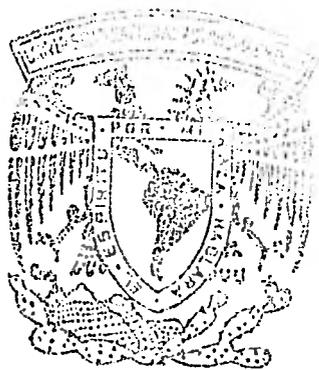


227
174



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

Reposición de Pisos y Techos en el Palacio de Minería

T E S I S

Que para obtener el título de:
INGENIERO CIVIL

p r e s e n t a :

G. REYES ROLDAN RODRIGUEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-54

Al Pasante señor GUADALUPE REYES ROLDAN RODRIGUEZ,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Samuel Ruíz García, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"REPOSICION DE PISOS Y TECHOS EN EL PALACIO DE MINERIA"

- 1.1 Generalidades.
- 1.2 Planteamiento del problema.
- 1.3 Diversos sistemas y materiales como soluciones posibles.
- 1.4 Soluciones ensayadas. Ventajas e inconvenientes de cada una de ellas.
- 1.5 Aplicación del sistema losacero.
- 1.6 Características mecánicas de la losacero.
- 1.7 Estudio de la losacero, como simple losa y formando sección compuesta.
- 1.8 Estudio económico comparativo de la losacero con los sistemas convencionales y tradicionales.
- 1.9 Conclusiones

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, 28 de febrero de 1977
EL DIRECTOR

ING. ENRIQUE DEL VALLE CALDERON

Ed.
EVC/GSA/ser

- 1.1.- Generalidades.
- 1.2.- Planteamiento del problema
- 1.3.- Diversos Sistemas y Materiales Como Soluciones Posibles.
- 1.4.- Soluciones Ensayadas. Ventajas e Inconvenientes de Cada Una.
- 1.5.- Aplicación del Sistema LOSACERO.
- 1.6.- Características Mecánicas de la LOSACERO.
- 1.7.- Estudio de la LOSACERO como Simple Losa y Formando Sección Compuesta.
- 1.8.- Estudio Económico Comparativo con los Sistemas Convencionales y Tradicionales.
- 1.9.- Conclusiones.

1.1.- Generalidades.

El Palacio de Minería se encuentra ubicado en la Ciudad de México, en la segunda calle de Tacuba, antiguamente calle de San Andrés, llamada así porque en el lugar donde se encuentra el bello edificio que perteneció a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, estaba construido el Hospital de San Andrés.

La Fachada Principal mira al Norte y ocupa toda la cuadra, con una extensión de 90.00 mts., la Fachada Oriente que da a la calle de Filomeno Mata, tiene también una extensión de 90.00 mts., en cambio la Fachada Poniente que da a la calle de Condesa, tiene una extensión de 81.00 mts. colindando al Sur, con varios edificios cuyos frentes dan a la Avenida Cinco de Mayo. La superficie ocupada por todo el edificio es de 7,606.00 m².

El Palacio de Minería es uno de los edificios más notables de México y con justicia llama la atención de quien lo visita, por su belleza y hermosura.

En el año de 1791, había llegado a México el escultor Manuel Tolsá, nombrado director de ese ramo en la Academia de San Carlos, y su saber y vastos conocimientos

hicieron que el Sr. Don Fausto de Elhuyar, Director General del Tribunal de Minería, lo comisionara para la formación del Proyecto de la Sede del Real Seminario de Minería.

Desde el año de 1793 se advirtió la dificultad del escaso cupo de la vieja casona en las calles de Guatemala, que ocupaba el Colegio, por lo que el Tribunal de Minería adquirió de la Academia de San Carlos el terreno denominado Nipaltongo, frente al viejo Hospital de San Andrés, en las calles de Tacuba.

Los proyectos iniciales para la construcción de la sede del Colegio estuvieron a cargo de Miguel Constanzó, pero éstos no prosperaron, siendo los definitivos y aprobados los que ejecutó el insigne Manuel Tolsá.

El señor Tolsá, presentó los planos del Colegio, el 16 de Marzo de 1797. Las obras para la construcción del que pasó a denominarse Palacio de Minería, se iniciaron el 22 de Marzo del mismo año.

No habían transcurrido tres meses de iniciada la obra, cuando por algunas dificultades que se presentaron fué necesario el cambiar el proyecto. Tolsá, presentó otro proyecto, con arreglo al cual está construido el edificio, el 27 de Junio del citado año, quedando Tolsá, con el nombramiento de Director General de la Obra; los

trabajos de construcción del Real Seminario de Minería, se concluyeron el 3 de Abril de 1813.

Esta notable obra de Tolsá, fué sin duda, la que obró en el animo de los miembros de la Junta de la Academia de San Carlos, para que el 26 de Enero de 1813, le expidieran el diploma de Académico de Mérito en el ramo de Arquitectura, siendo Tolsá director de Escultura.

La construcción del majestuoso edificio representó una inversión de un millón quinientos mil pesos, muy considerable en esa época. El resultado, tal como corresponde a una obra ejecutada por un artista de la talla de Tolsá, fué un autentico monumento neoclásico de amplias fachadas, la principal de las cuales ostenta un gran pórtico al centro, con tres arcos.

El edificio, cuyo conjunto acusa una gran severidad tanto interior como exteriormente, está rematado por un frontón de corte clásico y su pórtico es abovedado, con tres grandes rejas de hierro forjado que lo adornan; da paso hacia el patio, una gran puerta de madera de cedro blanco bellamente tallada.

El gran patio de tipo señorial, está rodeado de corredores, los cuales se disponen en dos cuerpos. La artística escalera que conduce al piso superior, se cuenta entre lo mejor del edificio; su primer cuerpo es de dos rampas

y está adornado con florones y balaustres de cantera. La antigua Capilla tiene en el plafón pinturas de Jimeno y Planes : La Asunción de la Virgen y La Aparición de la Virgen de Guadalupe.

En su conjunto, el Palacio de Minería es de estilo francés de la época de Luis XVI, el neoclásico, que no desmerecería en cualquier capital europea.

Este edificio, tal como corresponde a la concepción de su autor, el valenciano Tolsá, está considerado como el monumento neoclásico más importante de toda América.

En 1843 se estableció en el Palacio de Minería, la Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas, que reemplazó al Colegio de Minería.

En 1853 se estableció en él, la Escuela Práctica de Minería que continuó con la vieja tradición y para la que fué construido el majestuoso Palacio.

Esa escuela estuvo funcionando en forma permanente hasta el año de 1865 en que se suspendieron sus funciones ya que el emperador Maximiliano, pretendió dedicar el edificio a mansión imperial.

En 1867, se inició la segunda etapa de gran importancia para la ingeniería mexicana. Al triunfo de la República, el gobierno del presidente Juárez expidió el 2 de Diciembre de ese mismo año la Ley Orgánica de Instrucción

Pública en el Distrito Federal, a fin de crear un sistema educativo verdaderamente nacional que, partiendo de la escuela primaria, terminara en los niveles profesionales.

Con la expedición de esta ley se estableció en el Distrito Federal la Escuela de Ingenieros, en la cual se instituyó la enseñanza de asignaturas para Ingenieros de Minas, Ingenieros Mecánicos, Ingenieros Civiles, Ingenieros Topógrafos é Hidromensores é Ingenieros Geógrafos é Hidrógrafos. Las carreras de Ingeniería Civil, Mecánica y Topográfica, fueron establecidas entonces en la Escuela de Minería y, con su impartición, la convirtieron en la Escuela Nacional de Ingeniería.

El desarrollo de la Ingeniería en nuestro país se identifica con un edificio al que confluyen sentimientos de unidad : el Palacio de Minería, que fue la sede del Real Seminario de Minas y de la Escuela Nacional de Ingeniería y ha sido cuna de tantos ilustres ingenieros que han entregado su ayuda y su esfuerzo al desarrollo de nuestro país.

En 1954 se trasladó la entonces Escuela Nacional de Ingeniería a la Ciudad Universitaria, adquiriendo posteriormente el nombre de Facultad de Ingeniería el 23 de Marzo de 1959.

Han sido numerosos los cambios de actividades a que

se ha dedicado el edificio, fueron varias las instituciones que lo han tenido como sede, pero todas ellas, siempre dedicadas a la enseñanza de los más altos conceptos científicos.

No es pues raro que en 1803, el sabio Alejandro de Humboldt afirmara que " ninguna ciudad del Nuevo Continente, sin exceptuar a las de los Estados Unidos, presenta establecimientos científicos tan grandes y tan sólidos como la Ciudad de México; citaré la Escuela de Minas dirigida por el sabio Elhuyar, el Jardín Botánico y la Academia de Pintura y Escultura, conocida con el nombre de Academia de las Nobles Artes ".

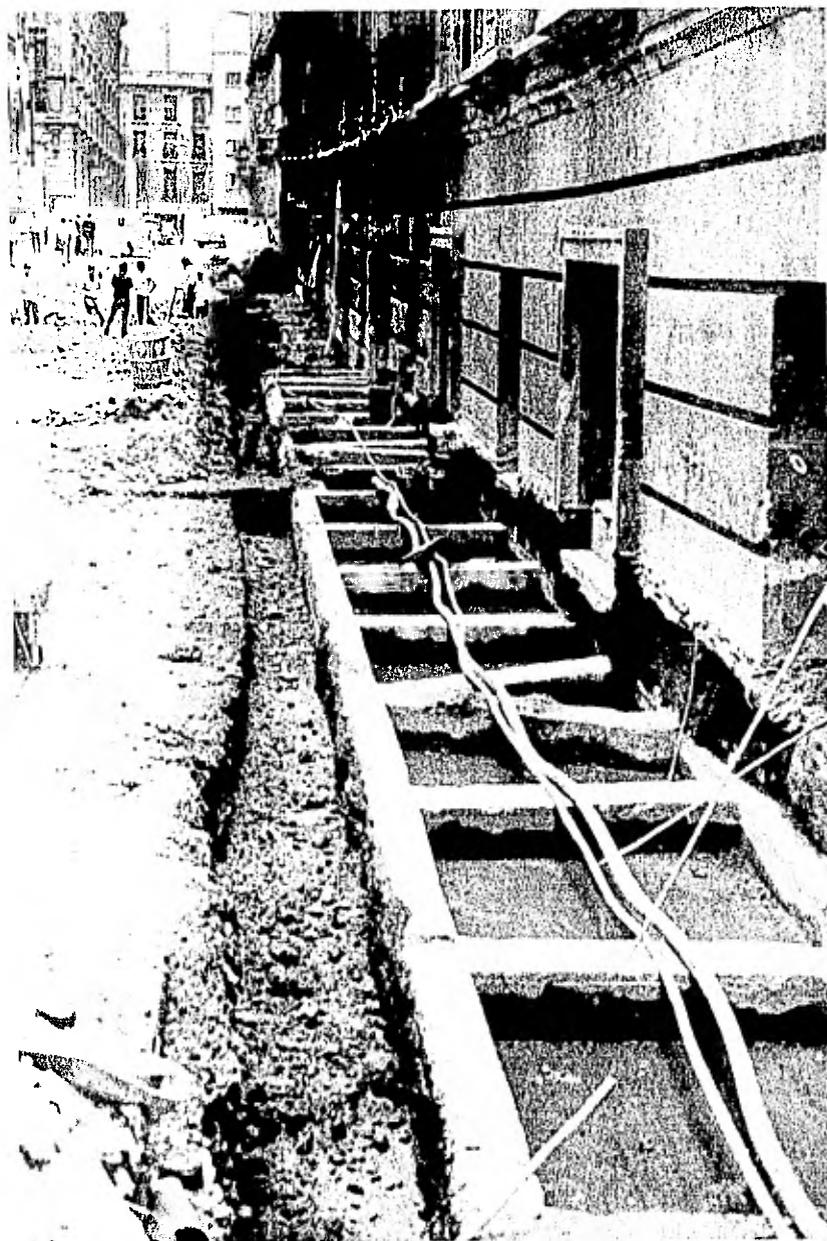
Por orden de importancia, el sabio Humboldt cita en primer término a la Escuela de Minas, advirtiéndole que ésta contribuyó a difundir el conocimiento de las ciencias naturales entre los hijos de México.

En la actualidad, el Palacio de Minería es sede del Centro de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M., así como de numerosas sociedades gremiales de ingenieros y de la Academia de Ingeniería de México.

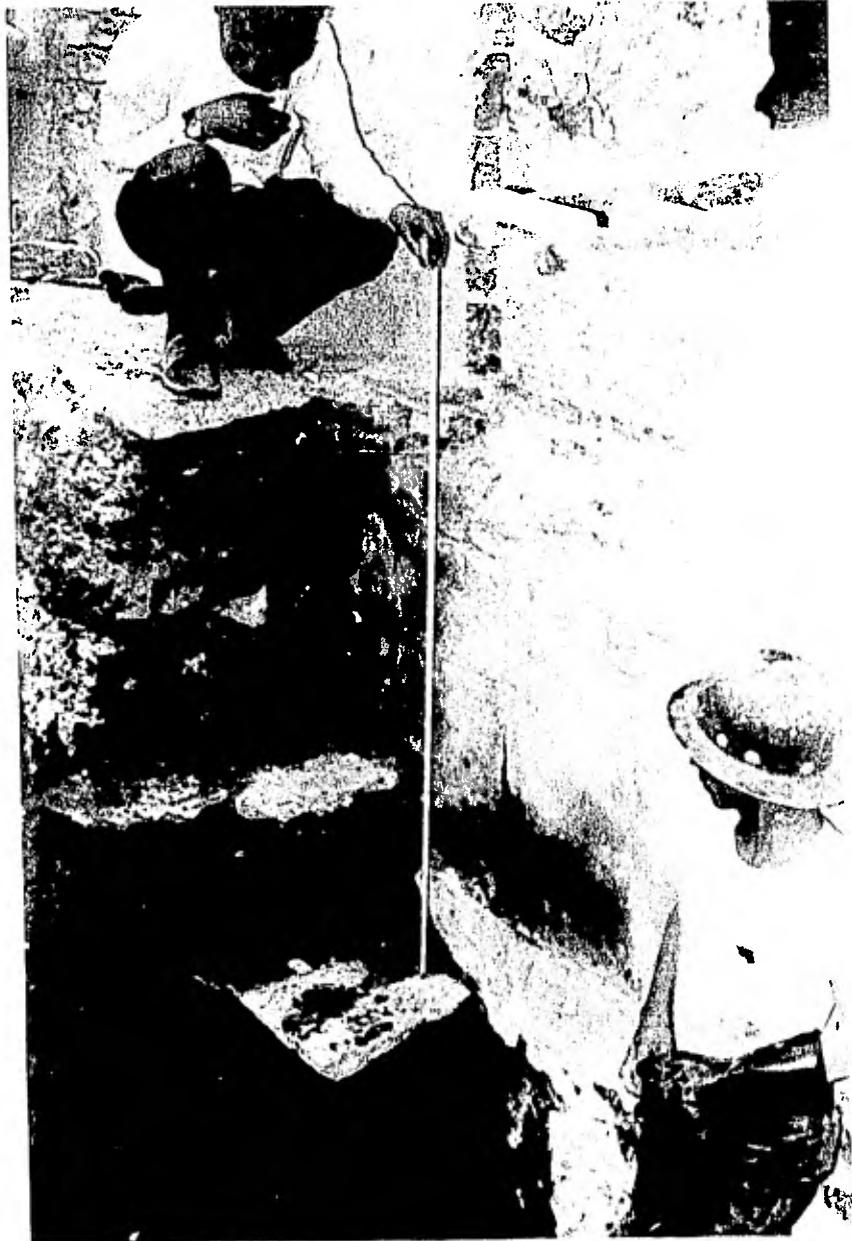
En un futuro no muy lejano, el Palacio de Minería será la sede de un Centro de Información de Ingeniería, que permitirá el acceso de todos los ingenieros de América

ca a los conocimientos que ha producido y produce a dia
rio la ingeniería mundial.

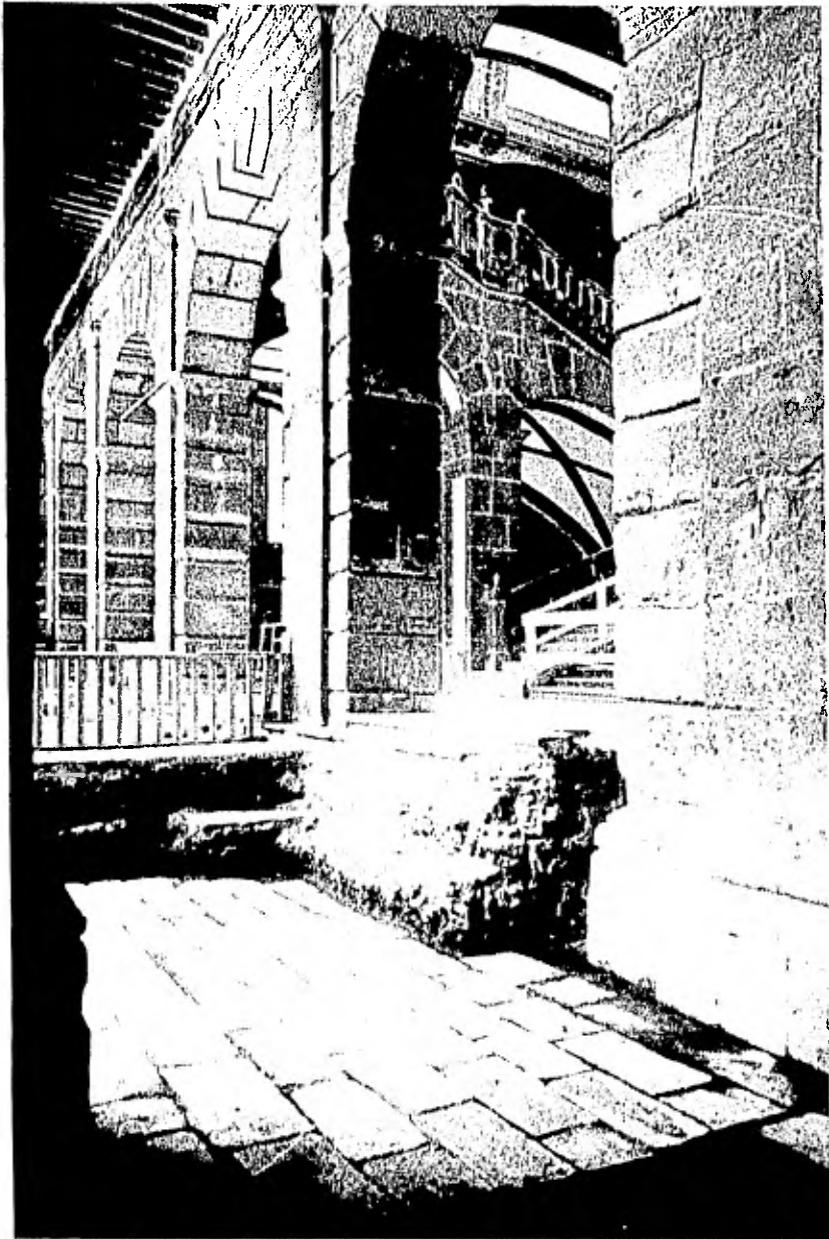
Se ha considerado que el Palacio de Minería, cuna,
sede y símbolo de la ingeniería mexicana, será sin duda,
por su grandioso historial y su brillante futuro, la ca-
sa de la ingeniería de América.



