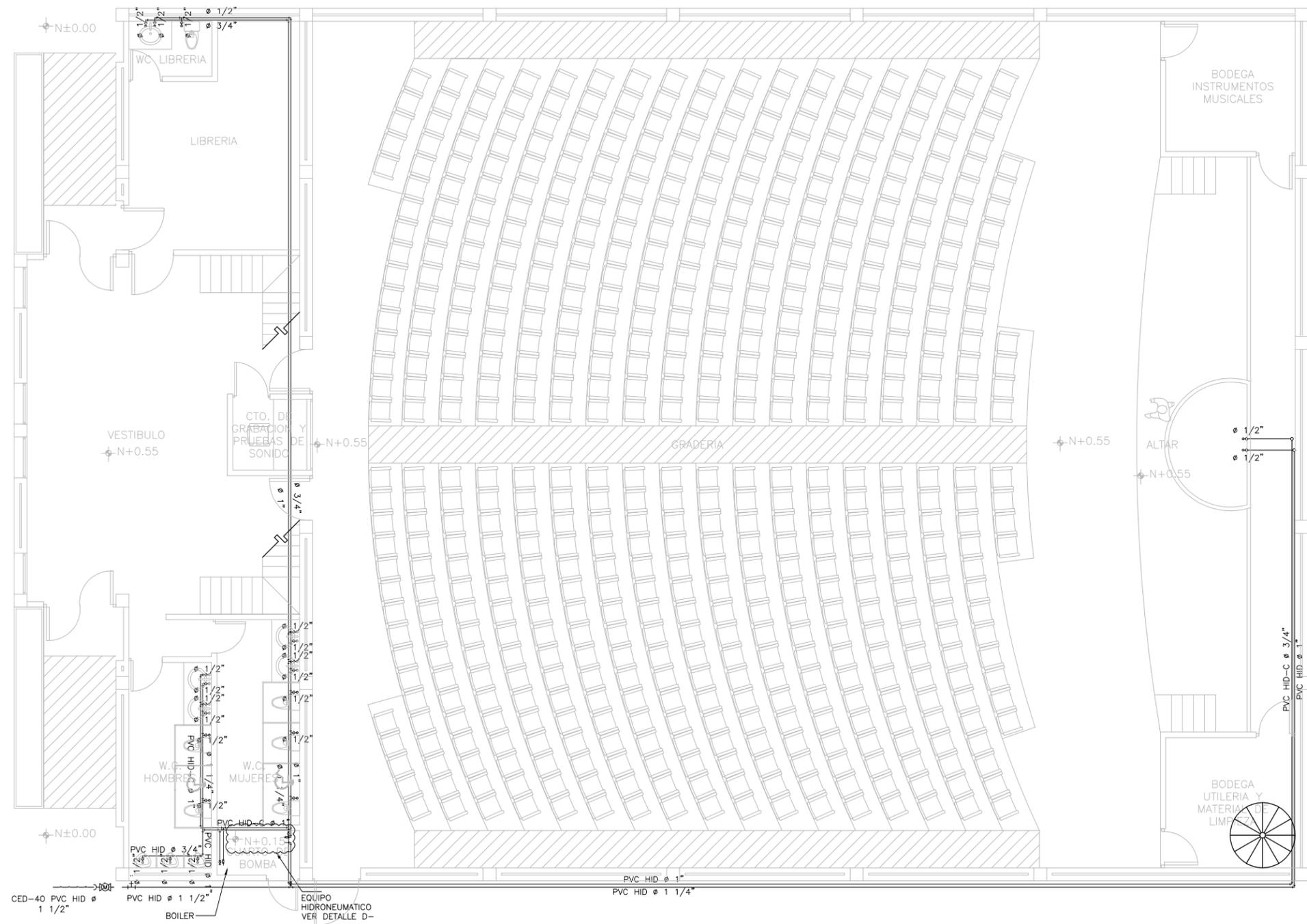
NOTAS:

SIMBOLOGIA

- PHILLIPS MASTER LED Retrofit PAR38 EN PISO
- GE IBERIA/E/LED ASY4/41 GRIS 150 SABLE AT-WM 65 WATTS DE CONSUMO
- GE ENERGY SMART A19 LED13DA19/830/TP 13 WATTS DE CONSUMO
- GE ENERGY SMART A19 LED13DA19/830/TP 13 WATTS DE CONSUMO
- APAGADOR SENCILLO
- APAGADOR DOBLE
- APAGADOR Y CONTACTO SENCILLO
- CONTACTO DOBLE
- EQUIPO A/C
- REGISTRO 4x4
- SOPORTERIA
- LINEA ELECTRICA POR MURO O LOSA PVC ELEC DIAMETRO INDICADO
- CENTRO DE CARGA 120V

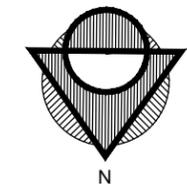
PLANO:

IE-04



**PLANTA DE INSTALACION HIDRAULICA**  
**ESCALA 1:125**

NORTE:



CONTENIDO:  
**PLANTA DE INSTALACION HIDRAULICA**

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: IHS-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
**REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO**

UBICACION:  
 CALLE CAMPECHE ENTRE  
 REFORMA E IGNACIO ROMERO  
 #x. COL. SAN BENITO,  
 HERMOSILLO SONORA.

PROPIETARIO:  
 IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

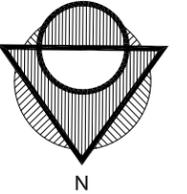
NOTAS:

SIMBOLOGIA	
	LINEA MUNICIPAL
	LINEA AGUA FRIA
	CODO 90° - DIAMETRO INDICADO
	TEE 90° - DIAMETRO INDICADO
	SALIDA DE AGUA - DIAMETRO INDICADO
	LLAVE DE GLOBO - DIAMETRO INDICADO
	CAMBIO DE NIVEL EN TUBERIA
	LLAVE DE JARDIN
	MEDIDOR

PLANO:

**IHS-01**

NORTE:



CONTENIDO:  
PLANTA DE INSTALACION SANITARIA

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: IHS-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

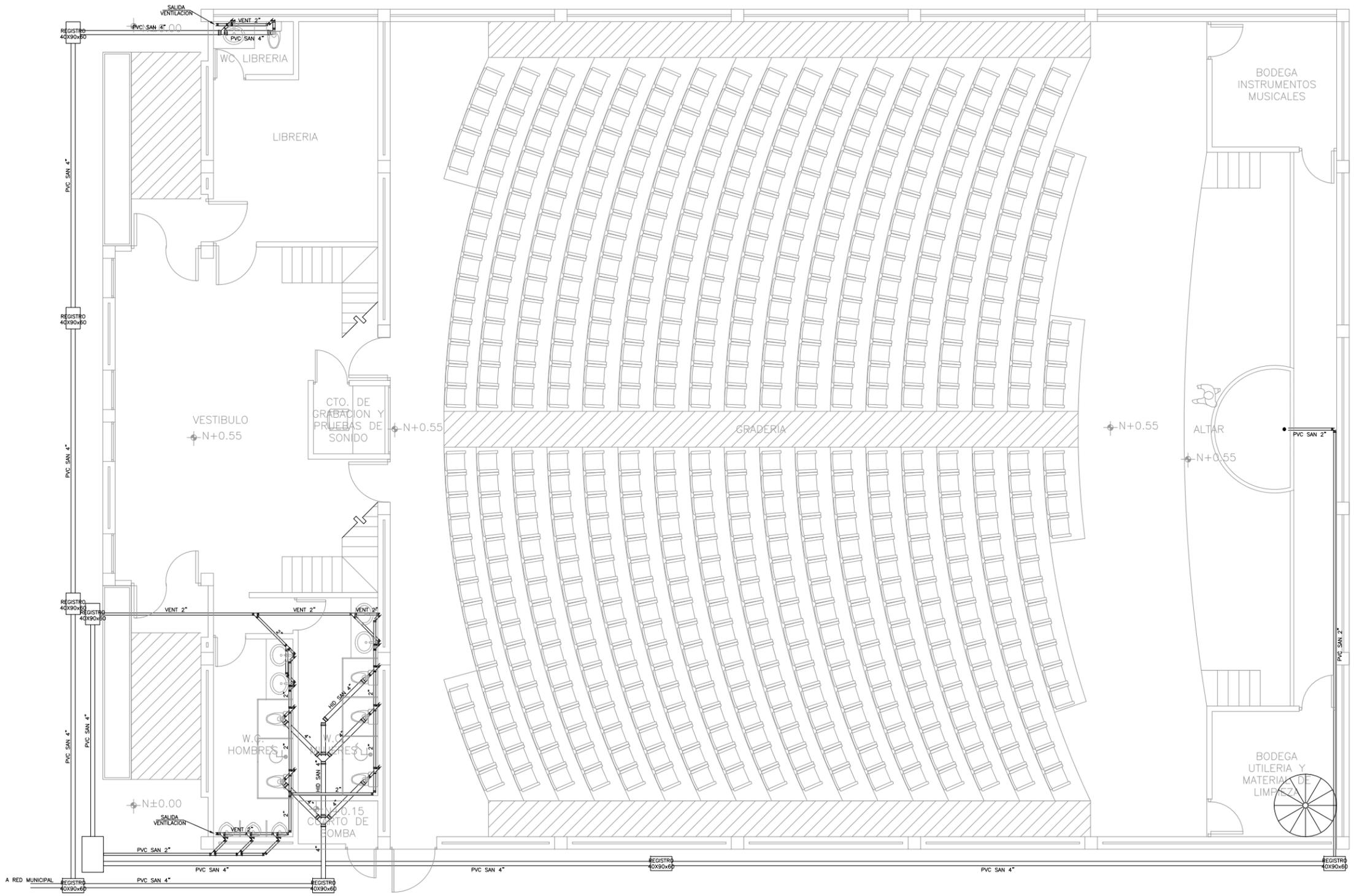
PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x, COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
--	----------

PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

NOTAS:



SIMBOLOGIA

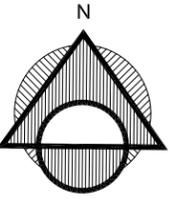
- TUBERIA SANITARIA  $\phi$  2"
- TUBERIA SANITARIA  $\phi$  4"
- CODO  $\phi$  2" - 45°
- CODO  $\phi$  2" - 90°
- CODO  $\phi$  4" C/ SALIDA RECTA
- CODO  $\phi$  4" C/ SALIDA A 90°
- YEE  $\phi$  2"
- YEE  $\phi$  4" REDUCIDA A  $\phi$  2"
- YEE DOBLE  $\phi$  4" REDUCIDA A  $\phi$  2"
- TEE  $\phi$  2"
- REDUCCION  $\phi$  4"-2"
- COLADERA
- PVC SANITARIO 4" $\phi$
- PVC SANITARIO 6" $\phi$
- REGISTRO SANITARIO 60x40x60 CMS.