Detalle de recimentación del Palacio de Minería por
la calle de Condesa.



Exploración para encontrar niveles originales de piso terminado.



Recuperación del nivel de piso terminado original
en el patio principal.

1.2.- Planteamiento del Problema.

"Este magnífico edificio parece condenado a no es tar terminado jamás ; colocados sus cimientos en el terreno húmedo del lago se han hundido, sus elegantes columnas han perdido ya casi toda la base y están considerablemente inclinadas ; por el lado de la calle de Betlemitas se puede notar con exactitud el grado de hundimiento a que ha llegado el Colegio ".

De esta manera se expresa Manuel Rivera Cambas en su libro "México Pintoresco, Artístico y Monumental", para explicar el grado de deterioro en que se encontraba el Palacio de Minería.

Ya desde su construcción se empezó a notar el efecto que ejerce el subsuelo de la ciudad, principalmente en la Fachada de la calle de Condesa, donde se puede apreciar la gran curvatura del edificio en sus dos primeros niveles, por lo que fué necesario rectificar el trazo en el siguiente nivel, ya que como se puede apreciar en el lugar, la curvatura que sigue la cornisa del último nivel es menos pronunciada que en las otras dos.

La edificación que se comenta ha sufrido los efectos de dos de los fenómenos naturales más destructivos

que el ingeniero conoce, como son : una importante actividad sísmica y una alta compresibilidad del subsuelo.

No es pues extraño el que el Palacio de Minería, en su emplazamiento definitivo y actual a lo largo de ca sí dos siglos presentase daños graves y deterioros severos a pesar de las muy limitadas obras de reparación que se le hicieron en fechas diversas con el propósito de reducir y atenuar los efectos observados.

Los daños principales fueron : fuertes asentamientos diferenciales que dañaron muros y techos, como por ejemplo el caso de los muros norte y sur de la Ex-Capilla y del apoyo de la bóveda del mismo lugar, giros y desplomes de muros y arcadas, por ejemplo, el Patio Principal, en que además de la consolidación del suelo intervinieron los macrosísmos que se dejaron sentir amplificando sus efectos en la zona centro de la ciudad, durante los últimos 150 años.

En el edificio que se daba por terminado el año de 1813, ya en el mes de septiembre del mismo año, el Director del Colegio hacía notar la necesidad de reparar una cuarteadura en un ángulo de la escalera. Esta reparación no vino a hacerse sino hasta el año de 1816.

Los asientos y desperfectos que sufría el edificio en aquellos años no eran bien conocidos y para atenuar

un poco el problema se le autorizó al Director del Colegio, elevar el nivel de la banqueta en el callejón de Betlemitas, encomendandosele esta misión al Teniente Agregado a Ingenieros Don Joaquín de Heredia.

Sin embargo, en los años subsecuentes siguió sufriendo movimientos el edificio de Minería, y en Marzo de 1824 se comisionó a Joaquín de Heredia y Agustín Paz para reconocer el edificio y emitir el informe correspondiente.

Así pues en el mes de Mayo del mismo año, Heredia y Paz presentaron el presupuesto de las reparaciones al edificio, ascendiendo a la cantidad de 400,000 pesos.

Pasaron los años sin que se tomara determinación alguna, por lo que el edificio llegó a un grado peligroso de ruina cuando el Colegio se encargaba en enero de 1827, de todos los ramos de su administración y en esa vez fueron hechas importantes reparaciones, sin embargo de las cuales en 1830 tuvieron principio varios desplomes y algunas grandes cuarteaduras con fuertes crujidos que alarmaron a los vecinos, de tal manera que promovieron gestiones judiciales para el remedio, solicitando indemnizaciones por el perjuicio ocasionado y por el que en lo sucesivo pudiera resultar.

Entonces, entre los diversos proyectos que aparecieron, se trató en uno de ellos, la demolición total del edi-

ficio, suponiéndose que no se pudieran erogar las fuertes cantidades que demandaban las reparaciones y más aún, cuando se conoció que el deterioro había alcanzado grandes progresos con el transcurso del tiempo ; pero habiéndose presentado Don Antonio Villard, ofreciendo hacer la reedificación sin alterar la forma del edificio y calculando el gasto en poco más de noventa y siete mil pesos, el establecimiento dispuso la obra después de consultar con el gobierno, quien contestó que : "podía el establecimiento tomar la resolución más conveniente, así como quedar inmediatamente encargado de atender la conservación del Seminario " .

Con motivo de la obra emprendida por Villard, se tomó en arrendamiento la casa número doce de la primera calle de San Francisco, hoy Hotel Iturbide, para que no se interrumpieran los cursos del Seminario y se dispuso que el 7 de Enero de 1834 se abrieran las clases otra vez en el edificio de San Andrés, que estaba en obra.

No se tienen datos precisos acerca de lo que consistieron las diversas obras del presupuesto, pero por el plano que más tarde, en 1841, se publicó, se pueden notar los contrafuertes de los patios oriente y poniente, para contrarrestar el desplome de varias paredes, elementos que en la restauración actual, se dejaron intactos porque además de su función estructural, se consideró que ya forman

parte de la historia del edificio.

Posteriormente se siguió atendiendo el edificio por el gobierno, quien quedó encargado directamente de él, al haberse suprimido el Tribunal de Minería y después la Junta del Establecimiento, para quedar conforme a la Ley de Instrucción Pública y su reglamento a cargo del ministerio de este ramo la enseñanza impartida en la Escuela de Ingeniería que vino a sustituir al antiguo Seminario ó Colegio de Minería.

Pero con el correr de los años, los elementos destructores de los que hablamos anteriormente, continuaron su nefasta labor en contra del bello Palacio de Minería, así pues en una litografía de 1906, se puede apreciar el apuntalamiento del lado surponiente de la fachada de Condesa, por el estado ruinoso que guardaba, posteriormente, en la restauración actual nos dimos cuenta del porque de ese apuntalamiento.

Al hacer las excavaciones necesarias para rescatar el nivel de piso original en la calle de Condesa, apareció ante nosotros una recimentación de lo que podría llamarse, los inicios del concreto armado en la ciudad.

Esta recimentación consistía básicamente en losas y contratraves de concreto armado con varillas lisas y a manera de estribos tenían fleje ; corría paralelo a la ca-

lle de Condesa, tanto interior como exteriormente y pasaba de lado a lado del grueso muro. Consideramos que el refuerzo de la cimentación se debió para tener una ampliación en la superficie de contacto para reducir las presiones que se inducen al muro y con ésto reducir también los asentamientos.

Como era necesario, por el proyecto arquitectónico, la demolición total de la misma y como una medida de previsión y seguridad al futuro, en el caso de que este muro continuara hundiéndose, se dejó una nueva "recimentación" a base de perfiles estructurales de acero, que atraviesan de lado a lado, el grueso muro de cimiento de la fachada mencionada, con unas camisas de tubo de acero de 4" de diametro, cedula 40, soldadas electricamente a los perfiles en sus extremos, con el fin de que sí es necesario, sirvan de guía a una serie de pilotes electrometálicos que ayudarían a contrarrestar el hundimiento.

El edificio a través de los diversos "arreglos" a que quedó sujeto en el pasado, sufrió serias mutilaciones y modificaciones que alteraron sustancialmente la traza original.

Entendemos que los trabajos de referencia se hicieron con los mejores propósitos, más sin embargo, esta explicación no nos compensa por lo perdido.

Como ejemplos singulares de lo mencionado, basta recordar las importantes modificaciones que sufrió el Patio Poniente con el desplazamiento del muro Norte y la adición de dos contrafuertes, los que se repiten en el Patio Oriente.

En todo el edificio se había perdido el piso intermedio que existía en el proyecto y construcción originales, entre el nivel de Planta Baja y el de Planta Alta.

Pensamos que esta supresión fué progresiva é imputable a la falta de medios de conservación y mantenimiento, pero no por ello fué menos destructora.

En el Patio Norponiente quedan algunas evidencias de elementos constructivos que fueron eliminados, pero que no son suficientes para intentar reconstruir lo original y que desgraciadamente se perdió.

En la zona que por años ocupó la Secretaría de Agricultura y Ganadería, las modificaciones fueron muy numerosas y en algunos casos trascendentes. Pero felizmente, muchas de las modificaciones se habían hecho con materiales endebles y perecederos, por lo que no fué muy difícil su eliminación, ni excesivamente compleja su restauración.

Los fenómenos naturales también intervinieron para alterar y transformar la geometría original de la edificación.

La fachada norte se caracteriza por su singular desplome hacia la parte interior del edificio.

Las dos fachadas laterales, presentaban agrietamientos severos, que fueron debidamente tratados y una deformación muy acusada hacia su parte media, la que originaba que las molduras y ornamentos en piedra, tomaran una apreciable curvatura.

Pero independientemente de los asentamientos diferenciales, todo el edificio había tenido un hundimiento general muy importante, que lo desproporcionaba; ya que elementos arquitectónicos completos desaparecían, ante las sucesivas capas de pisos y pavimentos a que obligaban el descenso de la propia edificación.

Pensamos que la acción sísmica, como ya se expresó antes, también contribuyó al deterioro del edificio, pero su acción destructiva, en este caso, por las propias características del edificio fue afortunadamente moderada.

Ya en nuestros días, en los años de 1965 y 1967, se hicieron algunas reparaciones urgentes con un monto de \$ 120,000.00, pero no fué sino hasta 1972 en que gracias a la profusa labor promovida por la Sociedad de Ex-Alumnos de la Facultad de Ingeniería (S.E.F.I.), se inició, en forma la restauración del histórico edificio, contando con la colaboración entusiasta, tanto del sector ofi-

cial como de la iniciativa privada, contando además con la valiosa ayuda de todos los ex-alumnos de la Facultad de Ingeniería.

Para lograr cristalizar tan magna obra, se formó un Patronato que se encargaría de la recaudación de los fondos necesarios para llevar a cabo la restauración del Palacio de Minería.

El Patronato de Restauración, en los últimos dos años se encontraba integrado por : el Dr. Guillermo Soberrón Acevedo, rector de la U.N.A.M., el Ing. Leandro Rovirosa Wade, Secretario de Recursos Hidráulicos, a quien le tocó la responsabilidad de presidir este Patronato, el Ing. Luis E. Bracamontes, Secretario de Obras Públicas, el Ing. Antonio Dovalí Jaimes, Director de Petroleos Mexicanos, el M. en C. Enrique Del Valle Calderón, Director de la Facultad de Ingeniería y Presidente Honorario de S.E.F.I., el C.P. Israel Garrido Payán, Tesorero de la U.N.A.M. y el Ing. Bernardo Quintana Arrijoja, Presidente de S.E.F.I.

El Patronato actuaba a través del Comité de Restauración que encabezaba el Ing. Francisco Noreña Casado, en coordinación con los ingenieros Jorge A. Boué Peña, Daniel Ruiz Fernández, Miguel Beltrán Valenzuela, Antonio Murrieta Necoechea y el Ing. Francisco De Pablo Galán, como Gerente de la Obra.

Para la supervisión de los trabajos, se crearon la Dirección Estructural, a cargo del Ing. Samuel Ruíz García y la Dirección Arquitectónica, a cargo del Arq. Ramón Torres Martínez.

La Gerencia de la Obra, nombró para la ejecución directa de los trabajos de restauración al Arq. Rafael Esponda Gaxiola como Residente de la Obra, cargo que posteriormente en el año de 1976, pasó a desempeñar debido al infortunado desenlace del Arq. Esponda.

Al estar trabajando ya en forma en la Restauración del Palacio de Minería, nos pudimos percatar del grado tan avanzado del deterioro en que se encontraban la totalidad de los entresijos; en la mayoría de los casos, en los cuales el sistema se formaba de vigas de madera, tabla y grandes terrados, fue posible observar que las cabezas de las vigas se encontraban sumamente dañadas; en donde se tenían bóvedas de ladrillo apoyadas en viguetas de acero, aquellas se encontraban fracturadas casi en su totalidad, en otros casos se encontraron bóvedas formadas con lámina acanalada, apoyada en viguetas de acero, aquí se pudo observar que las láminas en muchos casos se había corroído y en otros que el empuje que la misma ejercía sobre la vigueta tendía a abrir la separación entre ellas, debido a que no se les había dotado de un elemento adecuado pa

ra tomar dicho empuje.

Se pudo observar también diversas bóvedas ó cúpulas de mampostería con severos agrietamientos, los cuales fueron consolidados primero y posteriormente se recubrieron dichas bóvedas con una membrana envolvente de concreto armado ; también encontramos losas de concreto armado de manufactura reciente, pero la mayoría en pesimas condiciones, por lo que fueron demolidas, procediéndose a su restitución de inmediato.

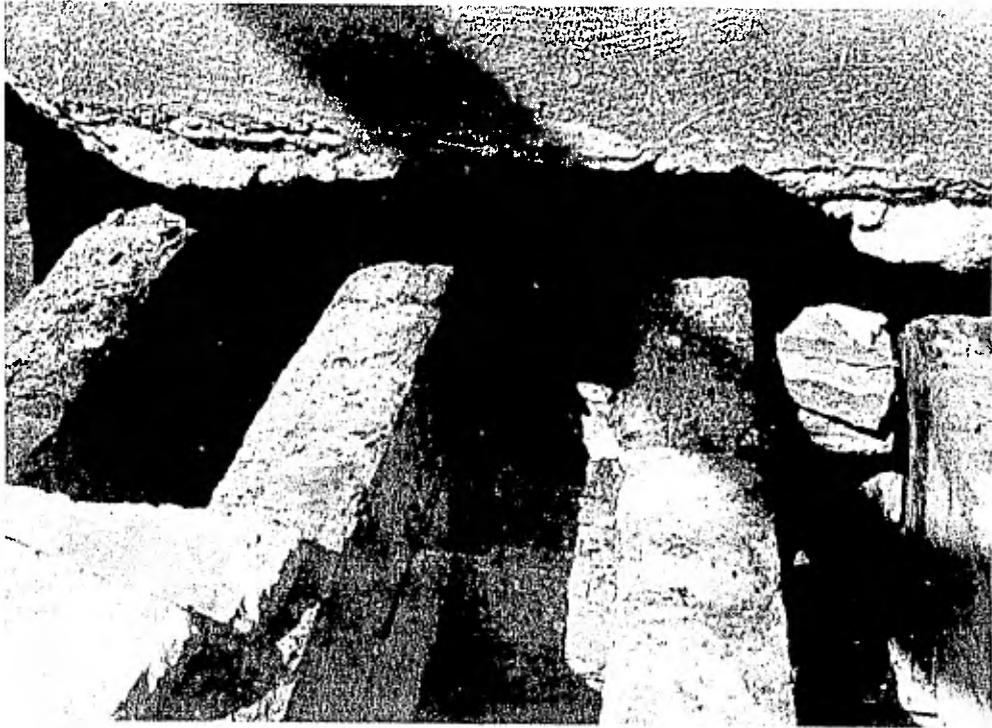
Con la narración de éstos ejemplos, he querido señalar la imperiosa necesidad que había para la reposición de los pisos y techos del viejo Palacio de Minería, para así poder dotarlo de una estructura de la cual prácticamente carecía y con ello, preservar durante muchos años más, la grandiosa obra de Don Manuel Tolsá, además de contribuir para que nuestra querida Universidad y en especial la Facultad de Ingeniería, tengan un lugar digno y bello donde puedan continuar su amplia labor técnica y humanitaria, para así seguir incrementando el acervo cultural de nuestro país.

Permitaseme hacer un breve parentesis para agradecer aquí todas las atenciones que tuve de los miembros del Comité de Restauración, en especial de los señores ingenieros Francisco Noreña, Francisco De Pablo y Jorge Boué,

para el desarrollo de mi función en la grata tarea de la Restauración del Palacio de Minería, así como la gran ayuda del Sr. Ing. Samuel Ruíz García, por su amistad, su apoyo, sus consejos en las horas difíciles y sus enseñanzas a lo largo de más de cuatro años de ardua labor.

No quisiera cerrar este parentesis sin dejar de rendir un homenaje sincero a toda esa gran gama de albañiles, peones, carpinteros, ebanistas, electricistas, plomeros, herreros, yeseros, canteros, pintores y al personal administrativo, que me ayudaron en mi labor y que contribuyeron con su granito de arena para la realización de esta gran obra y en especial al Maestro de obras Luis Linares Colín, que a pesar de su juventud, siempre dió muestras de talento, empeño y amor a su trabajo.

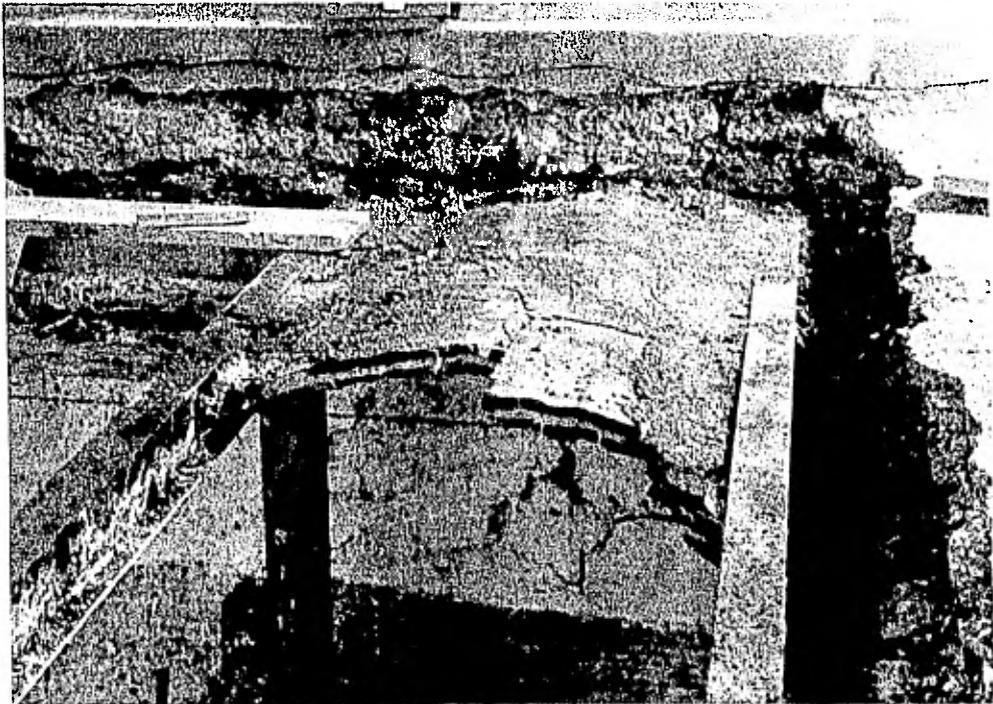
Solo resta decir que los trabajos de Restauración del Palacio de Minería, que se iniciaron en el mes de Marzo de 1972, culminaron el día 26 de Agosto de 1976, cuando en una brillante y emotiva ceremonia que se realizó en el Gran Auditorio conocido antiguamente como "Maternidad", la Sociedad de Ex-Alumnos de la Facultad de Ingeniería hizo entrega de los mismos a la Universidad Nacional Autónoma de México, teniendo como testigo de honor de dicho acto al Sr. Lic. Luis Echeverría Alvarez, Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos.



Detalle de sistema de piso original con viguetas de
madera.



Aspecto que presentaban las cabezas de la viga de
madera del sistema de piso.



Sistema de piso formado por bovedilla y perfiles
estructurales de acero.

1.3.- Diversos Sistemas y Materiales Como Soluciones

Posibles.

Un sistema de piso es una combinación de elementos estructurales con el fin de lograr una superficie horizontal de apoyo capaz de resistir las diferentes solicitaciones en ella aplicadas.

Los primeros sistemas de piso construidos, y de los cuales tuvimos muchos ejemplos en el Palacio de Minería, estuvieron formados por un conjunto de tablones ó duelas apoyados en vigas de madera, que a su vez transmitían las fuerzas a los muros de carga de considerable espesor.

Este tipo de piso, está limitado en cuanto a la dimensión máxima de los claros y a la magnitud de las cargas que pueda soportar, ya que depende de las características de la madera y de las secciones disponibles en el mercado. Actualmente existen otros tipos de materiales que pueden sustituir con ventaja este sistema primario.

Utilizando perfiles estructurales de acero, combinados con elementos de tabique ó ladrillo, es posible obtener un piso a base de bóvedas que todavía está en uso.

Sobre los elementos curvos así construidos, se aplica un relleno de tezontle ó de tierra y posteriormente

un piso de cemento, para obtener una superficie horizontal. Este sistema fué profusamente utilizado en alguna época anterior en Palacio de Minería, lo cual pudimos constatar en nuestro días. Debido a ello nos fué posible rescatar una gran cantidad de viguetas de acero, que posteriormente se utilizaron en la Restauración del Palacio de Minería, como veremos en el capítulo siguiente.

Una variante de este sistema de piso, se logra mediante el empleo de placas de acero, con la desventaja de un mayor costo de los materiales. En los casos en que se ha usado y con el fin de reducir espesores, se le aplica una forma ligeramente curva, que ayuda a reducir la magnitud de los esfuerzos, ya que trabaja como un arco.

El concreto reforzado ofrece una solución más económica y con mayores posibilidades de solución, teniendo en cuenta los distintos casos que se pueden presentar. Aunque se repite el mismo principio de los pisos de madera, tiene una mayor facilidad de ejecución y una mayor capacidad de resistencia.

El sistema de piso que es el más usual, está formado por una combinación de losa y trabes, colados monolíticamente, logrando por lo tanto una mayor resistencia del conjunto así formado. Se mejora la rigidez de la losa al permitir la condición de continuidad sobre las trabes y

al incorporar a estas el espesor de la losa, se logra un menor peralte del conjunto comparado con alguna de las soluciones ya citadas.

En este sistema de piso, para resistir un determinado tipo de carga, se dispone de las siguientes variables :

- a.- Espesor y armado de la losa.
- b.- Separación de las vigas ó trabes, modificando por lo tanto el claro de la losa.
- c.- Dimensiones y armado de las trabes.
- d.- Resistencia del concreto.

En concreto reforzado se puede construir también el tipo de losa plana que no requiere apoyarse en trabes sino directamente sobre las columnas. Tiene la ventaja de ofrecer una superficie plana en su parte inferior, fácil de cimbrar y a la que es posible darle un acabado económico. Además, como su peralte total es menor que el de un sistema de piso formado por losas y trabes, reduce la altura total de la estructura de la cual forma parte.

Se tiene también otro sistema conocido como losas perimetrales ó autoportantes, reciben ese nombre ya que se apoyan en todo su perímetro.

En general se arman con dos sistemas perpendiculares de varillas, aprovechando la resistencia compresiva del

concreto en ambos sentidos.

Una gran ventaja que tienen las losas perimetrales es la de que se pueden calcular para una carga total inferior a la que se tiene que aplicar a un entrepiso construido por nervaduras ó vigas que trabajen en un solo sentido.

Existe también el sistema de losas planas aligeradas en las que el refuerzo se agrupa ocupando las nervaduras en que se ha dividido la losa.

Este sistema tiene dos variantes, en una las nervaduras son pequeñas vigas rectangulares y en la otra, son vigas T.

Cuando dichas nervaduras o vigas van en ambos sentidos, se conocen por losas reticulares.

Entre las nervaduras se usan bloques huecos, ó simplemente de material ligero. A veces los bloques se reducen a ladrillos ligeros alternados que se colocan siguiendo una cierta geometría ó a moldes más grandes, que pueden ser de material plástico.

Generalmente, la resistencia a la compresión que puedan tener los bloques no se considera en el cálculo, de manera que éste, en principio, es igual al de las losas macizas, pero teniendo sólo en cuenta el espesor de las nervaduras.

Cuando sobre los bloques se cuela una losa que constituye como en las vigas T un elemento de compresión no debe ser menor de 5 cm. de espesor si los bloques tienen un máximo de 60x60 cm. y de 6.5 cm. cuando ellos sean de 75 x 75 cm.

Cuando con la medida disponible de los bloques, no se ajusta el tamaño de la losa, es indicado aumentar el grueso de las nervaduras calculadas.

Las losas hechas con bloques pueden estar constituidas por nervaduras que se apoyan en un solo sentido, y de hecho así trabajan cuando la proporción entre sus lados es mayor de 2 ; pero aun en este caso es indicado colocar en el sentido largo unas nervaduras de liga.

Ellas evitan las grietas que por diferentes movimientos aparecen a lo largo entre las nervaduras principales que, aunque no sean de peligro, dan mal aspecto, reparten la carga de cada nervadura principal a las vecinas y ligan la construcción en general.

Es conveniente que su separación no pase de 75 cm. y preferentemente de 60 cm.

Un tipo especial de sistema de piso es el formado por dos ó más sistemas de vigas paralelas que se cruzan formando una retícula. El espacio entre las vigas se cubre con una losa de concreto de dimensiones mínimas.

Cuando el claro a cubrir presenta una forma rectangular puede ser más conveniente orientar las vigas según dos direcciones inclinadas, con lo que se logra que todas las vigas sean de la misma longitud y rigidez, repartiendose la carga de manera uniforme entre todas las vigas del sistema.

La eficiencia de cada una de estas vigas es mayor por estar restringidos sus desplazamientos, por otra viga.

Un caso particular de este sistema de piso es la llamada "tridilosa", formada por una estructura espacial de acero, semejante a una armadura, y en la que la cuerda superior de compresión se sustituye por una losa delgada de concreto, con lo que el sistema se comporta como una estructura mixta.

Muy usado también, es el piso formado por elementos precolados de concreto que se apoyan sobre un sistema de trabes. Permite una mayor facilidad de fabricación y un menor tiempo de construcción junto con una mayor economía en algunas etapas del proceso constructivo.

En este sistema de piso siempre se recomienda efectuar sobre el mismo un colado de espesor mínimo reforzándolo por temperatura, para que reparta de manera uniforme las cargas. De no hacerlo así, el comportamiento in

dividual de los elementos precolados ante un sistema de cargas, ocasionaría desplazamientos individuales entre lo sas contiguas y llegaría a afectar el acabado superior del piso en cuestión.

En estructuras de acero, el sistema de piso usual, esta formado por una losa de concreto armado apoyada en las trabes de acero, que pueden ser armaduras, viguetas, ca nales, etc. A su vez la losa de concreto puede ser una losa perimetral, aligerada, etc. En este tipo de estructuras los pisos se utilizan como elementos para sujetar la zona de compresión de las trabes y como diafragmas para la transmisión de fuerzas horizontales.

Uno de los sistemas más modernos que existen en la actualidad, es el sistema LOSACERO ROMSA, el que combi nando las propiedades de la lámina galvanizada acanala da de acero y las del concreto, constituye un nuevo sistema de losa con diferentes funciones, que permite lograr nuevos niveles de eficiencia estructural y arquitectónica, instalándose con gran rapidez y contribuyendo así al avance general de la obra.

1.4.- Soluciones Ensayadas. Ventajas é Inconvenientes
de Cada Una .

Múltiples y variadas fueron las soluciones que se tomaron para la reestructuración de pisos y techos en el Palacio de Minería, desde la tradicional losa maciza autoportante de concreto armado, hasta la moderna Losacero, pasando por los sistemas de elementos presforzados, las membranas ó cascarones de concreto y por el sistema de losa de concreto apoyada en viguetas de acero.

En las siguientes líneas haremos una descripción detallada de cada una de las soluciones utilizadas, así como la ubicación de las mismas. Para ello, haremos uso de la notación que empleamos en el curso de la obra.

Esta notación consta de una letra para identificación del nivel y de un número para el salón. Para nombrar al nivel de Planta Baja se utilizó la letra A, para el nivel Mezanine la letra B, para el nivel de Piso Principal, utilizamos la letra C y para el nivel de Azoteas, la letra D.

En los planos que acompañan éste trabajo, se puede localizar sin dificultad cada salón, de acuerdo con lo expuesto anteriormente.

1.4.1.- Losas de Elementos Presforzados.

Al iniciarse los trabajos de reestructuración se hizo uso de los sistemas a base de elementos presforzados, con resultados no del todo satisfactorios, en áreas afortunadamente pequeñas y a manera de ensayos, los que simplemente demostraron ser soluciones posibles pero no convenientes, a los problemas de solución múltiple enfrentados.

Los sistemas empleados fueron : el de Bovedillas Vibrocomprimidas, en el salón C-11 y el de losas de Siporex en los salones B-19, C-12 y en la primera etapa del piso del salón C-18 (Ex-Capilla).

El sistema de Bovedillas Vibrocomprimidas esta formado por vigas precoladas y pretensadas sobre las que se apoyan bloques huecos de concreto ligero. El piso así formado se recubre con un firme de concreto armado con malla de acero. En nuestro caso, las viguetas de acero existentes en la obra, sustituyeron ventajosamente a las vigas pretensadas.

El Siporex, es un concreto ligero que se surte en forma de losas reforzadas prefabricadas. Se elabora con cemento, arena finamente molida y agentes químicos adicionales.

Recibe un tratamiento con vapor a temperatura y presión elevadas con el que se termina el proceso de manufactura, dando por resultado la formación de silicato monocálcico, compuesto químico que da al Siporex su resistencia

mecánica y estabilidad dimensional.

Las losas de Siporex tienen parrillas de armado de tensión y compresión consistente en varillas longitudinales soldadas a bastones transversales. El armado está protegido con una capa de anticorrosivo especial a base de cemento y látex.

Las losas de Siporex tienen una ranura para su junteo, donde se alojan las varillas de anclaje y los bastones de continuidad.

El Siporex se utilizó en el Palacio de Minería, apoyándolo en el patín superior de las viguetas de acero a las que previamente se les había soldado los elementos de anclaje para sujeción de las losas, colándose posteriormente un firme de concreto de 5 cms. de espesor, reforzándolo por temperatura con Malla-Iac 66-1010.

Entre las principales ventajas de éstos sistemas, tenemos que se elimina absolutamente el empleo de la cimbra ordinaria para una losa de concreto, lo que permite además un gran ahorro, ya que el desperdicio de madera, clavos, lubricantes, herrajes, mano de obra especializada etc., se elimina totalmente.

Otras ventajas son : su rápida colocación, ligereza, la alta incombustibilidad, mayor limpieza de la obra.

Con el uso de éstos sistemas, se logra además una im-

portante reducción en los costos indirectos por : eliminación de cimbra, rapidez en la colocación, eliminación de tiempos muertos por fraguado de concreto, continuidad de trabajos subsecuentes.

En cambio sus desventajas son que requieren de una inversión inicial en equipo especial de montaje, su fragilidad, antes de ser colocados, requiere de un cuidado especial de las piezas y de cierta precaución en la colocación, pero el mayor inconveniente desde el punto de vista estructural es la falta de continuidad en las losas; a su vez, las trabes se encuentran sin la restricción lateral en la zona de compresión, que representaría una losa de concreto colada monolíticamente, por lo que se debe verificar la estabilidad de estos elementos ante efectos por pandeo.

En vista de lo anterior, se hace imprescindible efectuar sobre estos sistemas, el colado de un firme de concreto para que reparta de manera uniforme las solicitaciones a las que se ve sujeto el sistema. De no hacerlo así, el comportamiento individual de los precolados ante un sistema de carga puede producir desplazamientos individuales entre las contiguas y por lo tanto la rotura del acabado superior del piso.

1.4.2.- Losa de Concreto Armado Autoportante.

Antes de seguir adelante, es conveniente definir lo

que es una losa.

Son miembros estructurales con una de sus dimensiones, su espesor, muy pequeña comparada con las otras dos. Generalmente están sujetas a sollicitaciones perpendiculares o contenidas en su plano medio, las primeras corresponden a las cargas gravitacionales y las segundas pretenden reproducir la acción del sismo ó del viento. Las losas no son más que placas de concreto, con ellas se forman los pisos de los edificios y se transmiten las cargas a las trabes de apoyo ó a los muros. Estas mismas losas, cuando el edificio se encuentra sometido a fuerzas laterales, se comportan como vigas de diafragma sometidas a cargas en su plano medio.

En la selección del tipo de losa , intervienen una serie de factores de carácter estructural, tales como el tipo de carga, la magnitud de los claros, las características de la estructura general, etc., además debe tomarse en cuenta la facilidad en el cimbrado y construcción de dichos elementos.

De acuerdo con lo anterior, el sistema de losa de concreto armado autoportante, se utilizó en donde la magnitud de los claros era muy pequeña y no requería el empleo de algun otro elemento estructural.

En algunos casos se calcularon utilizando el método de igualación de flechas y en otros, debido a su gran exten

sión, se calcularon considerandose el trabajo de la losa en el sentido del claro corto, reforzandose transversalmente por temperatura.

El procedimiento constructivo que empleamos consistió en lo siguiente : definir los niveles de piso terminado requeridos por el proyecto arquitectónico, habilitación de la cimbra de contacto, abrir una ranura perimetral en el muro de 15 cm. de espesor por 10 de profundidad para dar el apoyo necesario de la losa, habilitación y armado del acero de refuerzo y posteriormente el colado de la losa.

Es importante hacer notar que todas las losas que construimos, se curaron intensivamente con agua, durante ocho días, con el objeto de dotar al concreto de un elemento vital en el proceso de adquisición de su resistencia.

Los salones que se resolvieron con el sistema de losa de concreto armado autoportante y que corresponden a la primer etapa de la reestructuración del Palacio de Minería son : B-7, B-18, B-20, B-21 y 22, B-25, B-26, B-30, B-31, C-15, C-19 D-8 y D-15.

1.4.3.- Losa de Concreto Armado Apoyada en Trabes.

En una segunda etapa de reestructuración, y con objeto de reforzar y asegurar una liga adecuada entre los muros perpendiculares, los cuales, por su precaria y escasa resistencia a la tensión, frecuentemente se separaban, se deci-

dió apoyar la losa en una trabe de borde perimetral, que integrada al muro, garantizaba un reparto adecuado de la carga transmitida.

La sección básica que utilizamos fué de 30 x 30 cm., armada con 3 varillas del # 6 en cada lecho y estribos de alambre de 1/4 " Ø a cada 15 cm.