**PLANTA DE INSTALACION SANITARIA**  
**ESCALA 1:125**

PLANO:

**IHS-02**

NORTE:



CONTENIDO:  
ISOMETRICO DE INSTALACION HIDRAULICA

ESCALA: 1:150	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: IHS-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
--	----------

PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

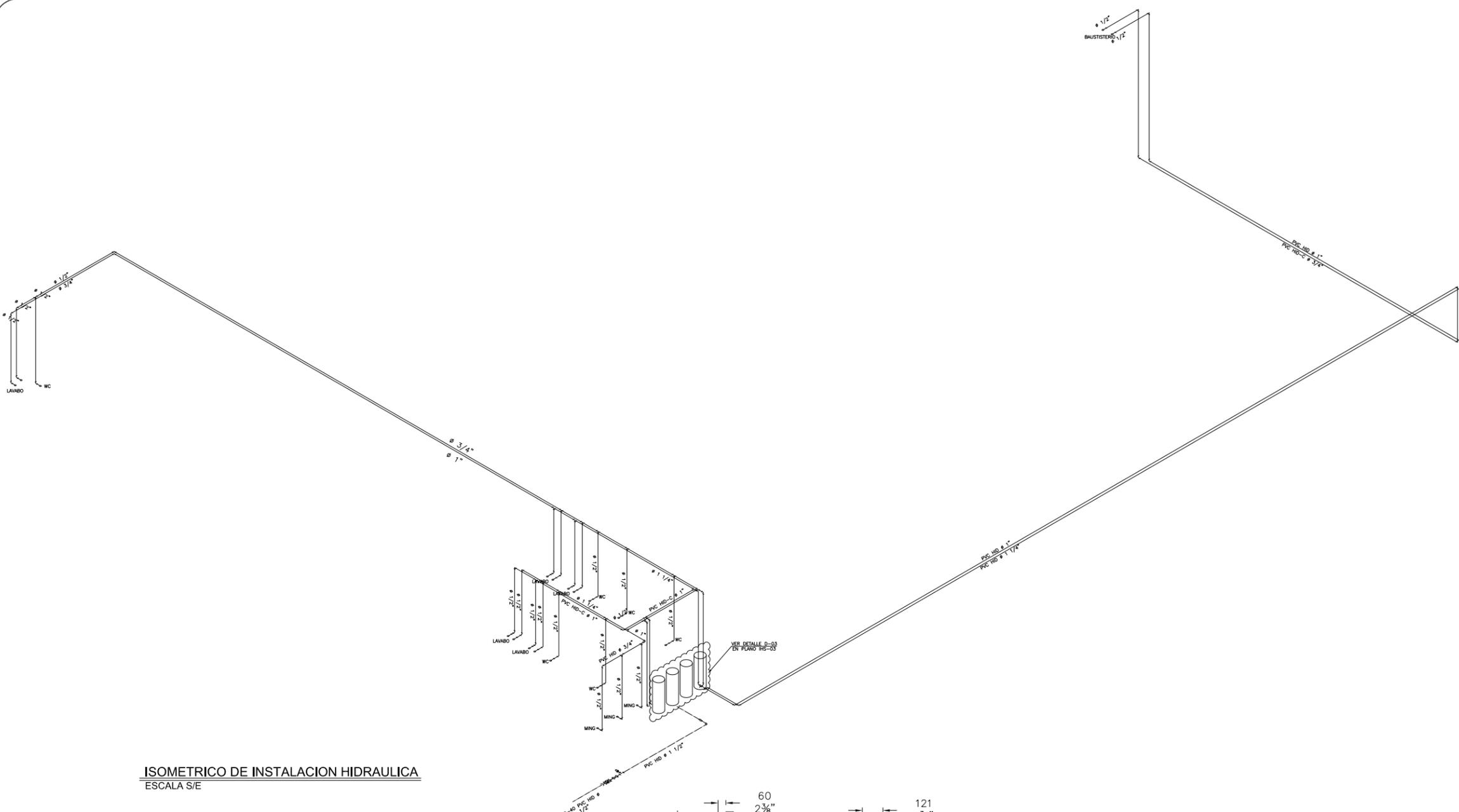
NOTAS:

TABLA DE EQUIPO HIDRAULICO

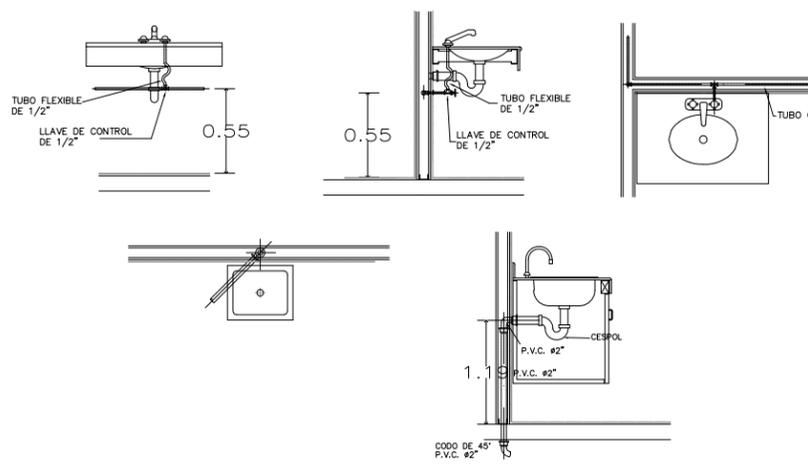
N°	DESCRIPCION	REQ ELEC (W)
01	BOMBA HIDRONEUMATICA	1500
02	CALENTADOR	—
03a	SUAIVIZADOR	110
03b	TANQUE DE SALMUERA	—
04	FILTRO	—
05	TANQUE HIDRONEUMATICO AF	360

PLANO:

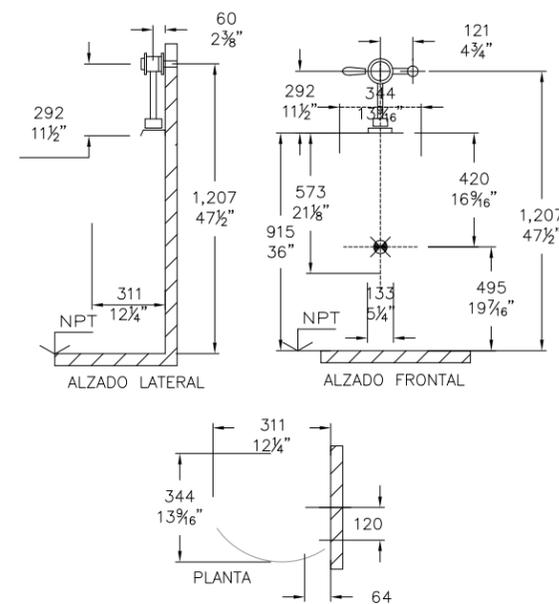
# IHS-03



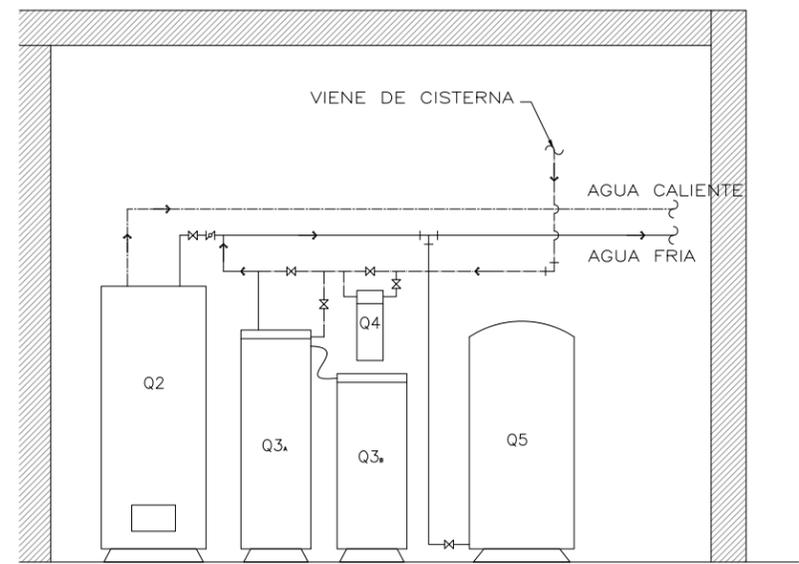
ISOMETRICO DE INSTALACION HIDRAULICA  
ESCALA S/E



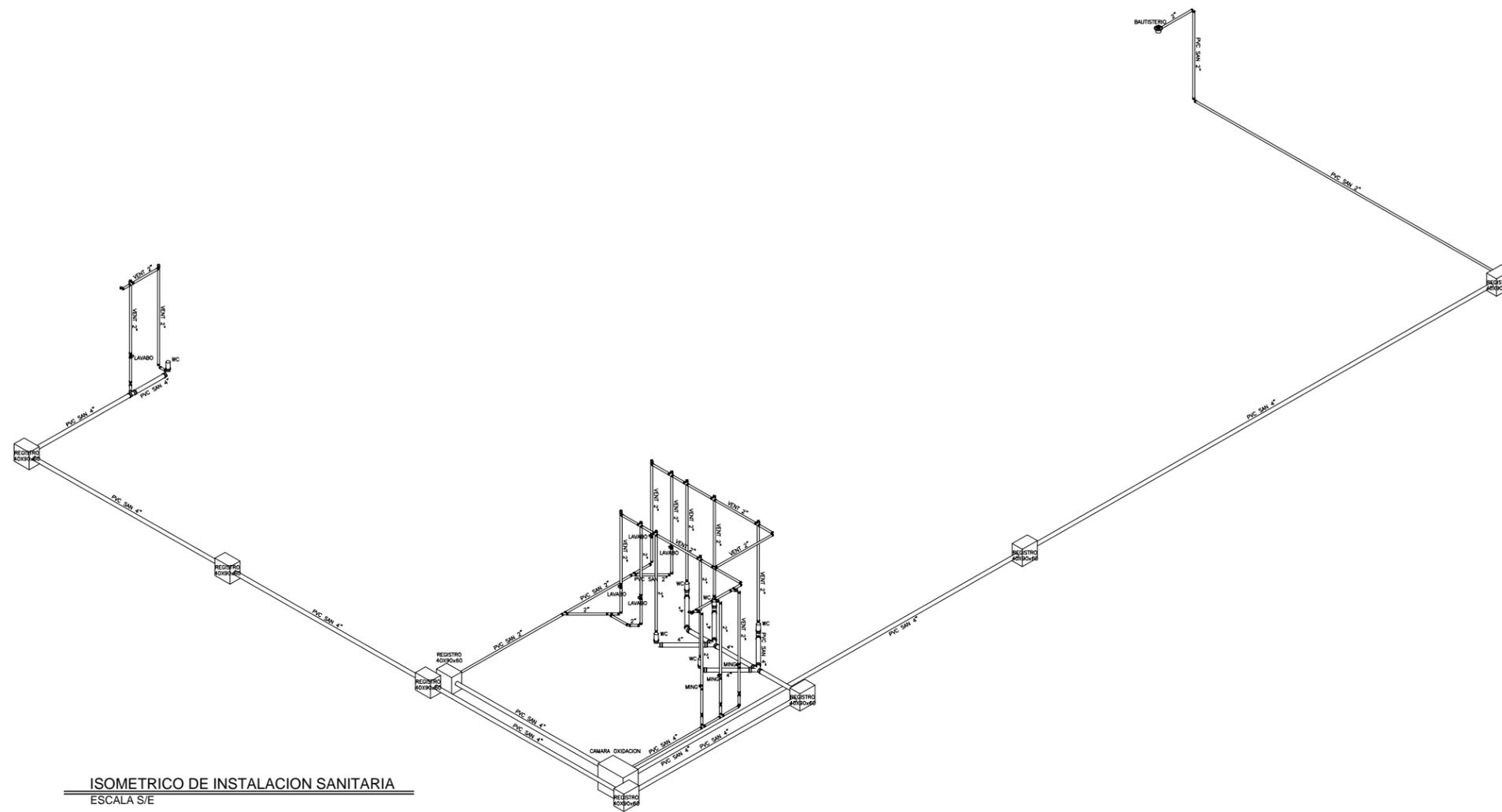
D-01 DETALLE INSTALACION DE LAVABO  
ESCALA S/E