En algunos casos esta sección se modificó debido a problemas que surgieron en la demolición de los muros para alojar la trabe ó bien por utilizarse ésta, como cerramiento de alguna puerta o ventana, haciendo los refuerzos necesarios en el acero, requeridos por la nueva sección.

En otros casos, como en la así llamada zona de arcos del nivel mezanine (B-33), en donde se tenía que soportar los arcos de cantera y además recibir adecuadamente la carga de la losa, nuestra sección básica cambió totalmente en el sentido transversal, respetándose en el sentido longitudinal, aunque en planos diferentes debido al escalonamiento de la losa en esa zona.

En la parte sur del edificio, en donde se localiza el núcleo de sanitarios, la sección de la trabe cambió en el extremo sur a 20 x 100 cm. y en el extremo norte de la misma zona, a 30 x 50 cm., en cambio en el pasillo B-36, la trabe sur se construyó con una sección variable y siguiendo la geometría de los arcos inferiores que quedaron sujetos de ella.

El cálculo de losas bajo este sistema, se basó en considerar su trabajo en el sentido corto.

Los salones resueltos con este sistema son : B-15, B-33, B-36, B-40, C-17, C-26, C-36, D-17 y D-36.

Un caso de losas que merecen un comentario particular son las que constituyen el pasillo principal alrededor del Patio y Escalera Principales (C-28, 29, 30, 32, 33, 34 y 35).

Estas losas se trataron igual que las ya descritas, pero aquí el trabajo como vigas de diafragma flexionándose en el plano medio de la losa es franca y claramente predominante a la deformación por fuerza cortante, al contrario de lo que usualmente se consideró en el diseño de las losas de los salones. Por lo consiguiente, las losas citadas llevaron el clásico armado de una trabe de concreto armado, abatido, en este caso, 90° .

El refuerzo mencionado se extendió alrededor del cubo de la escalera monumental, encontrándose algunas barras de sección cuadrada de acero, colocadas en alguna de las reconstrucciones anteriores, coincidiendo en posición con las barras redondas y corrugadas de gran diametro (1"), que pasabamos en columpio de un lecho a otro de nuestras vigas diafragma sensiblemente horizontales.

Las losas de azotea de los mismos pasillos, por razones presupuestarias, no se reestructuraron, pero afortunadamente,

se tomaron las precauciones necesarias para que trabajando únicamente el marco que se construyó en el piso de los pasillos, se puedan tomar los giros y desplomes de las fachadas interiores y que ven hacia el Patio Principal.

En el caso de las losas de los pasillos descritas anteriormente, se decidió dejar la viguería que sustentaba el entrepiso anterior, por encontrarse en muy buen estado de conservación, cambiándose exclusivamente la duela, por otra de mayor resistencia y que además sirviera como falso plafón.

Tanto las vigas de madera, como la duela, se trataron intensivamente con una solución a base de pentaclorafenol y clohordano, para preservarlas de la acción destructora de los agentes bacteriológicos.

1.4.4.- Membranas Envolventes de Concreto Armado.

Esta solución se empleó en aquellas zonas en donde encontramos bóvedas o cúpulas de mampostería, algunas acusando severos agrietamientos, como en las de la Ex-Capilla y las del Salón de Recepciones (Antigua Dirección).

El procedimiento que se siguió en este caso consistió en limpiar perfectamente toda la superficie, eliminando las partes sueltas, enseguida se lavó toda la bóveda con objeto de remover las partículas sueltas del cementante anterior y para lograr una mejor adherencia del concreto.

Enseguida se efectuó el tratamiento de las diversas gri

tas,procediendo a su consolidación mediante la inyección y rejunteo de las mismas,con morteros de cemento portland y resinas epóxicas para reconstituir la continuidad perdida.

Posteriormente se trazó una retícula de 50 x 50 cm. para ubicar en sus intersecciones,numerosas anclas constituidas por pedacería de varilla corrugada del # 3,las cuales se fijaron a la mampostería utilizando resinas epóxicas del tipo del Colma-Dur B.V.,quedando ahogadas en el concreto que se coló posteriormente.

Se constituyó así una membrana envolvente de la bóveda existente,a la que se le confió la resistencia total agregada del peso propio de la bóveda de referencia.

El armado del acero de refuerzo de estas membranas,tuvo dos variantes;en el caso de la bóveda de la Ex-Capilla (C-18) y en las del pasillo B-35,se trató de un armado del tipo radial,teniendo círculos concéntricos intersectados por diagonales,para así formar una retícula aproximada de 15 x 15 cm.,utilizando para ello varillas del # 3.

En el Salón de Recepciones (C-1),en cambio,el armado de la membrana se realizó en forma reticular,con varillas del # 3 colocadas a cada 15 cm. en ambos sentidos,teniendo un espesor de concreto de 12 á 15 cm.en el arranque y de 6 á 8 cm. en la parte central.

En las bóvedas planas que encontramos, y que no tenían

fracturas de consideración especial, el armado de la membrana, fué el de una losa típica de concreto armado, no obstante se decidió que también se ligaran con la losa, mediante las anclas ya tradicionales de varilla del # 3; tal es el caso de los salones B-23, B-24, parte del B-40 y la esquina sur-oriente del salón C-20, así como los pasillos que ligan la escalera de la Zona B (ocupada anteriormente por la S.A.G.) y que son el B-48 y el C-44.

1.4.5.- Losas de Concreto Armado Apoyadas en Viguetas de Acero.

Esta solución fué la más usual que se empleó en la Restauración del Palacio de Minería, debido a los grandes claros por cubrir a la extensión de los salones, por lo que si se hubiese optado por una losa maciza de concreto armado, nos hubiera conducido a secciones sumamente pesadas, poco convenientes y antieconómicas.

Al diseñar una losa bajo este sistema se considera la interacción de una losa de concreto con una viga de acero por medio de un dispositivo mecánico llamado conector ó desarrollador de cortante soldado electricamente en el patín superior de las viguetas, para así conseguir la adecuada y deseable liga entre la losa y la vigueta sustentante. La losa de concreto se convierte en el patín de compresión de la viga, mientras que la sección de acero resiste los esfuerzos de tensión, formando así lo que se conoce como una viga de sección compuesta.

Por lo general, la parte de la vigueta en tensión no esta ahogada en el concreto. Los conectores que utilizamos con mayor frecuencia, consistieron en pedazos de varilla corrugada del # 12, soldados al patín superior de las viguetas.

El uso de las vigas de sección compuesta trae como consecuencia un ahorro en el costo de la estructura debido a que la hace más eficiente y con mayor rigidez, por lo que los problemas frecuentes en estructuras esbeltas (flechas considerables y vibraciones perceptibles) desaparecen.

Con ellas se logra que la losa desempeñe varios papeles al mismo tiempo, ya que no solo se usa para transmitir las cargas de piso a las viguetas, sino que también colabora en soportar la carga conjuntamente con las vigas de acero.

Para lograr la conveniente liga entre las viguetas y garantizar un trabajo de conjunto más eficiente, ante las obligadas cargas, puntuales y lineales, que siempre existen y para las que el sistema descrito no tiene solución propia, se dispusieron puntas de varilla corrugada del # 6, soldandolas electricamente a los patines superior é inferior de las viguetas sucesivas.

Estos tirantes se dispusieron en una o dos líneas, al centro o a los tercios de la luz de las viguetas, dependiendo de su claro.

Este sistema, resultó particularmente eficiente para absorber las elevadísimas cargas concentradas, que durante la ejecución de los trabajos, se aplicaron involuntariamente en algunas ocasiones, a las losas descritas.

En todos los casos, las viguetas de acero, se hacían descansar en una trabe perimetral de repartición de carga construida dentro de los muros. Esta trabe además, permitía el fácil y económico refuerzo en una zona en donde obligadamente se creaba una disminución seria al espesor del muro, como consecuencia del espacio que las cabezas de las vigas requerían y que no siempre se recibían adecuadamente.

La sección típica de la trabe de repartición de carga fué de 15 x 25 cm., armada con 3 varillas del # 6 en cada lecho y reforzadas con estribos de alambón de 1/4" \varnothing , colocados a cada 15 cm.

Las zonas que se resolvieron con este sistema son las siguientes :

a.- Nivel B Mezanine : 5,6,9,10,11,12,14,32,34,37,38,
39,41,44,46,50,51 y 52.

b.- Nivel C Principal : 2,10,13,14,16,21,22,23,24,25,
27,37,40,43,45,45' y 46.

c.- Nivel D Azoteas : 1,2,3,4,5,6,7,10,11,12,13,14,
16,21,22,23,24,25,26,37,40,43,45' y 46.

Es interesante señalar, que en todos los casos trata-

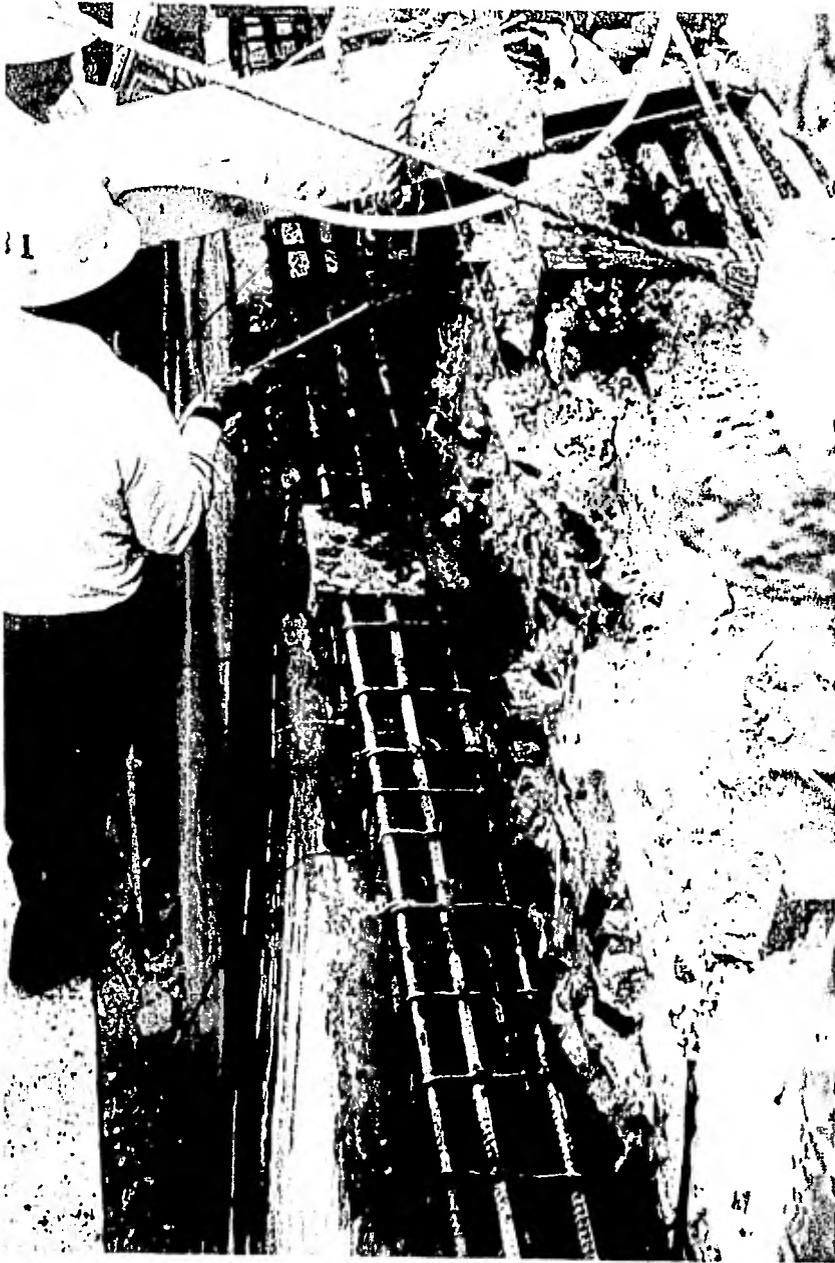
mos de aprovechar las numerosas viguetas que se iban rescata-
tando de la demolición de pisos y techos existentes, usando
profusamente las así llamadas viguetas caladas, técnica esta
que permite aperaltar 1.5 veces a la vigueta normal, con la
consiguiente ganancia en resistencia y rigidez.

En algunos casos, como en la estructuración de parte
del piso de la Maternidad, éstas viguetas se dispusieron por
pares, por así exigirlo el cálculo estructural y fué necesario
unirlas mediante cordones longitudinales de soldadura en los
patines inferiores y mediante tramos de ángulo de 3", que hi-
cieron las veces de conectores en los patines superiores.

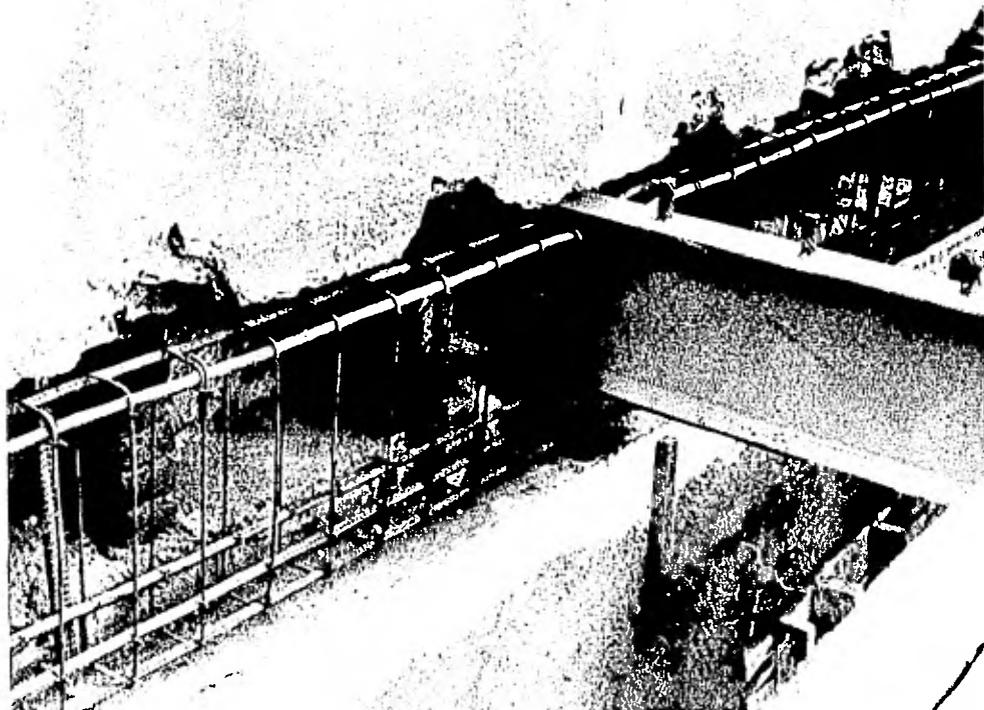
El uso constante y racional de estas viguetas cala-
das, nos permitió además un ahorro de 32 toneladas de vigueta
I-16" del pedido original de 70, para la reestructuración de
la zona B, ocupada anteriormente por la S.A.G.

1.4.6. Sistema Losacero.

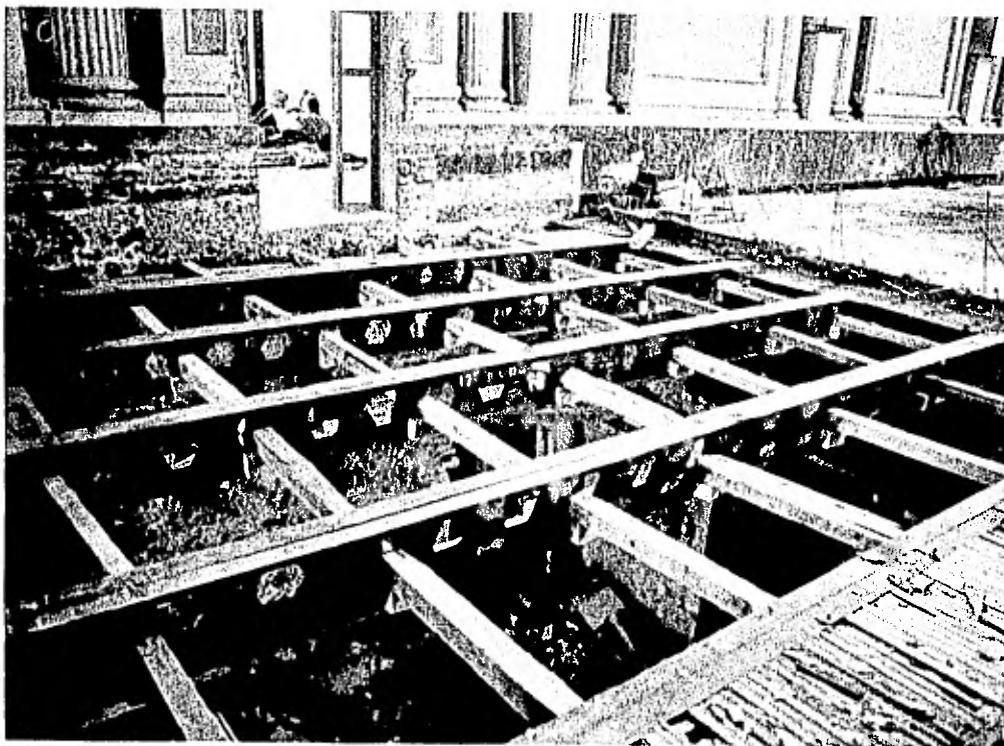
Este sistema lo empleamos en las zonas que requerían
un tratamiento especial y cuya explicación del uso que se
le dió, se tratará ampliamente en los capítulos subsecuentes
de este trabajo.



Trabe de repartición de carga con placa de asiento de viguetas.



Anclaje de viguetas del sistema de piso en muro.



Estructuración del piso del salón principal, utilizando viguetas de acero de alma abierta.

1.5.- Aplicación del Sistema LOSACERO.