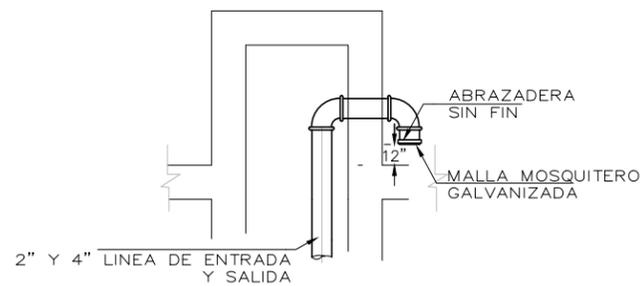
D-02 DETALLE INSTALACION DE MINGITORIO  
ESCALA S/E



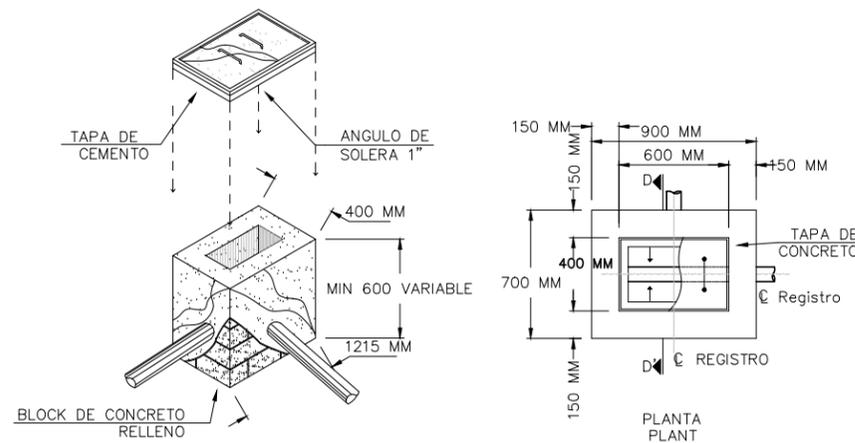
D-03 DETALLE DE EQUIPO HIDRONEUMATICO  
ESCALA S/E



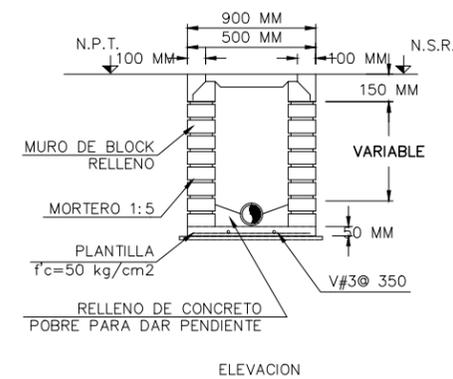
**ISOMETRICO DE INSTALACION SANITARIA**  
ESCALA S/E



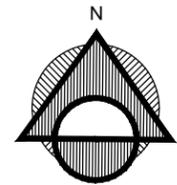
**D-01 DETALLE SALIDA DE VENTILA**  
ESCALA S/E



**D-02 DETALLE DE REGISTRO SANITARIO**  
ESCALA S/E



NORTE:



CONTENIDO:  
ISOMETRICO DE INSTALACION SANITARIA & DETALLES

ESCALA: 1:150 UNIDADES: METROS ARCHIVO: IHS-00

FECHA: OCTUBRE - 2013 REVISADO POR: R.P.R.

PROYECTO:  
REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CROQUIS:  
CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.

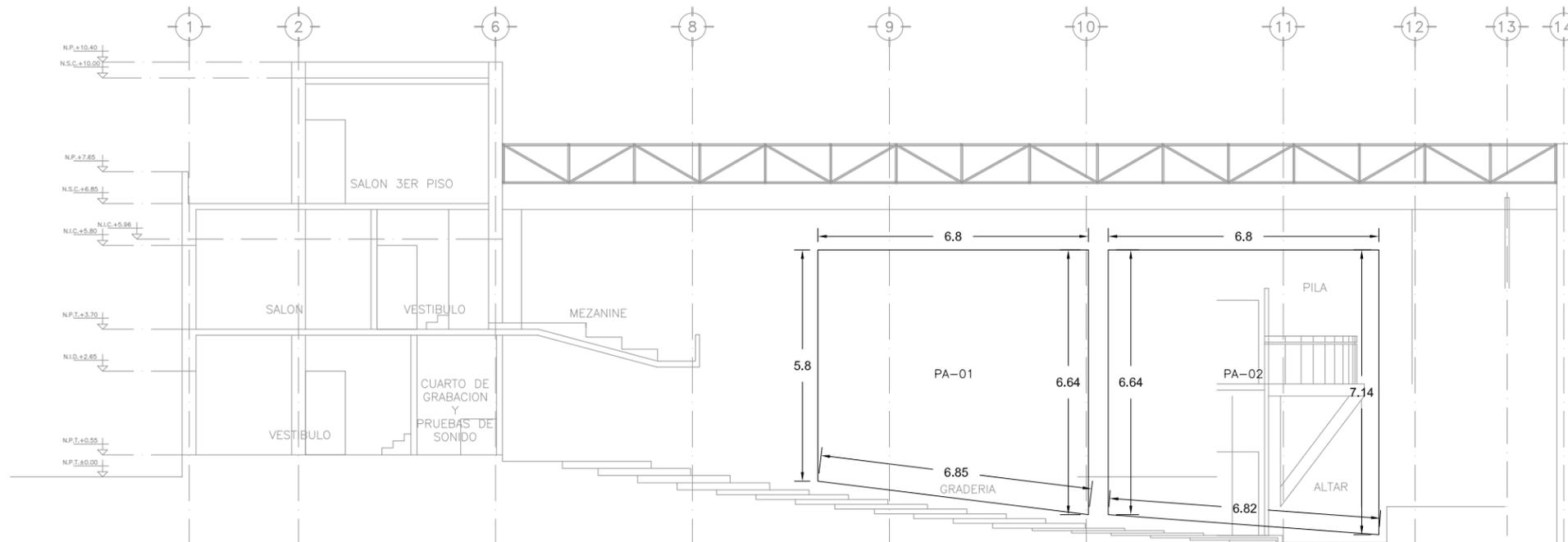
PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R. DIBUJO: R.P.R.

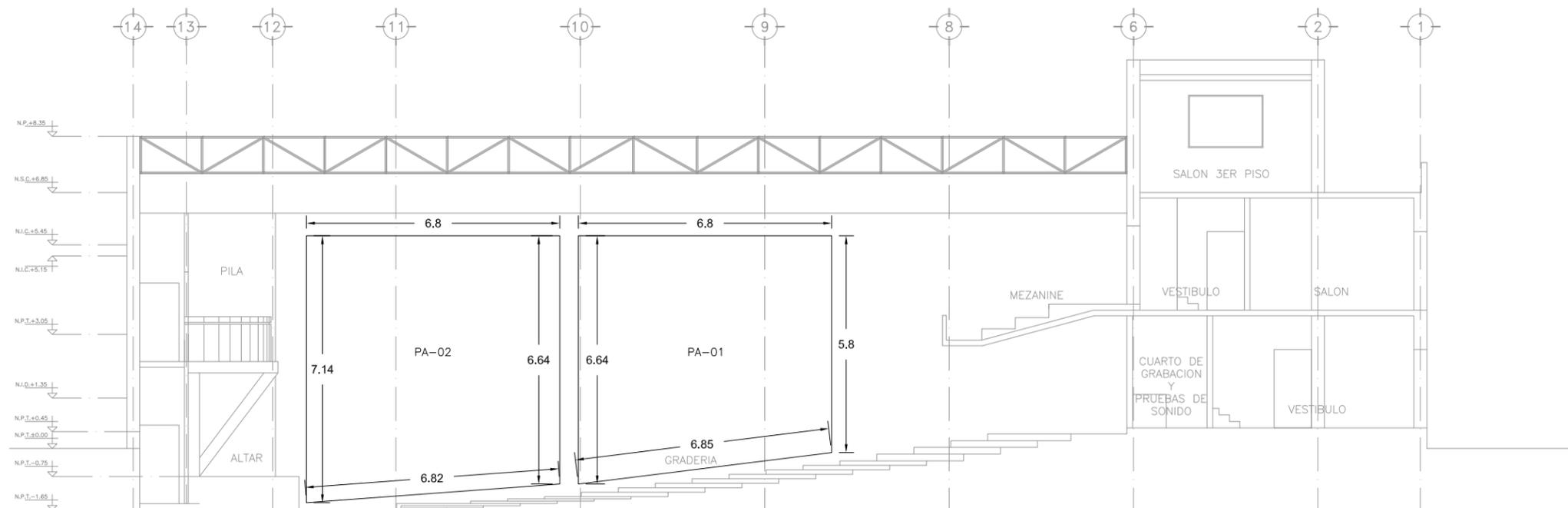
NOTAS:

PLANO:

**IHS-04**

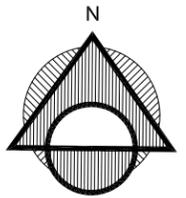


**COLOCACION PANEL ACUSTICO CORTE A-A'**  
**ESCALA 1:150**



**COLOCACION PANEL ACUSTICO CORTE B-B'**  
**ESCALA 1:150**

NORTE:



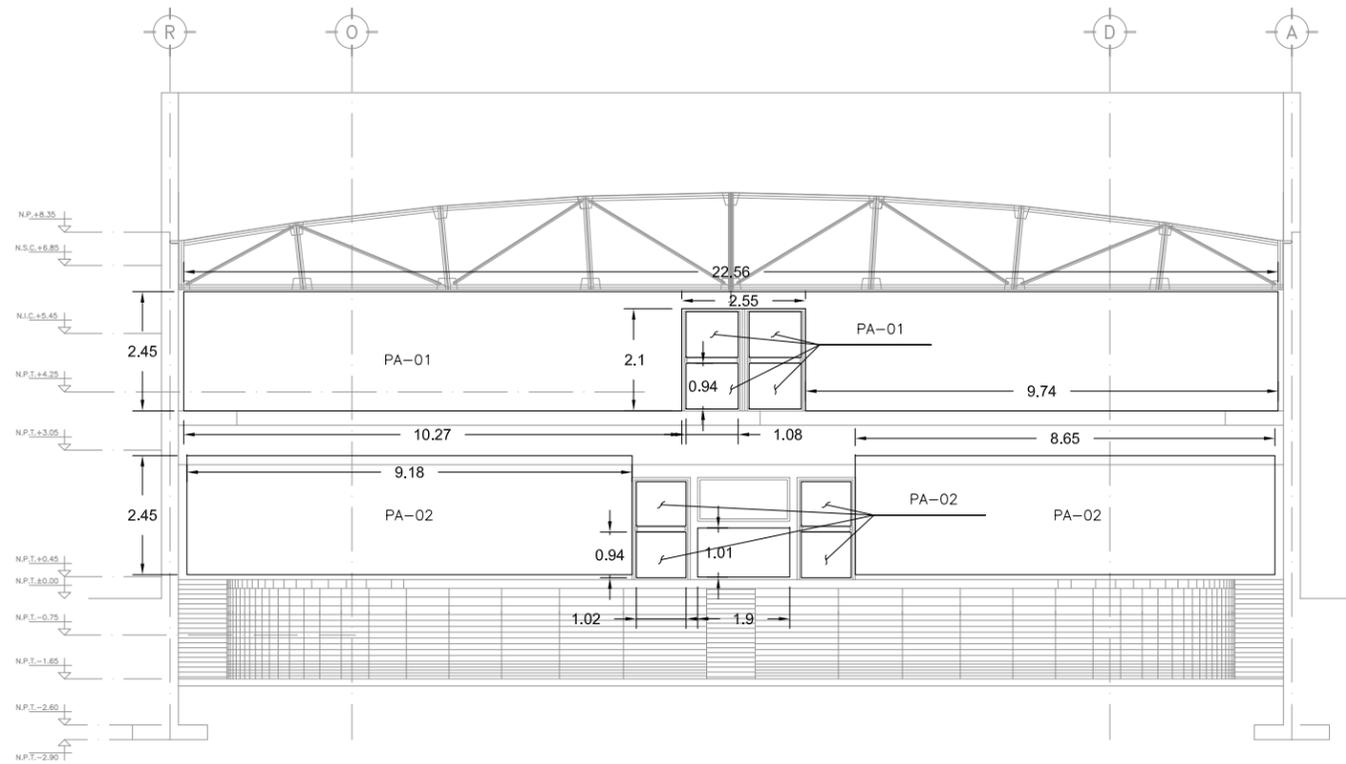
CONTENIDO: DETALLE DE COLOCACION DE PANELES ACUSTICOS LONGITUDINALES		
ESCALA: 1:150	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: PA-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO: REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO	
UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x, COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
PROPIETARIO: IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.	
DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.

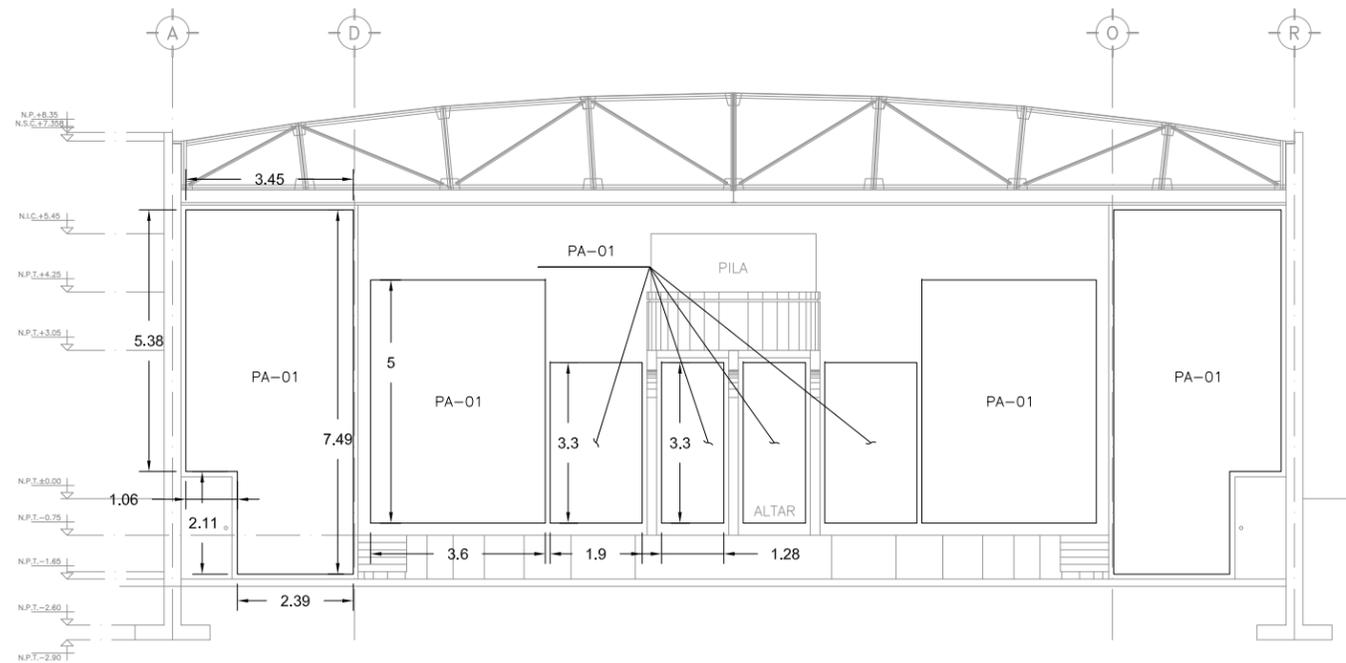
NOTAS:

PLANO:

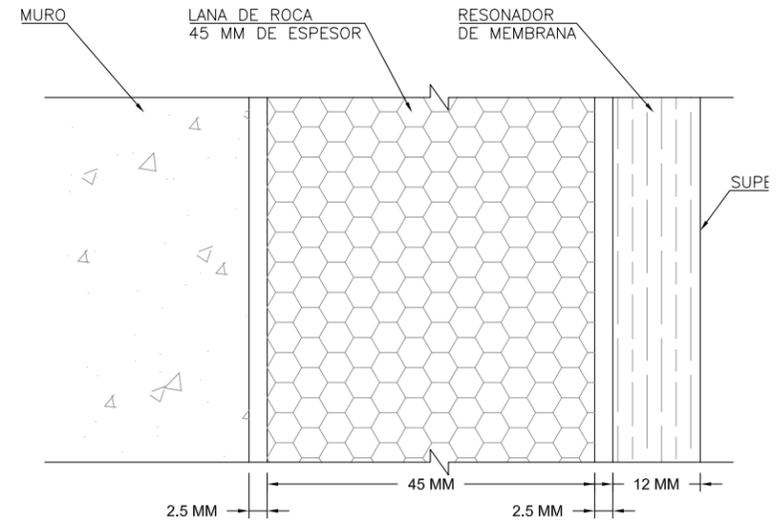
**PA-01**



**COLOCACION PANEL ACUSTICO CORTE C-C'**  
ESCALA 1:150

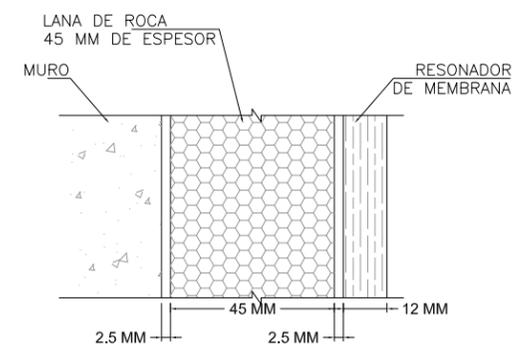


**COLOCACION PANEL ACUSTICO CORTE D-D'**  
ESCALA 1:150

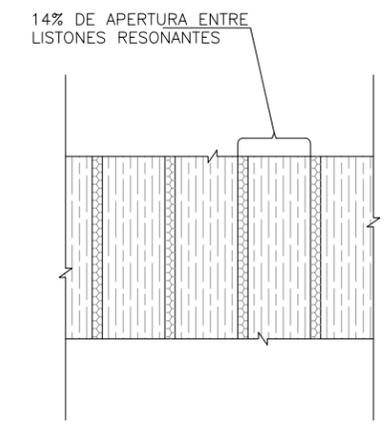


CORTE TRANSVERSAL

**DETALLE PA-01 DE RESONADOR MULTIPLE**  
ESCALA S/E

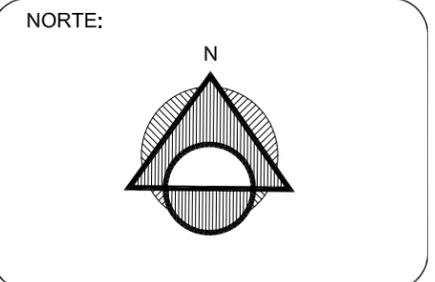


CORTE TRANSVERSAL



VISTA FRONTAL

**DETALLE PA-02 DE RESONADOR HELMHOLTZ**  
ESCALA S/E



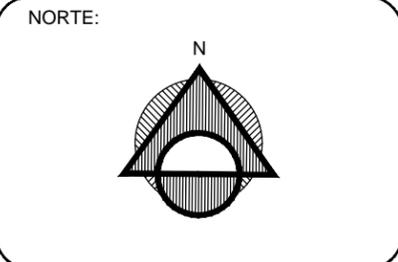
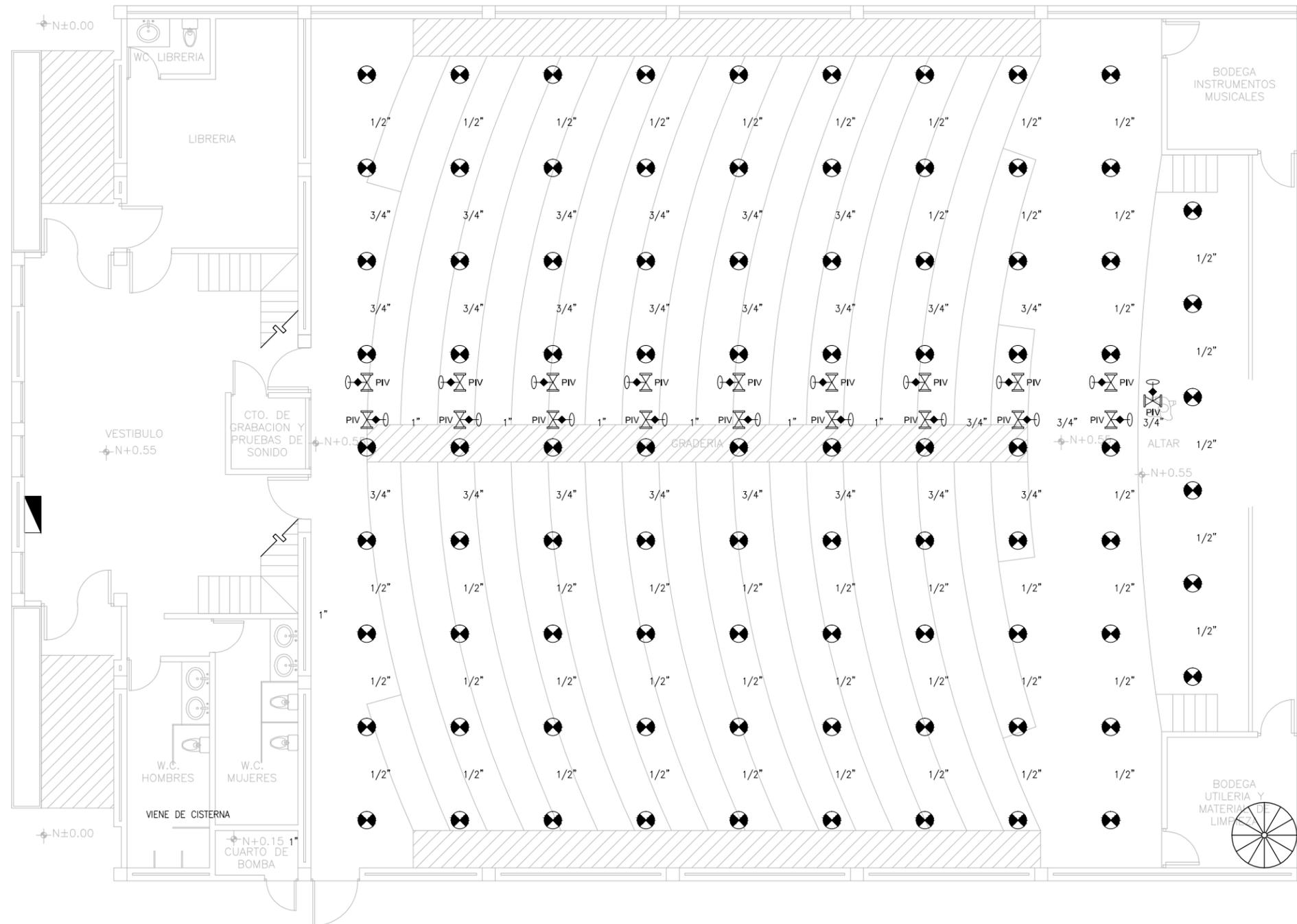
CONTENIDO: <b>DETALLE DE COLOCACION DE PANELES ACUSTICOS TRANSVERSALES</b>		
ESCALA: 1:150	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: PA-00
FECHA: OCTUBRE - 2013		REVISADO POR: R.P.R.

PROYECTO: REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO	
UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x, COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:

PROPIETARIO: IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.	
DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.

NOTAS:

PLANO:  
**PA-02**



CONTENIDO:  
**PLANTA DE ROCIADORES SISTEMA  
 CONTRA INCENDIOS**

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: SCI-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
 REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
--	----------

PROPIETARIO:  
 IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

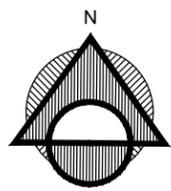
DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

NOTAS:

PLANO:  
**SCI-01**

**PLANTA DE ROCIADORES SISTEMA CONTRA INCENDIOS**  
 ESCALA 1:125

NORTE:



CONTENIDO:  
PLANTA DE PUNTOS DE REUNION Y  
TOMA DE BOMBEROS

ESCALA: 1:125 UNIDADES: METROS ARCHIVO: SCI-00

FECHA: OCTUBRE - 2013 REVISADO POR: R.P.R.

PROYECTO:  
REMDELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA. CROQUIS:

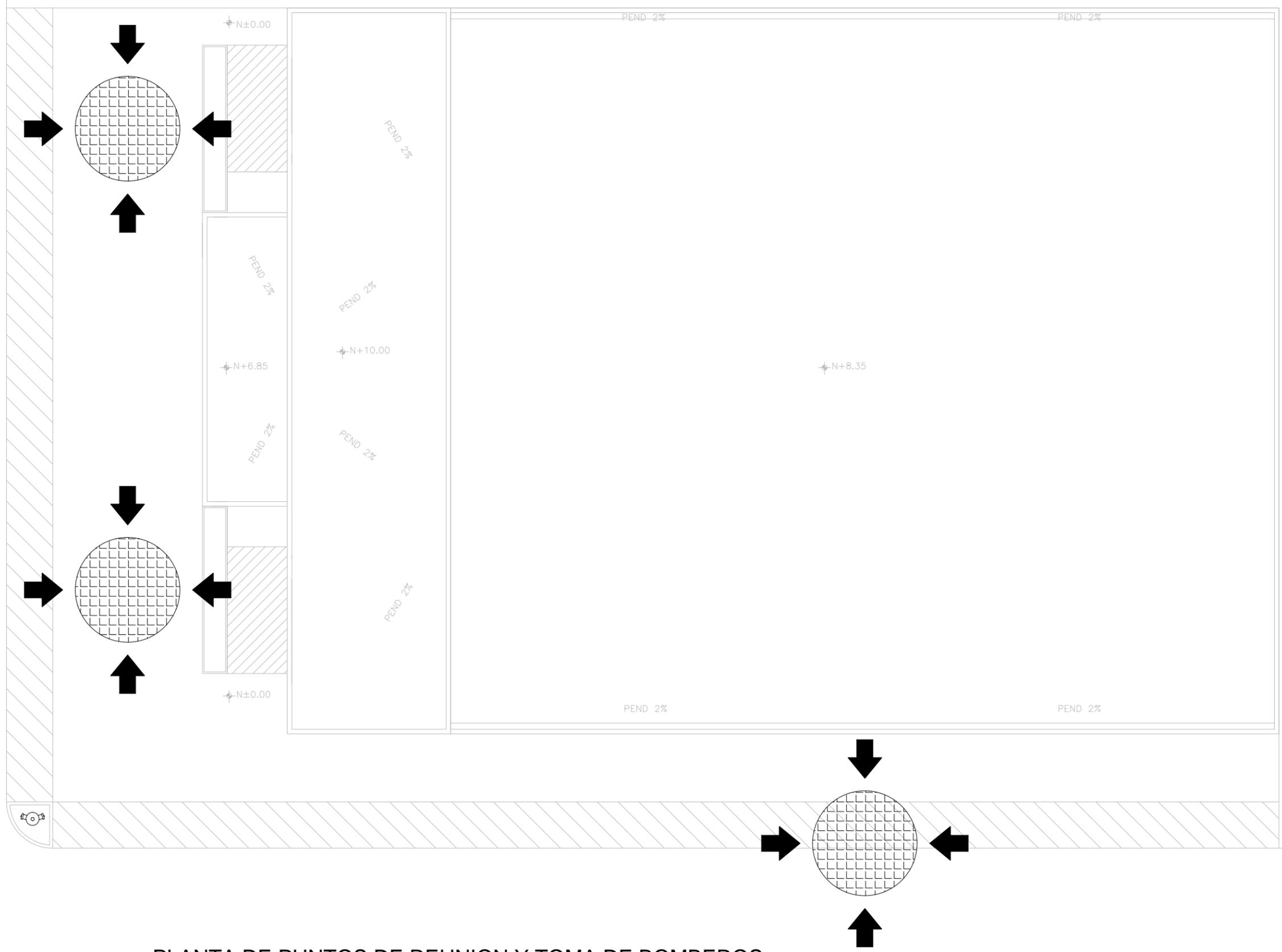
PROPIETARIO:  
IGLESIA APOSTOLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R. DIBUJO: R.P.R.

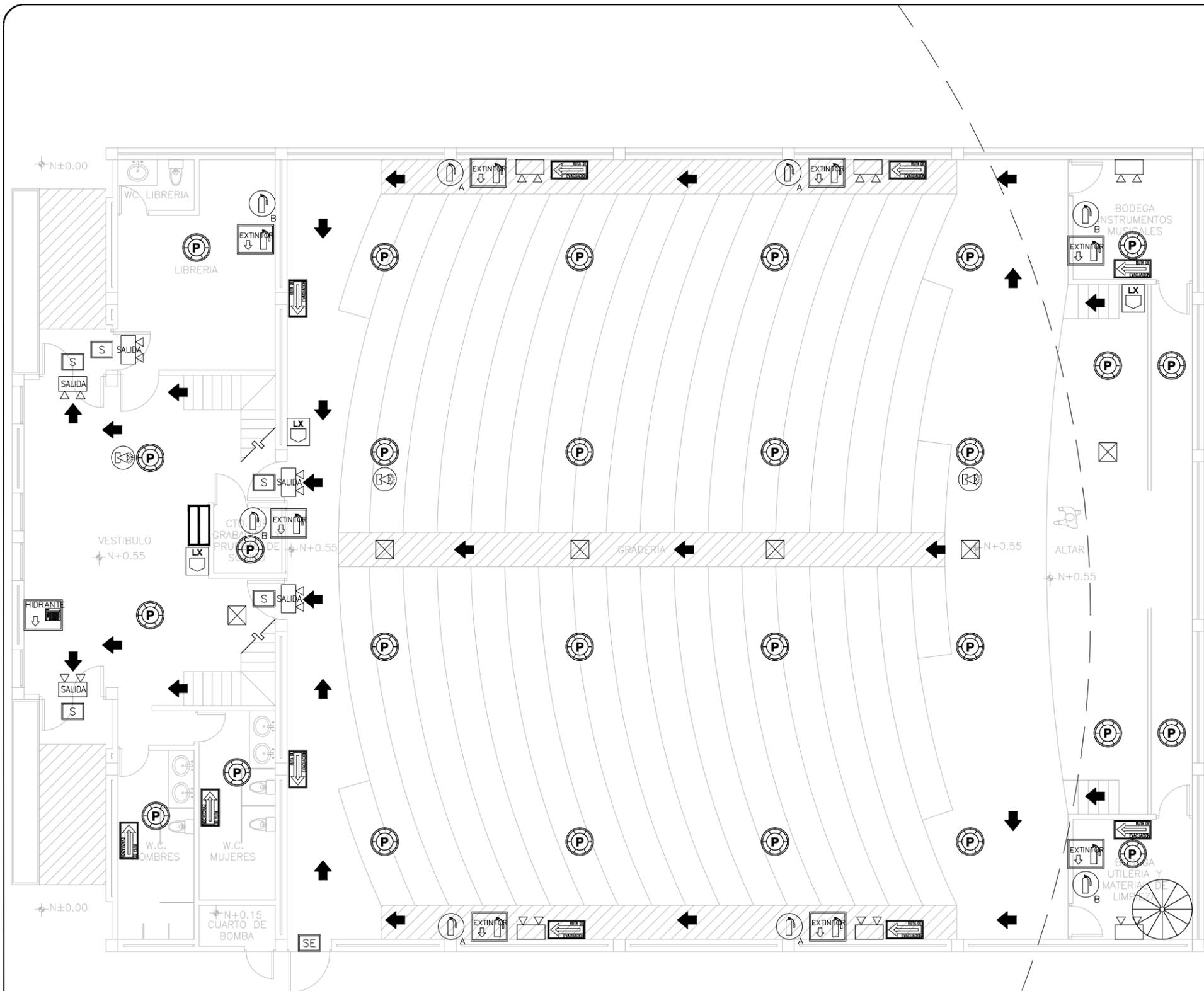
NOTAS:

PLANO:

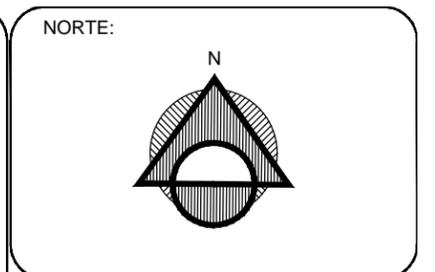
SCI-02



**PLANTA DE PUNTOS DE REUNION Y TOMA DE BOMBEROS**  
ESCALA 1:125



SIMBOLOGIA	
	DETECTOR DE HUMO FOTOELECTRICO INTELIGENTE MARCA NOTIFIER MODELO FSP-751
	ESTACION MANUAL DE ACTIVACION DE ALARMA NOTIFIER NBG-12LX
	CANALIZACION DE TUBO CONDUIT 3/4 PARED DELGADA
	TABLERO CONTROL NOTIFIER ONYX NFS 3030, CON BATERIAS (2) PS-1270
	FUENTE DE PODER AMPS-24
	BOCINA STROBO MARCA PECTROLERT PC 2475
	CAJA ELECTRICA 4X4
	DETECTOR DE FLUJO NOTIFIER WFD40 PARA TUBO DE 4"
	MODULO MONITOR NOTIFIER FMM-1
	SEÑALAMIENTO DE SALIDA APEGADO A LA NORMA NOM/026/STPS
	SEÑALAMIENTO DE SALIDA APEGADO A LA NORMA NOM/026/STPS
	HIDRANTE DE BANQUETA
	EXTINGUIDOR A BASE DE BIOXIDO DE CARBONO TIPO ABC. CAPACIDAD DE CARGA 10 LBS.
	EXTINGUIDOR A BASE DE POLVO QUIMICO SECO TIPO ABC. CAPACIDAD DE CARGA 10 LBS.
	SEÑALAMIENTO DE RUTA DE EVACUACION APEGADO A LA NORMA NOM/026/STPS
	SEÑALAMIENTO DE EXTINGUIDOR APEGADO A LA NORMA NOM/026/STPS UBICAR A UNA ALTURA MAX DE 3.00m SOBRE NIVEL DE PISO TERMINADO SOBRE EXTINGUIDOR
	SEÑALAMIENTO DE HIDRANTE APEGADO A LA NORMA NOM/026/STPS UBICAR A UNA ALTURA MAX DE 3.00m SOBRE NIVEL DE PISO TERMINADO SOBRE EXTINGUIDOR
	LUMINARIA DE EMERGENCIA MARCA LITHONIA, 120 V, CON 2 LAMPARAS DE 8 W HALÓGENO, BATERIA DE RESPALDO DE 90 MINUTOS, CATALOGO 6ELM2-H.
	LUMINARIA DE EMERGENCIA MCA LITHONIA, CON INDICADOR DE SALIDA ROJO CON BLANCO 120 V, CON BATERIA DE RESPALDO DE 90 MINUTOS, CAT. No. LQMSW-3R-120/277-ELN-SALIDA.
	ROTULO CON LEYENDA DE "QUE HACER EN CASO DE SISMO O INCENDIO". (DE VENTA EN ESTABLECIMIENTOS PROVEEDORES DE EQUIPO DE SEGURIDAD)



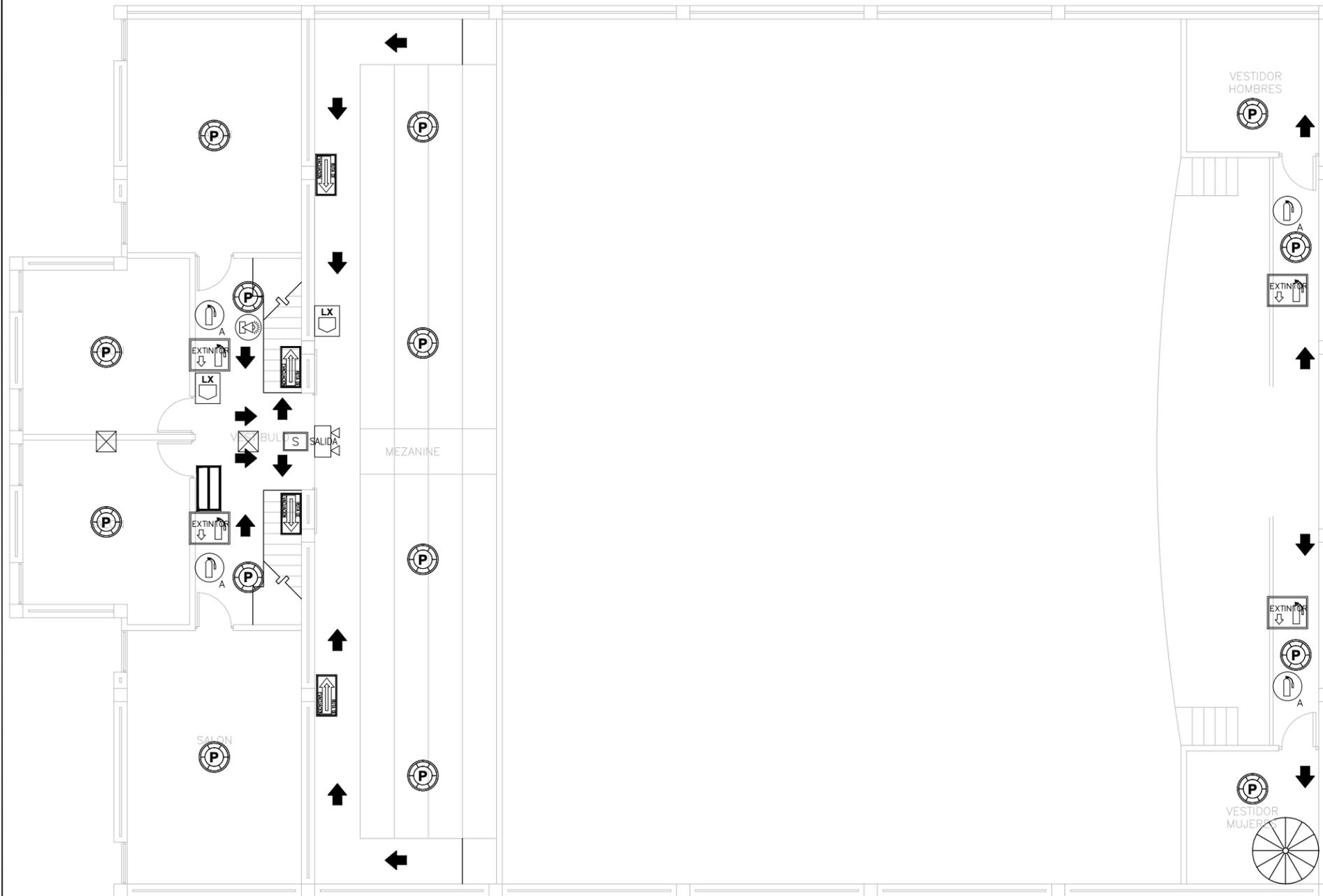
CONTENIDO:  
**PLANTA DE ALARMAS Y SEÑALIZACIÓN PRIMER PLANTA**  
 ESCALA: 1:125 UNIDADES: METROS ARCHIVO: SCI-00  
 FECHA: OCTUBRE - 2013 REVISADO POR: R.P.R.

PROYECTO:  
 REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO  
 UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA. CROQUIS:  
 PROPIETARIO: IGLESIA APOSTÓLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.  
 DISEÑO: R.P.R. DIBUJO: R.P.R.

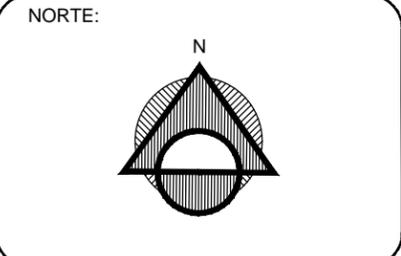
NOTAS:

PLANO:  
**SCI-03**

**PLANTA DE ALARMAS Y SEÑALIZACIÓN PRIMER PLANTA**  
 ESCALA 1:125



SIMBOLOGIA	
	DETECTOR DE HUMO FOTOELECTRICO INTELIGENTE MARCA NOTIFIER MODELO FSP-751
	ESTACION MANUAL DE ACTIVACION DE ALARMA NOTIFIER NBG-12LX
	CANALIZACION DE TUBO CONDUIT 1/2 PARED DELGADA
	TABLERO CONTROL NOTIFIER ONYX NFS 3030, CON BATERIAS (2) PS-1270
	FUENTE DE PODER AMPS-24
	BOCINA STROBO MARCA PECTROLERT PC 2475
	CAJA ELECTRICA 4X4
	DETECTOR DE FLUJO NOTIFIER WFD40 PARA TUBO DE 4"
	MODULO MONITOR NOTIFIER FMM-1
	EXTINGUIDOR A BASE DE BIOXIDO DE CARBONO TIPO ABC. CAPACIDAD DE CARGA 10 LBS.
	SEÑALAMIENTO DE RUTA DE EVACUACION APEGADO A LA NORMA NOM/026/STPS
	SEÑALAMIENTO DE EXTINGUIDOR APEGADO A LA NORMA NOM/026/STPS UBICAR A UNA ALTURA MAX DE 3.00m SOBRE NIVEL DE PISO TERMINADO SOBRE EXTINGUIDOR
	SEÑALAMIENTO DE HIDRANTE APEGADO A LA NORMA NOM/026/STPS UBICAR A UNA ALTURA MAX DE 3.00m SOBRE NIVEL DE PISO TERMINADO SOBRE EXTINGUIDOR
	LUMINARIA DE EMERGENCIA MARCA LITHONIA, 120 V, CON 2 LAMPARAS DE 8 W HALÓGENO, BATERIA DE RESPALDO DE 90 MINUTOS, CATALOGO 6ELM2-H.
	LUMINARIA DE EMERGENCIA MCA LITHONIA, CON INDICADOR DE SALIDA ROJO CON BLANCO 120 V, CON BATERIA DE RESPALDO DE 90 MINUTOS, CAT. No. LQMSW-3R-120/277-ELN-SALIDA.
	ROTULO CON LEYENDA DE "QUE HACER EN CASO DE SISMO O INCENDIO". (DE VENTA EN ESTABLECIMIENTOS PROVEEDORES DE EQUIPO DE SEGURIDAD)



CONTENIDO:  
**PLANTA DE ALARMAS Y SEÑALIZACIÓN 2DA PLANTA**

ESCALA: 1:125	UNIDADES: METROS	ARCHIVO: SCI-00
FECHA: OCTUBRE - 2013	REVISADO POR: R.P.R.	