La LOSACERO ROMSA, es un diafragma metálico formado de acero laminado en frío, la cual es rolada en continuo con una configuración de acanalado rectangular, cuyas propiedades veremos más adelante. Este miembro al ser rolado, se le provee de una serie de indentaciones y relieves que permiten la unión mecánica de esfuerzos rasantes entre la losacero y el concreto vaciado en la obra.

La losacero en realidad, viene a ser un componente estructural horizontal, que comportándose como diafragma, transfiere las fuerzas sísmicas a los demás elementos estructurales.

El diseño especial de la lámina consiste de una serie de indentaciones y relieves hechos en las caras horizontales y verticales. Las indentaciones quedan definidas como áreas de metal en las cuales penetra el concreto y los relieves se definen como áreas de metal que se introducen en la masa del concreto.

La unión entre la lámina con estas corrugaciones y el concreto, da como resultado un trabajo de conjunto para la acción de fuerzas verticales.

Las dimensiones y localización de las corrugaciones,

se determinaron después de intensas investigaciones y experiencias de muchos años, por los investigadores de Robertson Company en los Estados Unidos, para lograr la unión mecánica mencionada.

El sistema completo, actuando en sección compuesta, consiste de los siguientes elementos :

- 1.- Piezas de LOSACERO de longitud variable por un ancho constante de 0.61 m., cuya unión entre ellas se realiza mediante un ensamble engargolable lateral, siendo las juntas transversales a tope.
- 2.- Concreto hidráulico cuyo espesor y resistencia a la compresión varían en función de los claros y las cargas supuestas de proyecto.
- 3.- Pernos de cortante de acero, de diámetro y longitud variable, en función del espesor del concreto.
- 4.- Trabes de apoyo estructurales, en donde se fijan las piezas de LOSACERO, engargoladas y soldadas a fusión mediante los pernos de cortante ó soldadura de tapón de 3/4 " ϕ .

El sistema de instalación es así :

- a.- Se izan las secciones de LOSACERO al lugar de la instalación mediante el mecanismo con que se cuenta en la obra.
- b.- Se procede al tendido de material haciendo a la vez

el machimbre de las secciones, avanzando de izquierda a derecha y cubriendo primero las zonas mayores y regulares dejando las menores é irregulares al último.

c.- Se efectua entonces el trabajo de soldadura de los pernos de cortante, mediante el sistema de fusión, con pistola eléctrica y automática que suelda dichos pernos a través de la lámina galvanizada hasta el patín superior de las viguetas estructurales o trabes de acero, o bién a las placas metálicas provistas de anclas en el caso de muros o trabes de concreto, placas que han sido previamente ahogadas en dichos elementos. El número de pernos está en función del valor del esfuerzo cortante horizontal que por cargas dinámicas esté actuando en un momento dado sobre el nivel correspondiente. Lo anterior se aplica a los casos en que la estructura ha sido diseñada en trabajo compuesto con la losa que soporta; para los casos de estructuras de trabajo convencional el sistema de fijación es mediante soldaduras de fusión de 19 mm.Ø, también a través de la lámina galvanizada y hasta fusionarse con el acero de la estructura de soporte.

d.- Enseguida se hace el trabajo de tapajuntas alrededor

de columnas y en los bordes del piso, cerrando específicamente cualquier hueco que pudiera permitir fugas de concreto.

- e.- Posteriormente son colocados los tapones o cierres de los extremos de las unidades, que tienen por objeto el cerrar las canales de las mismas, formando así una contención al concreto, complementándose esto con el cacheteado perimetral de toda la losa, incluyendo ductos, pasos y cubos interiores, de una altura correspondiente al espesor del concreto sobre la rasante de la lámina.
- f.- El siguiente paso es colocar en toda la extensión del sistema, una malla electrosoldada 66-1010 como refuerzo a tensión por contracciones de temperatura en el concreto de relleno, procurando que ésta quede situada al centro del espesor "A" del concreto.
- g.- Por último se cuela mediante los procedimientos convencionales, el concreto del espesor, resistencia y peso especificados de antemano.
- h.- En el caso de haberse especificado apuntalamiento temporal, este deberá ser hecho antes del colado y podrá removerse una vez efectuado el fraguado inicial del concreto (6 ó 7 horas).

El sistema trabaja apoyandose en traves de acero o de concreto. Al unir la Losacero con el patin superior de las viguetas, por medio de conectores de cortante, se logran todas las propiedades y caracteristicas de una estructura mixta, como son : menor peralte en las traves de acero, reduccion de altura para el renglon de acabados, conservandose la accion de diafragma horizontal necesaria ante la presencia de fuerzas horizontales debidas a sismo o viento.

El mismo efecto de patin y diafragma mencionado anteriormente, se logra al unir la losacero con traves de concreto armado o al apoyarse directamente sobre dalas o muros de concreto o de tabique.

Es importante resaltar que el galvanizado de la lamina acanalada, le asegura una vida permanente en cualquier condicion ambiental.

El sistema LOSACERO se utilizó en el Palacio de Minería, apoyandolo en viguetas de acero mediante soldadura de arco eléctrico, soldando posteriormente los desarrolladores de cortante; al principio usamos los pernos proporcionados por el fabricante y ángulo de 3" x 1/4 ", pero posteriormente se decidió emplear tramos de varilla corrugada del # 12, por su mayor eficiencia.

El sistema LOSACERO se utilizó con éxito en las zonas

más importantes del Palacio de Minería, las que requerían de un proceso constructivo sumamente elaborado y de una atención particular al respecto, ya que se trataba de construir una losa en donde se tenían plafones pictóricos de un valor artístico sumamente apreciable y que debían protegerse adecuadamente ó en donde teníamos bóvedas severamente fracturadas, por lo que no era conveniente dejar que el nuevo sistema de piso gravitara sobre ellas, además, en ambos casos, se tenían los problemas inherentes a la cimbra perdida, puesto que no era factible su recuperación.

Las zonas de referencia son : el piso y techo de la Ex-Capilla (C-18 y D-18), el piso del salón de recepciones (C-1 Antigua Dirección) y el techo del salón del Ministro (C-45) .

Pasaremos ahora a describir detalladamente el uso que se le dió a la LOSACERO ROMSA, en las zonas arriba citadas.

1.5.1.- Ex-Capilla.

Al efectuar la demolición del piso (C-18) de esta zona, para proceder a su reestructuración, encontramos una bóveda de doble curvatura, sobre la que gravitaba un relleno de tierra de un espesor considerable del orden de 30 á 40 cms. en la parte central de la misma; esta zona estaba

limitada por dos muretes de mampostería, sobre los que se habían construido dos bóvedillas de ladrillo, sensiblemente horizontales con el marcado propósito de no tener rellenos de tierra en las zonas laterales de arranque de la bóveda, los que hubieran alcanzado espesores mayores, del orden de 1.50 m. ó más, por tratarse de las partes más profundas de la misma.

El proceso constructivo consistió en demoler las bóvedillas de ladrillo así como los muretes, retirar todo el relleno de tierra y tratar ésta de la forma en que se explicó en el capítulo anterior en el inciso 1.4.4.

Para resolver el nuevo sistema de piso, se pensó en utilizar el sistema tradicional de losas de concreto armado y viguetas de acero, las cuales quedarían apoyadas en los muros norte y sur de la Ex-Capilla, pero pronto se desechó esta idea, ya que desafortunadamente estos muros se encontraban sumamente dañados, en especial el muro sur, el cual descansa sobre un arco de cantera, cuyos apoyos habían perdido toda continuidad y a pesar de que se le restauró totalmente, no se le tenía la confianza suficiente para transmitirle la carga del entrepiso.

Por consiguiente se pensó en una solución a base de dos trabes maestras de concreto armado, en el sentido oriente-poniente, adyacentes cada una de ellas al macizo

del altar, que también se apoya sobre la bóveda y sobre las cuales apoyaríamos nuestra losa de concreto armado.

Esta solución dió como resultado secciones sumamente complicadas y antieconómicas, cuya ejecución se consideró poco conveniente.

En ambos casos se tenía el problema de la cimbra, ya que no era factible su recuperación, con la consiguiente pérdida material de la misma y la de la mano de obra por utilizar.

Fué entonces que se decidió emplear el nuevo sistema llamado LOSACERO, que con éxito se estaba empleando en el Palacio Nacional y en otras zonas de la Ciudad de México.

Como LOSACERO nos daba una solución limpia y sencilla se pensó que la estructura de soporte de la misma fuera también limpia y sencilla, lo que se logró a base de utilizar perfiles estructurales de acero.

Esta estructura consistió en dos pares de viguetas I-15" pesada, apoyadas en los muros oriente y poniente de la zona, en la parte central se soldaron a tope, pares de viguetas H-6" ya que la altura de la bóveda y el cascarón de concreto que la cubre no permitían utilizar otro tipo de perfiles.

Posteriormente se ligaron las H-6", mediante tensores

constituidos por puntas de varilla corrugada del # 6, soldados electricamente en los patines de las viguetas y colocados al centro del claro de las mismas, con lo que garantizamos el trabajo en conjunto de todas las viguetas.

Finalmente, en los extremos se soldaron a las viguetas I-15" principales, tramos de viguetas I-7", apoyadas en los muros y que al igual que las viguetas H, se colocaron con una separación de 1.75 m., para dar el apoyo requerido por la LOSACERO. Esta separación entre viguetas, tuvo una pequeña diferencia con la que arrojó el cálculo estructural, pero no se consideró importante.

Una vez terminada la estructura metálica, se procedió al montaje y colocación de la LOSACERO y de los elementos para tomar el esfuerzo cortante, efectuándose en seguida el armado del acero de refuerzo de la losa, exclusivamente por temperatura utilizando Malla-Lac 66-1010 y efectuando finalmente el vaciado del concreto con un espesor de 8 cm., sobre la lámina acanalada.

Por lo que respecta al techo de la Ex-Capilla (D-18), el problema por resolver, era la sustitución del techo a dos aguas de lámina de asbesto, por una losa de concreto, sin afectar en lo absoluto el valioso plafón pictórico que contiene las dos únicas pinturas que existen de Rafael Jimeno y Planes.

En este caso se utilizó la LOSACERO, exclusivamente como cimbra, sin ignorar sus propiedades intrínsecas, para apoyar sobre ella una losa de concreto armado con el fin de garantizar una mayor resistencia y pensando también en la utilización futura de esta azotea.

Para iniciar los trabajos de reestructuración en esta zona y con el objeto de impedir la entrada del agua de lluvia sobre la misma, se construyó una techumbre de protección a base de una estructura tubular recubierta en todas sus caras con lámina de cartón.

Se procedió entonces a desmontar las láminas de asbesto y los caballetes de madera. Estos caballetes descansaban sobre una serie de armaduras de acero, las cuales a su vez estaban ligadas a las vigas de madera que sustentan el plafón. En consecuencia y con el fin de no lesionar en lo absoluto el plafón, se decidió dejar las armaduras revisando y en su caso reforzando las uniones de las mismas y ligándolas entre sí, utilizando para ello varillas longitudinales del # 6 para tener una estructura independiente de nuestro sistema de piso y a la cual se le confió el soporte definitivo del plafón pictórico.

Enseguida empezamos a sacar todo el polvo acumulado por años sobre el plafón, que tenía en casi toda el área un

espesor de 40 cm.,posteriormente se aspiró toda la super_ficie con el fin de eliminar en lo posible las partículas de polvo.

Después de realizado lo anterior,efectuamos el tratamiento de preservación de las vigas de madera,utilizando la solución a base de pentaclorafenol y cloordano recomendada por el Dr.Ramón Echenique del Instituto de Biología de la U.N.A.M.

Habiendose efectuado estos trabajos preliminares,el siguiente paso fué recrecer los muros perimetrales para coronarlos con nuestra trabe de repartición de carga y asiento de viguetas.En este caso la sección de la trabe fué de 25 x 60 cms.,armandose con 6 varillas del # 6 en cada lecho y reforzandola con estribos dobles de dos ramas de alambión de 1/4" Ø,colocados a cada 15 cms.La disposición de los estribos fué tal que permitió tener las varillas convenientemente ligadas.

Una vez colada la trabe de repartición de carga en su totalidad,efectuamos el montaje de las viguetas I-15" de esta zona,las cuales quedaron espaciadas a cada 1.52 m., encorazando sus cabezas,con otra trabe de concreto simple en todo el perimetro.

Posteriormente efectuamos la colocación de la lámina ROMSA,y en este caso tan especial,todas las uniones se

se sellaron con Butil-Set, para garantizar en lo absoluto que el agua del colado de la losa no pasaría al interior del plafón, lo que a la postre logramos.

Con objeto de que el agua de los diversos colados no se transmitiera al plafón, procedimos a colocar lienzos de polietileno en todo el perímetro interior, lo que nos permitió trabajar con cierta seguridad.

Aquí también, como en todos los casos en que utiliza mos viguetas de acero, se efectuó la conexión de desarroladores de cortante, utilizando tramos de varilla del #12 colocados a cada 30 cms.

El armado de la losa se efectuó con varilla del # 2.5 a cada 15 cm. en el claro corto y a cada 30 cm. en el sen tido largo, colandose posteriormente la losa de concreto con un espesor de 12 cm. sobre la lámina ROMSA.

Es interesante hacer notar que con el fin de realizar inspecciones periódicas del plafón, construimos un paso de gato colgado de las viguetas I-15", este nos sirvió además durante el tiempo que laboramos en el Palacio de Minería y debido al especial interés personal sobre el sistema LO- SACERO, para observar su comportamiento, el cual puedo ase-
gurar que ha sido sumamente satisfactorio y que a la fe-
cha se encuentra en perfectas condiciones y cumple las fun ciones que se le asignaron.

1.5.2.- Salón C-9.

Este salón si observamos los planos del edificio viene a ser el techo correspondiente a la Biblioteca (A-14), el cual tiene un plafón cuyo valor artístico no es muy apreciable, pero que se encontraba en perfectas condiciones por lo que no se justificaba llevar a cabo su demolición para posteriormente rehacerlo.

El problema para la reestructuración del piso, consistió en que las vigas de madera estaban integradas al plafón y de proceder a su eliminación, tendría como consecuencia el deterioro del mismo.

Se efectuó entonces, una minuciosa inspección de cada una de las vigas y se encontró que en su mayoría estaban en buenas condiciones, cambiándose solo 3 ó 4 , cuyas cabezas estaban totalmente dañadas, llevando a cabo el tratamiento de preservación de todas las vigas.

Se decidió por lo consiguiente resolver esta zona con el sistema LOSACERO, que por sus características especiales nos garantizaban la conservación del plafón y a la vez la solución estructural más conveniente del problema en cuestión.

Para ello fué necesario la colocación de viguetas de acero laminado I-15", que con sumo cuidado se intercalaron entre las vigas de madera, de acuerdo con la separación que

se obtuvo del cálculo estructural.

Posteriormente se continuó con el procedimiento cons
tructivo para la LOSACERO mencionado anteriormente.

Es necesario señalar que en la parte central de es
te salón, se utilizaron las viguetas que formaban la estruc
tura del tragaluz, que posteriormente desapareció para a-
poyar una losa de concreto armado.

En la zona oriente del salón, también se utilizó LO-
SACERO, apoyandola en trabes de concreto y cambiando el sen
tido del engargolado de la misma.

1.5.3.- Salón C-1 (Antigua Dirección).

Este salón viene a ser el techo del vestíbulo prin
cipal que da acceso al edificio y que se encuentra forma-
do por tres bóvedas de doble curvatura, las cuales en la par
te superior son practicamente planas y dejan un espacio
muy reducido para la construcción de cualquier sistema de
piso semejante a los comentados en el capítulo anterior.

El antiguo piso se formaba a base de polines y due-
la de madera, gravitando totalmente sobre las bóvedas, las
cuales encontramos sumamente averiadas.

En estas condiciones se decidió liberar totalmente
al nuevo sistema de piso de las bóvedas, efectuandose la
transmisión de la carga a través de los muros perimetrales.

Las bóvedas se trataron como se explicó anteriormente en el capítulo 1.4.

El siguiente paso fué la construcción de la trabe de repartición de carga y asiento de viguetas,dejando el anclaje necesario del acero de refuerzo del cascarón de concreto que se coló posteriormente para recubrir la superficie de las bóvedas.

El tipo de vigueta empleado,debido al poco espacio disponible fué la H de 6" y como consecuencia de su bajo momento de inercia y el gran claro a cubrir resultaron en número de 35 piezas,separadas centro a centro 45 cm., lo que para muchos,sin analizar a fondo el problema resultó una exageración,llamando a esta solución "la plancha de acero".

Posteriormente se ligaron todas las viguetas mediante dos líneas de tensores de varilla del # 6,soldados electricamente por pares,a los patines de las mismas,colocandose dichos tensores en los tercios del claro,garantizando así el trabajo en conjunto de toda la estructura de soporte del nuevo entrepiso.

Por las consideraciones relatadas con anterioridad se decidió utilizar la LOSACERO,para el nuevo piso,procediendo entonces a su colocación,armado por temperatura y colado del concreto con un espesor de 10 cm.,sobre la lámina.

1.5.4.- Azotea D-45.

Esta zona corresponde al techo del salón que conocimos como "el del Ministro", ya que eran las oficinas principales del Secretario de Agricultura y Ganadería, cuando sus instalaciones se encontraban en el Palacio de Minería.

En ella se decidió emplear el sistema LOSACERO, para la debida protección y conservación del plafón pictórico del lugar.

La LOSACERO se diseñó para trabajar en el claro que arrojó el cálculo estructural para la separación de las viguetas que se utilizaron en esta zona; los perfiles usados fueron I-16". Este claro fué necesario ajustarlo debido al calibre y medidas de la lámina que nos surtieron, diferentes de las calculadas, por esta razón se revisó entonces el trabajo de la LOSACERO bajo las nuevas condiciones, encontrándose pocas diferencias con lo calculado con anterioridad y garantizando también el correcto funcionamiento de la misma.

Aunque la lámina se calculó utilizando todas sus propiedades mecánicas, se decidió emplearla como cimbra para una losa de concreto armado, con un criterio semejante al que se usó en la reestructuración del techo de la Ex-Capilla.

El procedimiento constructivo fué el mismo que seguimos en la Ex-Capilla, con algunas variantes relativas a la protección del plafón, al cual por criterios arquitectónicos se le despojó de las armaduras de ojo y barra que lo sustentaban, quedando en las nuevas condiciones, soportando exclusivamente su peso propio.

Estas fueron todas las zonas en que empleamos, con éxito, el sistema LOSACERO; pasaremos ahora a describir las principales ventajas y desventajas de ella.

Entre las principales ventajas tenemos :

- A.) Ligereza.- El sistema LOSACERO elimina un 30 % en promedio, de concreto, en comparación con las losas tradicionales, en una misma relación claro-sobrecarga, además de eliminar totalmente el acero de refuerzo.

Lo anterior trae como consecuencia que el peso muerto total del sistema sea de alrededor de 100 kg./m² menor que el de las losas convencionales de concreto armado.

Esta enorme ventaja redunda directamente en la disminución de secciones, peraltes y refuerzos en los elementos de la infra y superestructura, con el consecuente ahorro de capital, tiempo y esfuerzo.

Otra consecuencia favorable que se deduce de esta ventaja es aquella que saltará al realizar el análisis dinámico de una estructura bajo los efectos de esfuerzos horizontales, ya

sean sísmicos ó de viento, en que la relación masa-altura es directamente proporcional a los efectos y valores de dicho análisis. Al eliminar peso, las aceleraciones lógicamente serán menores.

- B.) Rapidez. - En función de la rapidez con que se puede instalar el sistema, permitiendo el colado inmediato de las losas de entrepiso y en función de que se pueden atacar los trabajos de albañilería, herrería é instalaciones aún antes de haberse colado la losa inmediata superior, puede asegurarse que es posible lograr un ahorro efectivo del tiempo total de la obra con los procedimientos convencionales.

A lo anterior se puede agregar el hecho en sí de que al eliminar también volúmenes de obra, por reducción de secciones, peraltes, etc. se lograrán mejores rendimientos y más rapidez de obra.

- C.) Impermeabilidad. - LOSACERO impide filtraciones que pueden ocasionar deterioros en los acabados inferiores, para ello es menester sellar todas las uniones de la lámina con un producto del tipo Butil-Set.
- D.) Economía. - Esto se logra con la eliminación total de la cimbra de contacto, eliminando con ello el costo de este concepto así también como los tiempos de cimbrado y descimbrado.
- E.) Seguridad. - Desde que la lámina queda instalada aún antes de efectuarse los colados, se forman plataformas seguras para los trabajadores. Además se obtienen áreas para almacenamiento de materia

les, muy útiles en obras demasiado altas ó en las que el espacio es un serio problema.

Otro factor de seguridad muy importante es el hecho de que al eliminarse la cimbra de madera, se eliminan los riesgos de incendio, muy comunes en éstos casos.

F.) Rendimiento y Versatilidad. - En nuestro país, son muchos los casos en que la ejecución de las obras se realiza en zonas ó lugares de difícil acceso, en donde la mano de obra especializada para cimbras y armado del acero de refuerzo es casi nula ó costosa.

Usando LOSACERO, que elimina totalmente la cimbra, chaflanes, goteros y el acero de refuerzo, se simplifica notablemente este problema, ya que como se vió anteriormente, el sistema de instalación es rápido y sencillo, pudiendo ser realizado por soldadores de estructuras, aún no calificados, con un número mucho más reducido de trabajadores que para los trabajos de cimbrado y armado tradicionales.

En lugar del difícil transporte de madera para cimbra, muy voluminosa y de la varilla de refuerzo, muy larga y pesada, materiales que a la vez de difícil control y elevado costo requieren además en el caso de la madera, volver a retirarla de la obra, una vez concluida ésta, con el consiguiente desperdicio y sobre costo de transportación, el problema se reduce a que ROMSA envíe desde su planta en Monterrey Nvo. León, hasta el pie de la obra misma la LOSACERO solicitada.

G.) Pruebas de Fuego.-- Por conducto del Underwriter's Laboratories, Inc. organización patrocinada por la Asociación Americana de Seguros, la cual se ubica en la ciudad de Northbrook Ill., de los Estados Unidos, la organización Robertson Internacional, ha llevado a cabo pruebas de "incombustion" exhaustivas desde hace varios años, habiéndose obtenido un estandar de seguridad equivalente a 2 horas de resistencia al fuego directo, en paneles de prueba, sin que se afecten las propiedades físicas ó químicas de LOSACERO, con un mínimo de concreto de 5 cm. de espesor y hasta de 3 horas con 10 cm. de espesor. Estos estandares han sido registrados por Underwriter's Laboratories, en su libro de especificaciones bajo la clave " UL Design No.267-2HR ", página 367, edición 1970 de la 'Lista de Materiales para Construcción '.

H.) Finalmente podemos concluir la descripción de las múltiples ventajas de la LOSACERO señalando que con ella se obtiene orden en el desarrollo de la obra y limpieza en la ejecución de los trabajos.

Entre las desventajas, que con una planeación adecuada se pueden transformar en ventajas, tenemos :

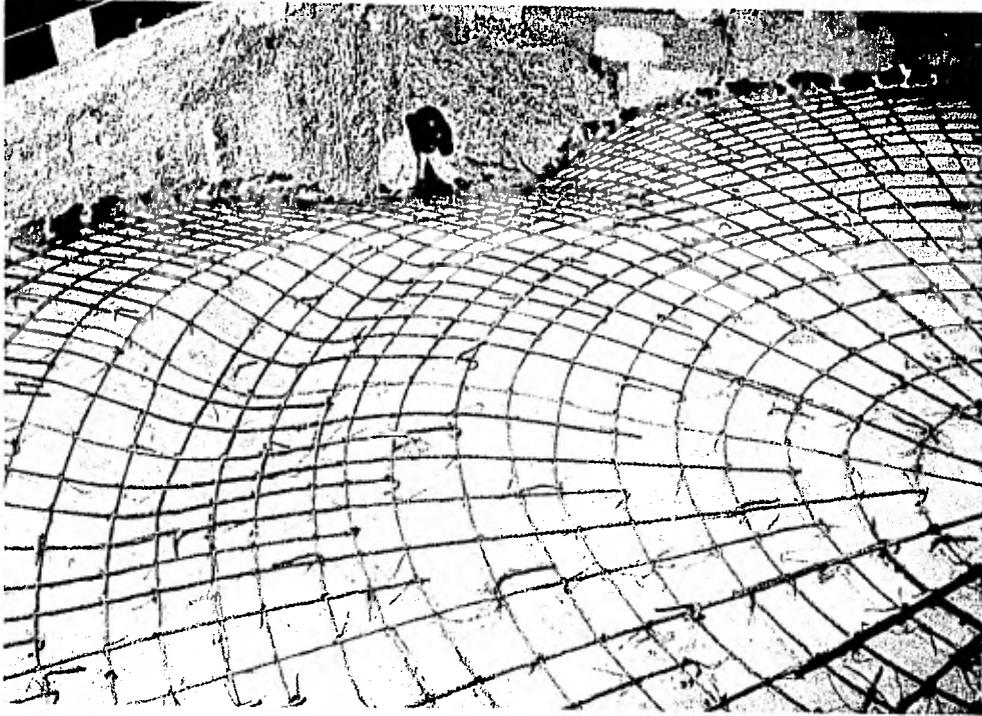
- 1.- En ocasiones no se tiene en existencia el calibre de la lámina que se proyectó, lo que ocasiona pérdida de tiempo en el gabinete, ya que es necesario distraer los recursos humanos para revisar los cálculos para el calibre disponible.
- 2.- Debido a que todo el material se surte desde las instalaciones de la fábrica que se encuentran

en la ciudad de Monterrey N.L., se corre el riesgo de retrasar los trabajos constructivos por demoras en los fletes y bajo tales circunstancias, de nada sirve querer avanzar lo más rápido posible en el desarrollo de una obra, al usar LOSACERO y todas sus ventajas, si ésta se surte un mes ó dos después de lo estipulado.

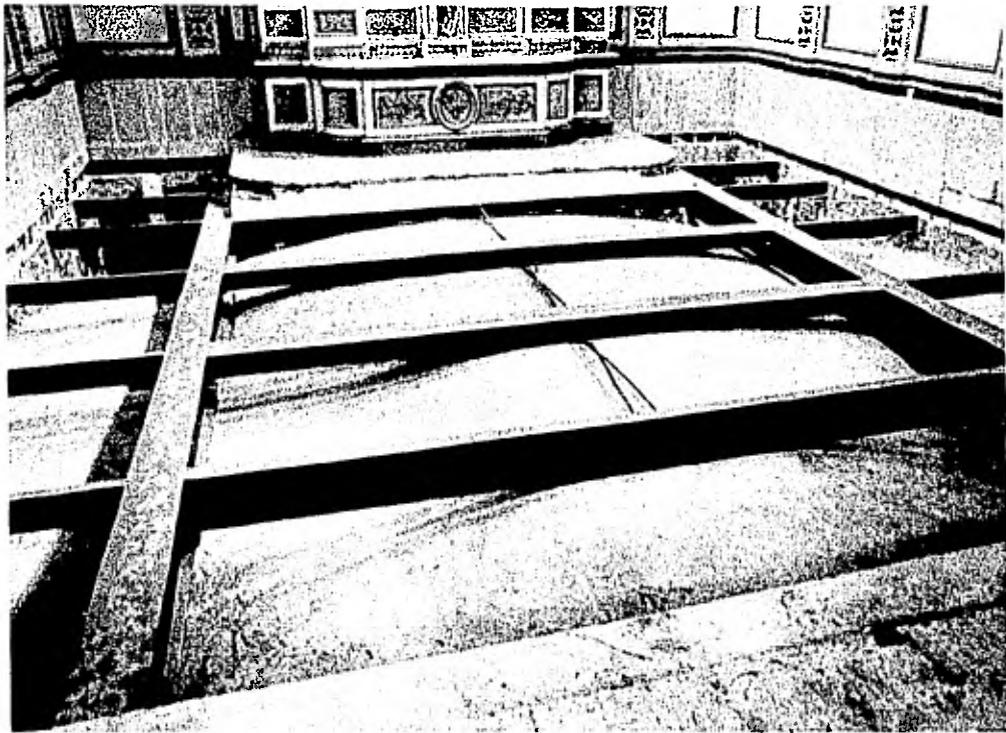
En consecuencia, se sugiere que Robertson Mexicana S.A., cuente con una bodega en la Ciudad de México, con un stock considerable de lámina en todos los calibres y medidas estándares, para no interferir los trabajos constructivos y poder estar en posibilidades de contribuir a sostener el ritmo adecuado de la obra.

- 3.- Otro aspecto que se puede considerar como una desventaja, es que a pesar del galvanizado, el acero de refuerzo, en este caso la propia lámina, está totalmente expuesto en su parte inferior, por lo que es necesario colocar bajo ella un falso plafón, puesto que en el caso de un incendio, el calor excesivo inducido a la lámina, podría ocasionar trastornos en sus funciones estructurales.

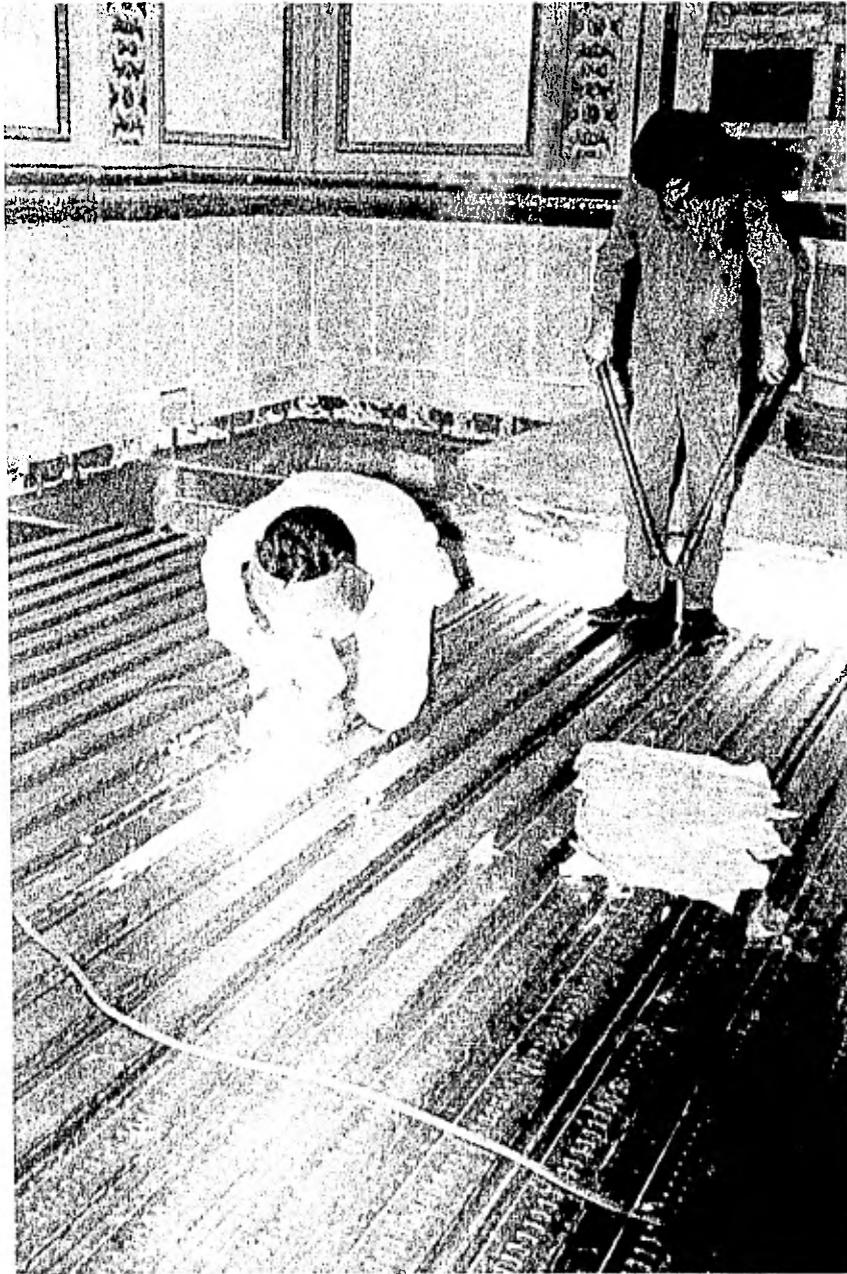
En resumen, podemos considerar que LOSACERO no es una panacea que nos resuelve todos nuestros problemas de entrepisos, pero por sus múltiples ventajas, se le puede considerar como uno de los elementos más útiles y nobles, en la resolución de un problema de sustitución de entrepisos ó de construcción de los mismos en una estructura nueva, con resultados altamente satisfactorios desde cualquier punto de vista.



Estructura del acero de refuerzo del cascarón de --
concreto para protección de la bóveda de la ex-capil
lla.



Estructura para apoyo de la Losacero en la ex-capilla.



Aspecto de colocación de la Losacero de la ex-capilla.

1.6.- Características Mecánicas de la Losacero.

1.6.1.- Introducción.

Los avances de la Metalurgia y la fabricación de aceros de alta resistencia que se descubrieron durante el período de 1940 a 1950, pronto encontraron su aplicación en los aceros para el diseño de puentes y edificios.

Los ingenieros habían estado en busca de aceros más resistentes que pudiesen soportar cargas mayores con pesos reducidos. Al principio, estos aceros se usaron únicamente en aplicaciones especiales en puentes y edificios, porque no habían sido incorporados a las especificaciones de diseño de esa época; los funcionarios de construcción y las oficinas de caminos extendían permisos especiales para usarlas.

El Instituto Americano de la Construcción de Acero (AISC) , incluyó varios de los aceros de alta resistencia y baja aleación en las especificaciones adoptadas en 1961 y revisadas en abril de 1963.

Los aceros incluidos en las especificaciones anteriores han sido codificados por la Sociedad Americana para Ensayes y Materiales (ASTM) , y se les ha dado una designación estandar.

1.6.2.- Propiedades Mecánicas.

La mayoría de los ingenieros, están involucrados principalmente en el diseño de máquinas, estructuras y productos de varias clases. Debido a que estas construcciones están usualmente sujetas a fuerzas internas, llamadas esfuerzos y deformaciones, las propiedades mecánicas de los materiales bajo la acción de estos esfuerzos y deformaciones para varios ambientes llegan a tener una importante consideración ingenieril.

A las propiedades macroscópicas, cuando están sujetas a estos esfuerzos y deformaciones se les conoce como propiedades mecánicas. El estudio de las propiedades macroscópicas esfuerzo-deformación de los materiales, puede referirse a la mecánica del estado sólido, de la misma forma que la física del estado sólido se refiere al comportamiento atómico y molecular de los materiales en el nivel submicroscópico.

Es importante el entender las propiedades mecánicas de los materiales ya que un alto valor de esfuerzos y deformaciones a los que está sujeta una estructura, puede causar la falla de la misma.

La falla puede conducir a pérdida de vidas y demandas costosas cuando, por ejemplo, una aeronave ó un tren se

accidentan ó bien en el colapso de un puente. Algunas veces las fallas no causan muertes pero involucran necesariamente reparaciones costosas, demoras en la operación ó reemplazo de partes afectadas.

Las propiedades mecánicas dependen, principalmente, de la composición química, los procesos de laminado y el tratamiento térmico de los aceros; otros factores que las pueden afectar son las técnicas empleadas en las pruebas tales como la rapidez de carga de la muestra, el trabajo en frío y la temperatura existente al llevarse a cabo la prueba. Estos factores pueden producir una apreciable variedad de resultados para un mismo tipo de acero.