PROYECTO:  
 REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO

UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA.	CROQUIS:
---	----------

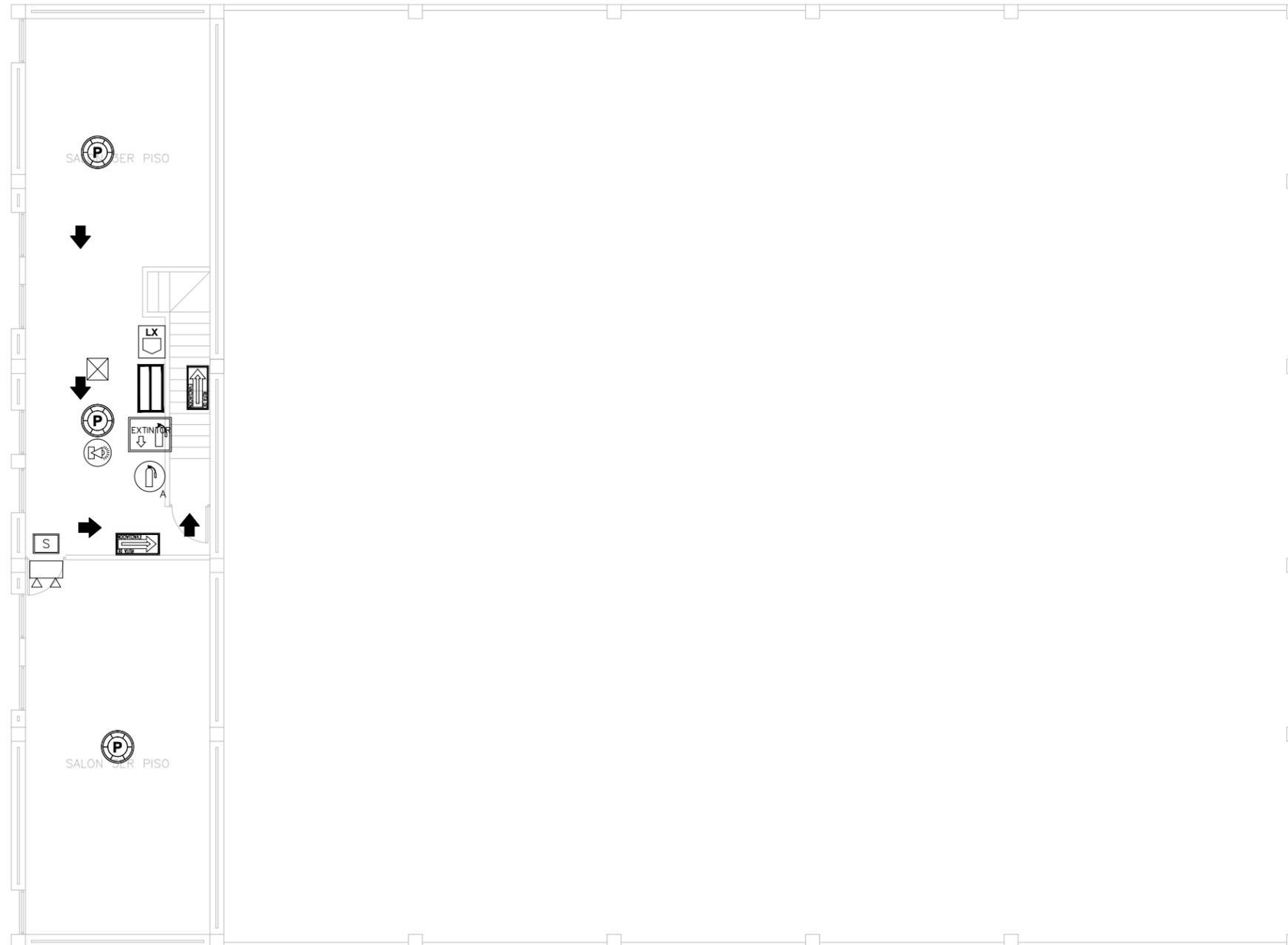
PROPIETARIO:  
 IGLESIA APOSTÓLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.

DISEÑO: R.P.R.	DIBUJO: R.P.R.
-------------------	-------------------

NOTAS:

PLANO:  
**SCI-04**

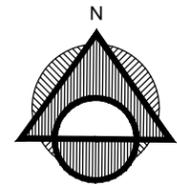
**PLANTA DE ALARMAS Y SEÑALIZACIÓN 2DA PLANTA**  
 ESCALA 1:125



**PLANTA DE ALARMAS Y SEÑALIZACIÓN 3RA PLANTA**  
 ESCALA 1:125

SIMBOLOGIA	
	DETECTOR DE HUMO FOTOELECTRICO INTELIGENTE MARCA NOTIFIER MODELO FSP-751
	ESTACION MANUAL DE ACTIVACION DE ALARMA NOTIFIER NBG-12LX
	CANALIZACION DE TUBO CONDUIT 1/2 PARED DELGADA
	FUENTE DE PODER AMPS-24
	BOCINA STROBO MARCA PECTROLERT PC 2475
	SEÑALAMIENTO DE SALIDA APEGADO A LA NORMA NOM/026/STPS
	EXTINGUIDOR A BASE DE BIOXIDO DE CARBONO TIPO ABC. CAPACIDAD DE CARGA 10 LBS.
	SEÑALAMIENTO DE RUTA DE EVACUACION APEGADO A LA NORMA NOM/026/STPS
	SEÑALAMIENTO DE EXTINGUIDOR APEGADO A LA NORMA NOM/026/STPS UBICAR A UNA ALTURA MAX DE 3.00m SOBRE NIVEL DE PISO TERMINADO SOBRE EXTINTOR
	LUMINARIA DE EMERGENCIA MARCA LITHONIA, 120 V, CON 2 LAMPARAS DE 8 W HALÓGENO, BATERIA DE RESPALDO DE 90 MINUTOS, CATALOGO 6ELM2-H.
	ROTULO CON LEYENDA DE "QUE HACER EN CASO DE SISMO O INCENDIO". (DE VENTA EN ESTABLECIMIENTOS PROVEEDORES DE EQUIPO DE SEGURIDAD)

NORTE:



CONTENIDO:  
**PLANTA DE ALARMAS Y SEÑALIZACIÓN 3RA PLANTA**  
 ESCALA: INDICADA UNIDADES: METROS ARCHIVO: SCI-00  
 FECHA: OCTUBRE - 2013 REVISADO POR: R.P.R.

PROYECTO:  
 REMODELACION 1a. IGLESIA DE HERMOSILLO  
 UBICACION: CALLE CAMPECHE ENTRE REFORMA E IGNACIO ROMERO #x. COL. SAN BENITO, HERMOSILLO SONORA. CROQUIS:  
 PROPIETARIO: IGLESIA APOSTÓLICA DE LA FE EN CRISTO JESUS, A.C.  
 DISEÑO: R.P.R. DIBUJO: R.P.R.

NOTAS:

PLANO:

**SCI-05**

## II: PRESUPUESTO PRELIMINAR

REMODELACION 1RA IGLESIA I.A.F.C.J. - PRESUPUESTO PRELIMINAR					
CONCEPTOS		UNIDAD	CANTIDAD	CTO.UNI.	TOTAL \$
DEMOLICIONES					
1	Demolicion de elementos estructurales a cualquier altura, con extraccion para su acarreo	m <sup>3</sup>	162.69	\$512.43	\$83,368.31
2	Desmantelamiento de falso plafón, en cualquier nivel, a base de placas de unicel con acarreo libre hasta 20.0 m	m <sup>2</sup>	342.47	\$23.03	\$7,887.14
3	Acarreo en camión, de material de demolición de concreto, kilómetros subsecuentes, zona urbana	m <sup>3</sup> -km	1268.98	\$7.67	\$9,733.09
4	Carga manual, acarreo en camión al primer kilómetro y descarga, de material de demolición	m <sup>3</sup>	162.69	\$81.03	\$13,182.94
TOTAL PARTIDA					\$114,171.49
PRELIMINARES		UNIDAD	CANTIDAD	CTO.UNI.	TOTAL \$
5	Trazo y nivelación para desplante de estructura para edificación, con equipo de topografía.	m <sup>2</sup>	775.00	\$4.39	\$3,402.25
6	Excavación por medios mecánicos, zona "B", clase II, de 2.01 a 4.00 m de profundidad	m <sup>3</sup>	840.00	\$66.27	\$55,666.80
TOTAL PARTIDA					\$59,069.05
CIMENTACION		UNIDAD	CANTIDAD	CTO.UNI.	TOTAL \$
7	Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo 3/8" de diámetro	ton	23.18	\$22,352.49	\$518,130.72
8	Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo 3/4" de diámetro	ton	12.39	\$21,869.32	\$270,960.87
9	Cimbra acabado común y descimbra en elementos de cimentacion (zapatas, cadenas y dados), hasta una altura máxima de 4.00 m.	m <sup>2</sup>	660.70	\$136.56	\$90,225.19
10	Concreto hidráulico resistencia normal f'c= 250 kg/cm2, para elementos estructurales de cimentacion (zapatas, cadenas y dados) suministrado por proveedor	m <sup>3</sup>	166.10	\$1,934.57	\$321,332.08
TOTAL PARTIDA					\$1,200,648.86
MUROS Y COLUMNAS		UNIDAD	CANTIDAD	CTO.UNI.	TOTAL \$
11	Muro de block de concreto liso ligero, de 12 cm de espesor, medidas 12 x 20 x 40 cm, con refuerzo horizontal a cada dos hiladas.	m <sup>2</sup>	1731.69	\$236.70	\$409,891.02
12	Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo 3/8" de diámetro en columnas de concreto armado	ton	3.47	\$22,352.49	\$77,563.14
13	Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo 3/4" de diámetro en columnas de concreto armado	ton	2.78	\$21,869.32	\$60,796.71
14	Cimbra acabado común y descimbra en columnas	m <sup>2</sup>	45.00	\$136.56	\$6,145.20
15	Concreto hidráulico resistencia normal f'c= 250 kg/cm2, para elementos estructurales de muros(columnas, dalas) suministrado por proveedor	m <sup>3</sup>	24.48	\$1,934.57	\$47,358.27