El espécimen de prueba usual es una probeta sometida a tensión, y se supone que para todos los fines prácticos, el comportamiento a compresión es similar al de tensión. En virtud de que es más sencillo efectuar la prueba de tensión la mayoría de las propiedades mecánicas se obtienen del diagrama esfuerzo-deformación a tensión, el cual se obtiene graficando los valores conocidos de los esfuerzos y deformaciones para varios valores de carga de tensión.

Un diagrama típico esfuerzo-deformación de un acero estructural al carbono (figs. 1.6.1. y 1.6.2.) se caracteriza por la existencia de una zona inicial en la que los esfuerzos y deformaciones están ligados entre sí linealmente

seguido por la llamada región plástica, donde tienen lugar deformaciones considerables sin incremento apreciable de esfuerzos, y termina en una región de endurecimiento por deformación, en la cual un incremento de deformación es nuevamente acompañado por un incremento de esfuerzo

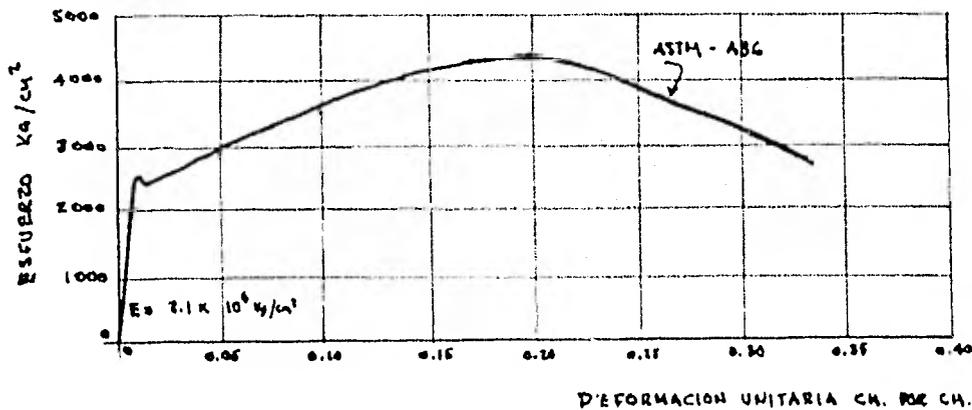


Fig. 1.6.1.- Curva Esfuerzo-Deformación para los valores mínimos del acero A-36

La deformación unitaria plástica ϵ_p que precede al endurecimiento por deformación, es de diez a veinte veces mayor que la deformación unitaria correspondiente a la iniciación del flujo plástico ϵ_y en consecuencia, un miembro que desarrolle esta deformación plástica sufrirá grandes deformaciones.

La fluencia inicial no es necesariamente una indicación de falla; por el contrario, la capacidad de fluir localmente

es una característica valiosa de los elementos estructurales de acero .

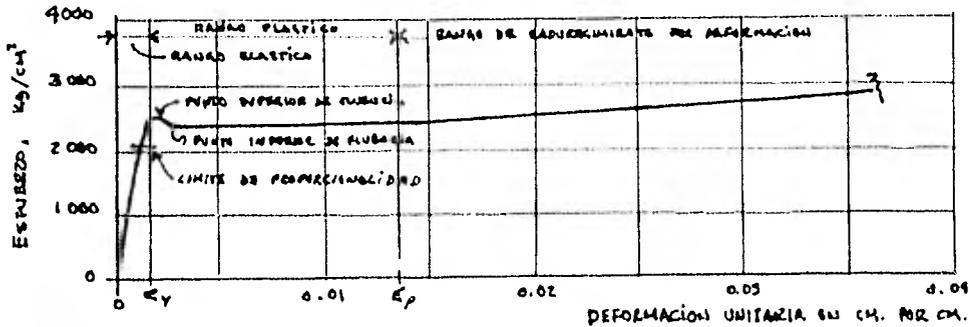


Fig.1.6.2.- Curva parcial esfuerzo-deformación para acero A-36.

Cuando el flujo plástico se extiende sobre una porción grande del miembro, esto es, cuando ya no puede considerarse local, la deformación se incrementa rápidamente y ocurre la falla en forma de una deformación excesiva o bien de un colapso total de la estructura.

PUNTO DE FLUENCIA.- Se define el punto de fluencia, como el esfuerzo en el material para el cual la deformación presenta un gran incremento sin que haya un aumento correspondiente en el esfuerzo.

Esto queda indicado por la porción plana del diagrama esfuerzo-deformación, denominada rango plástico. Algunos aceros presentan inicialmente un punto superior de fluencia pero el esfuerzo se reduce después hasta llegar a una parte plana, la cual se denomina esfuerzo inferior de fluencia.

El punto superior de fluencia es el que aparece en las

especificaciones de diseño de todos los aceros.

RESISTENCIA DE FLUENCIA.-- Se le define como un punto específico de la curva, que se establece trazando una paralela a la parte inicial elástica de la curva, defasada una cantidad igual a un 0.2 % de la deformación unitaria. El punto de intersección de esta línea y la curva esfuerzo-deformación, se toma como la resistencia de fluencia.

En algunos casos, especialmente en pruebas de producción, la resistencia de fluencia se toma como el valor correspondiente a un alargamiento unitario bajo carga de 0.005 .

RESISTENCIA A LA TENSION .-- La resistencia a la tensión se define como el cociente de la carga axial máxima aplicada sobre la muestra, dividida entre el área de la sección transversal original. En algunos casos, éste, es un valor arbitrario, útil para propósitos de referencia, porque la resistencia real a la tensión, debe basarse en la curva real esfuerzo-deformación.

LIMITE DE PROPORCIONALIDAD.-- Es el esfuerzo máximo para el cual los esfuerzos son directamente proporcionales a las deformaciones.

MODULO DE ELASTICIDAD.-- Se define como la relación del esfuerzo a la deformación en la región elástica de la curva esfuerzo-deformación. Se determina dicho valor por medio de la pendiente de dicha porción elástica del diagrama.

MODULO DE ELASTICIDAD TANGENTE.- La pendiente de la curva esfuerzo-deformación, trazada en cualquier punto situado arriba del límite de proporcionalidad, se define como módulo de elasticidad tangente.

MODULO DE ENDURECIMIENTO POR DEFORMACION.- La pendiente de la curva esfuerzo-deformación en el rango de endurecimiento por deformación se denomina módulo de endurecimiento por deformación. Tiene su valor máximo en la iniciación del rango de endurecimiento por deformación.

RELACION DE POISSON.- Se denomina relación de Poisson a la relación entre la deformación unitaria transversal y la deformación unitaria longitudinal, bajo una carga axial dada. Este valor se considera de 0.3 dentro del rango elástico.

MODULO DE ELASTICIDAD DE ESFUERZO CORTANTE.- La relación del esfuerzo cortante a la deformación unitaria por cortante, dentro del rango elástico, se denomina módulo de elasticidad al esfuerzo cortante G y puede determinarse mediante la expresión :

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$$

Para aceros estructurales G es aproximadamente $925,000 \text{ kg/cm}^2$.

RESISTENCIA A LA FATIGA.- Se llama resistencia a la fatiga al esfuerzo al cual el acero falla bajo aplicaciones repetidas de carga.

RESISTENCIA AL IMPACTO.- Es una medida de la capacidad del material para absorber energía bajo aplicaciones rápidas de carga. La tenacidad es la medida comparativa de las resistencias al impacto de varios aceros.

TENACIDAD.- Es la capacidad del material para absorber energía, según se determina por las pruebas estándar de la ASTM.

1.6.3.- Variación de las propiedades mecánicas.

Las propiedades mecánicas de los aceros varían ampliamente con los siguientes factores :

Composición química.

Deformación en caliente.

Deformación en frío.

Tratamiento térmico.

Tratamiento termoquímico.

1.6.3.1.- Composición química.- El contenido de carbono determina en gran parte la dureza y los esfuerzos de ruptura y resistencia que los aceros pueden alcanzar; los aceros de bajo contenido de carbono son suaves, los de alto contenido pueden ser muy duros.

La adición de otros elementos en la aleación tales como el manganeso, vanadio, tungsteno, etc., mejoran en términos generales esas características y si las cantidades de estos elementos llegan a determinados valores, les confieren propiedades de resistencia a la corrosión y conservación de sus

características mecánicas a altas temperaturas, condiciones en las que otros aceros las pierden.

La composición química es muy importante para las características que pueda dar el temple a los aceros.

1.6.3.2.- Deformación en caliente.- Los aceros que se deforman en caliente por forjado, por laminado, por estirado, por extruido, poseen características de resistencia superiores a los que no han sufrido esta deformación en caliente, ya que sus cristales se rompen o se alargan y confieren al material mayor dureza y esfuerzos de ruptura y de cedencia más altos.

1.6.3.3.- Deformación en frío.- Los aceros pueden laminarse, estirarse y extruirse en frío y como en el caso de la deformación en caliente, el proceso mejora la dureza, eleva el esfuerzo de ruptura y el de cedencia del metal, cuando menos en las capas superficiales. Al mismo tiempo se vuelve frágil o sea disminuye su resiliencia.

1.6.3.4.- Tratamiento térmico.- Consiste en una serie de calentamientos y enfriamientos del metal a diversas temperaturas durante determinados tiempos y a determinadas velocidades de calentamientos y enfriamientos.

Los principales tratamientos térmicos son el temple, el revenido, el recocido y el normalizado.

a.- El temple consiste en elevar la temperatura del acero arriba de una temperatura de 700 a 900° Celsius, mantener esta temperatura cierto tiempo y enseguida enfriar más o menos rápidamente, en forma directa o escalonada hasta la temperatura ambiente. El temple confiere al acero una gran dureza, un elevado esfuerzo de ruptura y cedencia, pero también una gran fragilidad, es decir, una resiliencia muy baja.

b.- Para restituir al acero templado parte de la resiliencia que debe tener para las diversas aplicaciones, se emplea el tratamiento térmico conocido como revenido. Este consiste en elevar la temperatura a un nivel inferior al anterior (de 500 a 600° Celsius), mantenerla durante cierto tiempo y posteriormente enfriar con cierta lentitud hasta la temperatura ambiente. Este tratamiento restituye al acero gran parte de su resiliencia aunque disminuye ligeramente la dureza y los esfuerzos de ruptura y cedencia.

c.- El recocido es un tratamiento térmico que consiste, en términos generales en llevar el acero arriba de una temperatura de 900° Celsius, mantenerlo a esa temperatura un tiempo más o menos largo y después enfriarlo muy lentamente hasta la temperatura ambiente. Con este tratamiento se destruye la dureza del temple y los esfuerzos internos del metal provenientes de un tratamiento térmico o de deformación en frío.

Se practican algunas variantes del recocido, para conferir al acero determinadas características específicas.

e.- El normalizado es un tratamiento térmico que consiste en elevar la temperatura del acero hasta un nivel ligeramente superior a los 900° Celsius, mantener esta temperatura durante un determinado tiempo y enseguida enfriar, en aire en calma, hasta la temperatura ambiente. El normalizado produce en el acero una estructura homogénea.

1.6.3.5.- Tratamientos termoquímicos.- Los principales tratamientos termoquímicos para los aceros son la cementación, la nitruración y la carbonitruración.

a.- La cementación es un tratamiento termoquímico que se aplica a los aceros al carbono y a los aceros aleados, ambos de bajo contenido de carbono (hasta 0.2 %). La cementación consiste en enriquecer con carbono las capas externas del acero, hasta obtener un contenido del orden del 0.9 % . Esto se logra, en términos generales, calentando el acero hasta una temperatura superior a 900° Celsius, en presencia de productos con alto contenido de carbono. En esta forma, el carbono penetra en el acero hasta una profundidad que varía de 0.5 a 1.5 mm., según sea el tiempo que dure el tratamiento. Generalmente la cementación va seguida de uno o más temple.

b.- La nitruración consiste en calentar el acero en

calentar el acero en presencia de productos ricos en nitrógeno, con el objeto de que este gas forme nitratos con el fierro y con los otros metales de aleación y le den propiedades de alta resistencia y dureza a las capas superficiales del metal. Para nitrurar se emplea el amoníaco, como el compuesto que proporciona el nitrógeno necesario para el proceso.

El espesor de la película afectada por este procedimiento, resulta de gran dureza y de alta resistencia y de 0.25 a 0.50 mm.

c.- La combinación de los procesos de cementación y de nitruración se conoce como el proceso o tratamiento termquímico de carbonitruración. El espesor de la película endurecida y que al mismo tiempo es muy resistente al desgaste, es de 0.08 a 0.25 mm.

1.6.4.- Aceros Estructurales .

Con objeto de entender las variaciones en las propiedades mecánicas de los diversos aceros estructurales disponibles actualmente, se les ha agrupado por tipos y resistencias. Estos grupos son los de los aceros estructurales al carbono, aceros de alta resistencia y aceros de aleación pura construcción.

1.6.5.- Aceros de calibre ligero .

La adopción de las especificaciones del Instituto Americano del Hierro y el Acero (AISI) para el Diseño de Miembros Estructurales de Lámina Delgada Formados en Frio, a los cuales pertenece la IOSACERO, introdujó otro grupo de aceros en el diseño de estructuras.

Estos aceros se presentan en láminas y tiras de calidad estructural y son definidos, en general, por las especificaciones estandar de la ASTM.

Los aceros específicos son : Láminas de Acero al Carbono de Calidad Estructural Laminadas en Plano, ASTM A-245 ; Tiras de Acero al Carbono de Calidad Estructural Laminadas en Caliente, ASTM A-303 ; Láminas y Tiras de Acero de Alta Resistencia y Baja Aleación Laminadas en Frio, ASTM A-374 ; Láminas y Tiras de Acero de Alta Resistencia y Baja Aleación Laminadas en Caliente, ASTM A-375 y Láminas de Acero de Calidad Estructural Recubiertas de Cinc (galvanizada) en Rollos y de Longitudes Recortadas, ASTM A-446.

Estos aceros de calibre delgado tienen puntos de fluencia mínimos que varían de 1760 a 3515 kg/cm².

Las especificaciones de Diseño AISI también permiten el uso de otros materiales producidos de acuerdo con otra especificación, siempre y cuando dichos materiales cumplan

con los requisitos químicos y mecánicos de alguna de las especificaciones mencionadas anteriormente.

Se considera que los aceros incluidos en las Especificaciones de Diseño AISI tienen propiedades mecánicas adecuadas para aplicaciones estructurales.

En la figura 1.6.5.1 ,se muestra una gráfica de la curva esfuerzo-deformación típica para aceros de calibre ligero ; éstos difieren de los aceros estructurales, porque en el diagrama no se muestra el punto de fluencia y la elongación bajo esfuerzos de fluencia usuales, sino que exhiben una curva gradual redondeada hacia afuera, sin un punto de cederencia definido. La resistencia de fluencia de estos aceros se define por el método usual del 0.2 % de defasamiento o por medio del esfuerzo correspondiente a una elongación total bajo carga de 0.5 %. Cualquiera de estos métodos es aplicable y los resultados son aproximadamente iguales.

La resistencia de los miembros de calibre delgado que fallan por pandeo depende del módulo de elasticidad de Young E , en el rango inferior al límite de proporcionalidad y del módulo tangente E_t , en el rango superior al límite de proporcionalidad.

Las diferentes cláusulas relativas a pandeo incluidas en las especificaciones AISI se han escrito suponiendo que el límite de proporcionalidad no es menor que el 75 % de la

resistencia de fluencia mínima especificada.

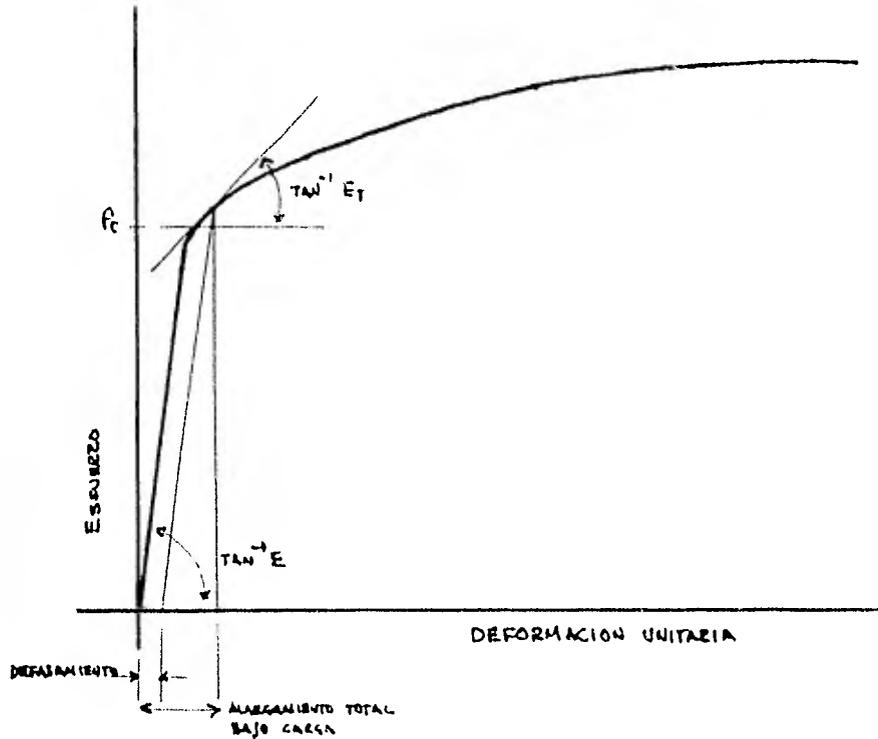


Fig.1.6.5.1.- Curva esfuerzo-deformación típica para láminas de acero de calibre delgado.

El uso de aceros de calibre delgado en miembros for mados en frío depende de la ductilidad del acero, expresada por su elongación mínima. Como resultado de la operación de formado en frío, las propiedades mecánicas del producto ter minado pueden ser substancialmente diferentes de la lámina original, como vimos anteriormente.

La lámina delgada de acero se usó por primera vez en los Estados Unidos, aproximadamente en 1850, pero no evo-

lucionó como un material de construcción hasta 1930. En la actualidad tiene muchas aplicaciones en industrias de diversos tipos.