16	Aislamiento de fibra de vidrio, 50 mm de espesor fijado en espacio entre muro doble, incluye varilla de fijacion y cinta de junta.	m <sup>2</sup>	1223.37	\$210.39	\$257,384.81
17	Muro de tablaroca de 118 mm de espesor, acabado dos caras con placas de 13 mm de espesor.	m <sup>2</sup>	244.88	\$392.18	\$96,037.04
				TOTAL PARTIDA	\$955,176.20
LOSAS		UNIDAD	CANTIDAD	CTO.UNI.	TOTAL \$
18	Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo 3/8" de diámetro en columnas de concreto armado	ton	0.98	\$21,869.32	\$21,431.93
19	Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo 3/4" de diámetro en columnas de concreto armado	ton	1.15	\$21,869.32	\$25,149.72
20	Suministro, habilitado y colocación de trabe de acero a base de perfil tipo IPR medidas 4"x8" como refuerzo de claro en mezzanine	ton	0.50	\$15,640.00	\$7,741.80
21	Suministro, habilitado y colocación de trabe de acero a base de perfil tipo IPR medidas 4"x4" como refuerzo de claro en mezzanine	ton	0.39	\$10,854.00	\$4,243.91
22	Suministro, habilitado y colocación de placa de acero de 1-1/2" de espesor para fijado de trabe de acero	kg	0.15	\$4,424.57	\$663.69
23	Suministro y colocación de malla de fibra de carbono a estructura de concreto en lecho bajo previo a colado como refuerzo estructural, mca Sika CarboShear L aplicacion en humedo	m <sup>2</sup>	23.05	\$12,789.65	\$294,801.43
24	Concreto hidráulico resistencia normal f'c= 250 kg/cm2, para elementos estructurales de muros(columnas, dalas) suministrado por proveedor	m <sup>3</sup>	17.30	\$1,934.57	\$33,468.06
25	Cimbra acabado común y descimbra en losas	m <sup>2</sup>	91.12	\$136.56	\$12,443.35
				TOTAL PARTIDA	\$399,943.89
CUBIERTA		UNIDAD	CANTIDAD	CTO.UNI.	TOTAL \$
26	Suministro, habilitado y montaje de armadura de acero fabricada a base de angulo 4"x1/4"x9.85 kgs	ton	1.34	\$1,923.43	\$2,577.40
27	Suministro, habilitado y montaje de armadura de acero fabricada a base de angulo 2"x3/8"x7 kgs	ton	1.89	\$1,923.43	\$3,635.28
28	Suministro, habilitado y montaje de armadura de acero fabricada a base de IPR 10"x4"x28.3 kgs	ton	4.22	\$1,923.43	\$8,116.87
29	Suministro, habilitado y colocación de multytecho de 6" de espesor como cubierta del proyecto. Incluye sujetadores y dos capas de pintura anticorrosiva	m <sup>2</sup>	774.30	\$946.70	\$733,029.81
				TOTAL PARTIDA	\$747,359.36
HIDROSANITARIO		UNIDAD	CANTIDAD	CTO.UNI.	TOTAL \$
30	Tubo de PVC tipo unión cementar, extremos lisos de 1/2" de diámetro	ml	46.20	\$8.81	\$407.02

31	Tubo de PVC tipo unión cementar, extremos lisos de 3/4" de diámetro	ml	36.89	\$13.22	\$487.50
32	Tubo de PVC tipo unión cementar, extremos lisos de 1" de diámetro	ml	57.31	\$17.62	\$1,009.80
33	Tubo de PVC tipo unión cementar, extremos lisos de 1-1/4" de diámetro	ml	40.09	\$22.03	\$882.98
34	Tubo de PVC tipo unión cementar, extremos lisos de 2" de diámetro	ml	89.10	\$35.24	\$3,139.88
35	Tubo de PVC tipo unión cementar, extremos lisos de 4" de diámetro	ml	65.95	\$73.78	\$4,865.79
36	Codo de PVC tipo sanitario unión cementar de 90° x 1/2" de diámetro	pza	32.00	\$18.14	\$580.48
37	Codo de PVC tipo sanitario unión cementar de 90° x 1-1/2" de diámetro	pza	5.00	\$21.65	\$108.25
38	Codo de PVC tipo sanitario unión cementar de 90° x 2" de diámetro	pza	5.00	\$39.35	\$196.75
39	Codo de PVC tipo sanitario unión cementar de 90° x 4" de diámetro	pza	6.00	\$54.98	\$329.88
40	Ye de PVC tipo sanitario unión cementar de 2" de diámetro	pza	14.00	\$59.45	\$832.30
41	Ye de PVC tipo sanitario unión cementar de 4" x 4" de diámetro	pza	2.00	\$117.05	\$234.10
42	Codo de PVC tipo sanitario unión cementar de 45° x 2" de diámetro.	pza	5.00	\$42.90	\$214.50
43	Te sencilla de PVC tipo sanitario unión anger de 2" X 2" de diámetro	pza	9.00	\$57.25	\$515.25
44	Te sencilla de PVC tipo sanitario unión anger de 3/4" x 3/4" de diámetro	pza	3.00	\$83.77	\$251.31
45	Te sencilla de PVC tipo sanitario unión anger de 1-1/4" x 1-1/4" mm de diámetro	pza	3.00	\$293.76	\$881.28
46	Reduccion de PVC 3/4"-1/2" de diámetro	pza	12.00	\$22.03	\$264.30
47	Reduccion de PVC 1"-3/4" de diámetro	pza	12.00	\$26.43	\$317.16
48	Reduccion de PVC 1"-1/2" de diámetro	pza	10.00	\$30.84	\$308.35
49	Reduccion de PVC 1-1/4"-1" de diámetro	pza	17.00	\$35.24	\$599.08
				TOTAL PARTIDA	\$16,425.97

SISTEMA HIDRONEUMATICO		UNIDAD	CANTIDAD	CTO.UNI.	TOTAL \$
50	Bomba hidroneumatica DAB modelo CS46D	pza	1.00	\$2,256.00	\$2,256.00
51	Calentador de paso electrico	pza	1.00	\$3,600.00	\$3,600.00
52	Suavizador Aquaplus SF200	pza	1.00	\$2,236.50	\$2,236.50
53	Tanque de salmuera	pza	1.00	\$2,885.00	\$2,885.00
54	Filtro Rotoplas Jumbo	pza	1.00	\$835.00	\$835.00
55	Tanque hidroneumatico DAB 86 galones	pza	1.00	\$440.00	\$440.00
				TOTAL PARTIDA	\$12,252.50

INSTALACION ELECTRICA		UNIDAD	CANTIDAD	CTO.UNI.	TOTAL \$
56	Habilitado y colocación de instalación eléctrica en interior y exterior del edificio (Incl.mangueras,cajas,guia,cable y accesorios marca iusa o similar)	lote	1.00	\$150,133.17	\$150,133.17
57	Centro de carga 10 circuitos para empotrar mca. Square'd zapatas 100 amp	pza	3.00	\$6,580.00	\$19,740.00
				TOTAL PARTIDA	\$169,873.17

ACABADOS		UNIDAD	CANTIDAD	CTO.UNI.	TOTAL \$
58	Suministro y aplicacion de aplanado readymix para muros de tablaroca espesor de 1.5 cm	m <sup>2</sup>	212.34	\$177.15	\$37,616.03
59	Suministro y colocación de mortero cemento arena 1:4, para formar capa de 3 cm de espesor, acabado pulido con llana metálica	m <sup>2</sup>	17.30	\$63.53	\$1,099.07
60	Piso de loseta de 33 x 33 modelo Opera Beige Vitromex, asentado con pasta adhesiva y lechadeado con cemento para boquilla	m <sup>2</sup>	68.22	\$360.05	\$24,562.61
61	Piso de loseta de 33 x 33 cm modelo Corinto Porcelanite, asentada con pasta adhesiva Set pegazulejo 3a generación, lechadeado con cemento blanco	m <sup>2</sup>	24.75	\$450.00	\$11,137.50
62	Suministro y colocación de zoclo de loseta de 10 cm de peralte, modelo Opera Beige Vitromex, asentado con pasta adhesiva y lechadeado con cemento para boquilla	ml	43.95	\$45.06	\$1,980.39
63	Suministro y colocación de zoclo de loseta de 10 cm de peralte, modelo Corinto Porcelanite, asentado con pasta adhesiva y lechadeado con cemento para boquilla	ml	31.39	\$48.71	\$1,529.01
64	Suministro y colocación de alfombra modelo Sprint, incluye: bajo alfombra	m <sup>2</sup>	603.99	\$135.60	\$81,901.04
65	Suministro y aplicación de recubrimiento con pasta texturizada grano grueso, textura esgrafiada Cuarzoplast Corev, en muros exteriores previa preparación de la superficie.	m <sup>2</sup>	553.34	\$185.10	\$102,423.23
66	Suministro y aplicación de recubrimiento con pasta texturizada grano grueso, textura rayada Cuarzoplast Corev, en muros exteriores previa preparación de la superficie.	m <sup>2</sup>	139.40	\$185.10	\$25,802.94

67	Recubrimiento con pintura elastomérica de hule sintético para protección, impermeabilización y decoración de muros, color beige, exterior sellando la superficie con elastón primario, resanando las imperfecciones con espacios resanador y acabado con dos capas de pintura para exteriores e interiores Espacios, previa preparación de la superficie, Imperquimia	m <sup>2</sup>	553.34	\$89.90	\$49,745.27
68	Recubrimiento con pintura elastomérica de hule sintético para protección, impermeabilización y decoración de muros, color durazno, exterior sellando la superficie con elastón primario, resanando las imperfecciones con espacios resanador y acabado con dos capas de pintura para exteriores e interiores Espacios, previa preparación de la superficie, Imperquimia	m <sup>2</sup>	139.40	\$89.90	\$12,532.06
69	Suministro y aplicación de pintura vinil acrílica Kem Tone, color hueso, en muros y plafones, previa preparación de la superficie con sellador vinílico 6 x 1.	m <sup>2</sup>	1263.37	\$54.90	\$69,359.01
70	Suministro y colocacion de recubrimiento acustico tipo helmholdtz elaborado a base de lana de roca y placas de duela segun proyecto acustico al 14%	m <sup>2</sup>	144.40	325.16	\$46,953.10
71	Suministro y colocacion de recubrimiento acustico tipo multiple elaborado a base de lana de roca y placas de duela segun proyecto acustico al 80%	m <sup>2</sup>	234.75	750.85	\$176,260.54
				TOTAL PARTIDA	\$642,901.80

MISCELANEOS		UNIDAD	CANTIDAD	CTO.UNI.	TOTAL \$
72	Suministro y colocacion de puerta tipo P-01	pza	4.00	\$3,215.00	\$12,860.00
73	Suministro y colocacion de puerta tipo P-02	pza	2.00	\$2,789.00	\$5,578.00
74	Suministro y colocacion de puerta tipo P-03	pza	3.00	\$730.00	\$2,190.00
75	Suministro y colocacion de puerta tipo P-04	pza	7.00	\$735.00	\$5,145.00
76	Suministro y colocacion de puerta tipo P-05	pza	4.00	\$1,377.15	\$5,508.60
77	Suministro y colocacion de puerta tipo P-06	pza	1.00	\$1,001.70	\$1,001.70
78	Suministro y colocacion de puerta tipo P-07	pza	1.00	\$1,619.80	\$1,619.80
79	Suministro y colocacion de puerta tipo P-08	pza	6.00	\$735.00	\$4,410.00
80	Suministro y colocacion de ventana tipo V-01	pza	20.00	\$1,977.00	\$39,540.00
81	Suministro y colocacion de ventana tipo V-02	pza	1.00	\$800.00	\$800.00
				TOTAL PARTIDA	\$78,653.10
				TOTAL	\$4,396,475.40

- Datos obtenidos de: Materiales y viguetas del noroeste, Integra Instalaciones y Mantenimiento, Construmat y Proveedor del Herrero, Octubre de 2013