Los miembros de lámina delgada se utilizan ampliamente en estructuras sometidas a cargas ligeras y moderadas, o bien en claros cortos.

Para estas estructuras, sería antieconómico el utilizar perfiles laminados convencionales, porque sería muy pequeño el esfuerzo que se desarrollaría en el perfil mínimo disponible.

1.6.6.- LOSACERO ROMSA .

La LOSACERO ROMSA esta fabricada de acero de bajo contenido de carbono de acuerdo con la norma ASTM A-446 Grado A (NOM B - 66 / 1979) , para propiedades físicas y con la norma ASTM A-619 (NOM - B - 267 / 1975) , para propiedades químicas, con un límite aparente de fluencia de :

$$F_y = 3,150 \text{ kg/cm}^2$$

un último esfuerzo a tensión de :

$$F_t = 5,625 \text{ kg/cm}^2$$

con un porcentaje de alargamiento $t = 20 \%$.

Los pernos de cortante, también son de acero de bajo contenido de carbono, de acuerdo con la norma ASTM A-108-58 T, cumpliendo con las siguientes propiedades mecánicas :

Esfuerzo de ruptura a la tracción	$R_t = 5,625 \text{ kg/cm}^2$
Límite elástico (aparente)	$R_y = 3,520 \text{ kg/cm}^2$
Elongación (mínimo)	$t = 20 \%$

Estos pernos son fusionados a través de la IOSACERO y penetran en el patín de la trabe mediante soldadoras de pistola que proporcionan además un filete de soldadura bi selada alrededor del perno.

Las normas anteriormente citadas, establecen los re quisitos que debe cumplir la lámina de acero al carbono ro lada en frío y galvanizada por el proceso de inmersión en caliente, para uso estructural.

La lámina para uso estructural, se clasifica en seis clases : A, B, C, D, E y F, de acuerdo con los requisitos mecá nicos del metal base. La IOSACERO corresponde a la clasifica ción A.

El acero debe cumplir, en el análisis de colada, con la siguiente composición química :

Elemento	Contenido máximo en %
Carbono	0.10
Manganeso	0.50
Fósforo	0.025
Azufre	0.035

El metal base debe cumplir con los siguientes requisitos de tensión :

- a.- Límite de fluencia mínimo 2,300 kg/cm²
- b.- Resistencia a la tensión mínima 3,100 kg/cm²
- c.- Alargamiento en probeta de 50 mm de longitud calibrada, mínimo 20 %

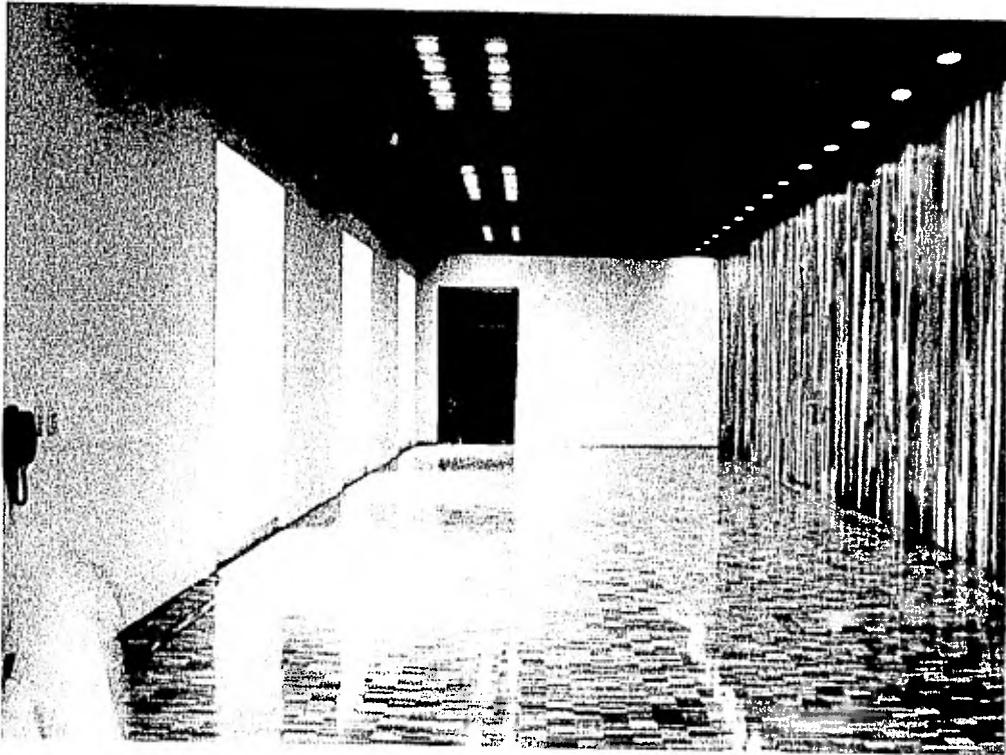
Las láminas deben resistir un dobléz de 180° sobre sí mismas, ya sea transversal o longitudinalmente y a la temperatura ambiente, sin que se presenten grietas en la porción doblada del metal base.

La prueba de doblado debe hacerse en láminas que tengan recubrimiento.

El diámetro interior del dobléz debe tener una relación de acuerdo al espesor de la probeta, para la IOSACERO, esta relación es igual de 1 - 1/2.

En los requisitos de dureza se pide que ésta no exceda de 60 R_p, en el momento de su embarque.

Asimismo en las normas se establecen las dimensiones y tolerancias, el muestreo y los métodos de prueba.



Area terminada en el nivel mezanine recuperada.

1.7.- Estudio de la LOSACERO como simple losa y formando sección compuesta.

1.7.1.- Comportamiento estructural de la Losacero.

La LOSACERO ROMSA actúa en forma similar a una viga de acero compuesta, empleando los mismos elementos esenciales : viga de acero, conectores de cortante y placa de concreto.

- 1.- El elemento lámina de acero actúa como viga.
- 2.- Las indentaciones formadas en las caras horizontales superiores y los relieves en las caras verticales de la lámina de acero, actúan como conectores mecánicos, transfiriendo el corte horizontal entre el concreto y la lámina de acero.
- 3.- Los relieves longitudinales formados en las paredes de cada canal de la lámina de acero, actúan como conectores mecánicos que enlazan o unen al acero y al concreto evitando la separación vertical.
- 4.- El concreto actúa como un elemento de compresión, también rellena los canales y proporciona una superficie de acabado plano.
- 5.- La Losacero Romsa, esta diseñada para soportar la carga muerta total del concreto antes

del fraguado sin apuntalamiento.

6.- Después de que el concreto es vaciado y de que adquiere su resistencia ,la sobrecarga de diseño es soportada por la sección compuesta de lámina y concreto.

1.7.2.- Estudio de la LOSACERO como simple losa.

Para ilustrar este capítulo, presentaremos el estudio de la Losacero que se utilizó en la reestitución de la azotea D-45 (Salón del Ministro) .

Para el cálculo de la Losacero, se utilizaron las tablas de propiedades que proporciona Robertson Mexicana S.A., mismas que se anexan a este trabajo. Con el fin de interpretar correctamente las tablas, se cuenta con las siguientes notas generales :

- a.- Los valores de las tablas corresponden a la sobrecarga permisible, que incluye la carga viva correspondiente.
- b.- Los valores sombreados de las tablas indican la necesidad de apuntalamiento al centro del claro; todos los demás claros no requieren apuntalamiento.
- c.- Las sobrecargas indicadas en las tablas pueden ser usadas para claros sencillos o continuos.

Cualquier proyecto de losa compuesta debe basarse en un análisis de claro sencillo.

d.- Las necesidades de apuntalamiento están determinadas como sigue :

1) La deflexión de la lámina debida a su peso propio y al del concreto no debe ser mayor que $L / 180$ ó 1.9 cm.

2) El esfuerzo producido por el peso propio de la lámina más el peso del concreto y una carga viva transitoria, por trabajos de construcción de 100 kg/m^2 , no debe ser mayor que $1,400 \text{ kg/cm}^2$.

3) El esfuerzo producido por el peso propio de los acero más el peso del concreto y una concentración de 90 kg. aplicada en un ancho de 30 cm. no debe ser mayor que $1.33 \times 1,400 \text{ kg/cm}^2$.

e.- Las sobrecargas indicadas en las tablas están basadas en un concreto con $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$.

f.- Todos los valores de fuerza cortante permisible corresponden a la unión mecánica exclusivamente; se ha despreciado la adherencia de contacto.

g.- Los valores indicados en las tablas corresponden a la condición más desfavorable de esfuerzo por flexión, máxima deflexión o corte horizontal.

1) La flexión se verifica por :

Sin apuntalamiento :

$$\frac{M_{DL}}{S_b} + \frac{M_{LL}}{S_{bc}} \leq 1.33 \times 1\,400 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{M_{DL} + M_{LL}}{S_{bc}} \leq 1\,400 \text{ Kg/cm}^2$$

Con apuntalamiento :

Para claros con puntales, los esfuerzos inducidos en la lámina por su peso propio y el del concreto, se combinan con los esfuerzos inducidos en la losa compuesta; al retirar los puntales y aplicar las cargas de diseño. Un proceso de computación es usado para localizar el punto máximo de esfuerzo debido a la combinación de cargas anteriores.

2) Las sobrecargas no deben deformar la losa compuesta más de $L/360$.

3) Los valores de corte horizontal están basados en cargas últimas, con un factor de seguridad mínimo de 2.0 .

h.- Debe usarse una malla de temperatura 66-10 / 10.

A continuación se presenta la nomenclatura utilizada en el desarrollo del cálculo de la Losacero ;

E_c = Módulo de elasticidad del concreto. (Kg/cm^2)

- E_s = Módulo de elasticidad del acero. (Kg/cm²).
- F_b = Esfuerzo permisible en el acero. (Kg/cm²).
- f'_c = Resistencia de proyecto del concreto. (Kg/cm²)
- f_c = Esfuerzo permisible del concreto a la compresión. (Kg/cm²).
- I_c = Momento de inercia de la sección compuesta, para deflexión $L/360$. (cm⁴).
- L = Claro en metros.
- n = Relación modular E_s / E_c .
- I_s = Momento de inercia de la sección de acero. (cm⁴).
- S_b = Módulo de sección de la sección de acero, para la fibra inferior. (cm³).
- S_t = Módulo de sección, de la sección de acero para la fibra superior. (cm³).
- S_{bc} = Módulo de sección, de la sección compuesta, para la fibra inferior de la lámina. (cm³).
- S_{cc} = Módulo de sección, de la sección compuesta, para la fibra superior del concreto. (cm³).
- V_R = Fuerza cortante vertical, resistente. (Kg).
- W_{DL} = Peso propio de la lámina y concreto. (Kg/m²).
- W_{IL} = Sobrecarga de la sección compuesta. (Kg/m²).
- Δ = Deflexión al centro del claro. (cm).

Pasaremos ahora al cálculo de la Losacero en la azotea

D-45.

Primeramente obtendremos el tipo y separación de las viguetas de acero, para apoyo del sistema.

Tenemos las siguientes cargas :

Peso propio lámina y concreto	279.1 Kg/m ²
Relleno - 0.3 m. x 1,000 Kg/m ³	300.0 "
Entortado 0.08m. x 2,000 "	160.0 "
Ladrillo 0.05m. x 2,000 "	100.0 "
Carga Viva	100.0 "
Total :	<hr/> 939.1 Kg/m ²

tomaremos $W = 1,000 \text{ Kg/m}^2$

tenemos : luz = 8.00 m. ; claro (L) = 8.30 m.

$$P = W L = 1,000.00 \times 8.30 = 8,300 \text{ Kg/m}$$

$$M = \frac{PL}{8} = \frac{8300 \times 8.3 \times \text{sep.}}{8} = 8611.25 \text{ sep. Kg-m.}$$

$$M = 861125 \text{ sep. Kg-cm.}$$

$$S_{\text{req.}} = \frac{M}{f_b} = \frac{861125 \text{ sep.}}{1518} = 567.27 \text{ sep.}$$

$$\text{sep.} = \frac{1}{567.27} S_{xx} = 0.0017 S_{xx}$$

Como la vigueta disponible es la I-16", del manual Monte-

rrey tenemos que : $S_{xx} = 1186 \text{ cm}^3$

por lo que la separación entre viguetas será :

$$\text{sep.} = 0.0017 \times 1186 = 2.02 \text{ m.}$$

por lo tanto, se propone utilizar perfiles I - 16" colocados a cada 2.00 metros.

LOSACERO .

I.- Se propone utilizar Losacero calibre 18, con una sobrecarga de 1350 Kg/m^2 , cubriendo un claro de 2.00 m., un espesor de concreto sobre la lámina de 0.10 m. y concreto de $f'_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$.

Verificar si requiere apuntalamiento.

A.- La deflexión de la lámina debida a su peso propio y al del concreto, no debe ser mayor que $L/180$ ó 1.9 cm.

De las tablas para calibre 18, tenemos :

$$I_s = 46.02 \text{ cm}^4$$

$$W_{DL} = 279.10 \text{ kg/m}^2$$

$$\Delta = \frac{5 W L^4 (100)^3}{384 E I_s}$$

$$\Delta = \frac{5 \times 279.1 \times 2^4 \times 100^3}{384 \times 2 \times 10^6 \times 46.02}$$

$$= 0.63 \text{ cm.}$$

$$\frac{L}{180} = \frac{200}{180} = 1.11 \text{ cm.}$$

$$\Delta = 0.63 < 1.11 < 1.9$$

∴ ES SATISFACTORIO

B.- El esfuerzo debido al peso propio de la lámina, al del concreto y a una carga viva transitoria de proceso de construcción de 100 kg/m^2 , no debe ser mayor que 1400 kg/cm^2 .

$$\text{Esfuerzo en la parte alta de la lámina: } f_t = \frac{100WL^2}{8 S_t}$$

$$\text{Esfuerzo en la parte baja de la lámina : } f_b = \frac{100WL^2}{8 S_b}$$

De la tabla para calibre 18, tenemos :

$$S_t = 22.04 \text{ cm}^3.$$

$$S_b = 21.39 \text{ cm}^3.$$

$$W = 279.1 + 100 = 379.1 \text{ kg/m}^2$$

$$f_t = \frac{100 \times 379.1 \times 4}{8 \times 22.04} = 860.03 < 1\,400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_b = \frac{100 \times 379.1 \times 4}{8 \times 21.39} = 886.16 < 1\,400 \text{ kg/cm}^2$$

Como f_t y f_b son menores que $1\,400 \text{ kg/cm}^2$, se cumple la condición.

C.- El esfuerzo debido al peso propio de la lámina más el del concreto y el de una concentración de 90 kg. aplicada en un ancho de 30 cm., no debe ser mayor que $1.33 \times 1\,400 = 1\,862 \text{ kg/cm}^2$.

$$\text{Momento Máximo} = \frac{P L (100)}{4} + \frac{W_{DL} L^2 (100)}{8}$$

Esfuerzo en la parte alta de la lámina :

$$\begin{aligned} f_t &= \frac{P L (100)}{4 \left(\frac{S_t}{3.280\,833} \right)} + \frac{W_{DL} L^2 (100)}{8 S_t} \\ &= \frac{90 \times 2 \times 100}{4 \left(\frac{22.04}{3.280\,833} \right)} + \frac{279.1 \times 4 \times 100}{8 \times 21.39} \\ &= 669.64 + 633.17 \end{aligned}$$

$$f_t = 1\,302.81 < 1\,862 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo en la parte baja de la lámina :

$$\begin{aligned} f_b &= \frac{P L (100)}{4 \left(\frac{S_b}{3.280\,833} \right)} + \frac{W_{DL} L^2 (100)}{8 S_b} \\ &= \frac{90 \times 2 \times 100}{4 \left(\frac{21.39}{3.280\,833} \right)} + \frac{279.1 \times 4 \times 100}{8 \times 21.39} \end{aligned}$$

$$f_b = 690.18 + 652.41$$

$$f_b = 1\,342.59 < 1\,862 \text{ kg/cm}^2$$

Como f_t y f_b son menores que $1\,862 \text{ kg/cm}^2$, se cumple la condición y por lo tanto el sistema no requiere apuntalamiento.

II.- Verificación de la deflexión de la sección compuesta.

$$\Delta = \frac{5 W_{LL} L^4 (100)^3}{384 E I_c}$$

$$\Delta = \frac{L (100)}{360}$$

De la tabla para calibre 18, tenemos :

$$I_c = 943.17 \text{ cm}^4.$$

igualando :

$$\frac{2 \times 100}{360} = \frac{5 \times W_{LL} \times 2^4 \times (100)^3}{384 \times 2 \times 10^6 \times 943.17}$$

$$0.5555 = 0.0001 W_{LL}$$

$$W_{LL} = 5\,555 \text{ kg/m}^2 > 1\,350 \text{ kg/m}^2$$

ES SATISFACTORIO

III.- Verificación del esfuerzo en la fibra superior del concreto, debido a la sobrecarga exclusivamente.

$$f_c = \frac{W_{LL} L^2 (100)}{8 n S_{cc}}$$

$$n = 14$$

$$f_c = 90 \text{ kg/cm}^2$$

De la tabla : $S_{cc} = 203.06 \text{ cm}^3.$

Sustituyendo datos, tenemos :

$$90 = \frac{W_{LL} \times 2^2 \times 100}{8 \times 14 \times 203.86} = 0.0175 W_{LL}$$

$$W_{LL} = 5\,142.86 \text{ kg/m}^2 > 1\,350 \text{ kg/m}^2$$

ES SATISFACTORIO.

IV.- Verificación del corte debido a la sobrecarga.

$$V_R = \frac{W_{LL} L}{2}$$

De la tabla tenemos que ; $V_R = 2\,159.00 \text{ kg.}$

sustituyendo :

$$2\,159 = \frac{W_{LL} \times 2}{2}$$

$$W_{LL} = 2\,159 \text{ kg/m}^2 > 1\,350 \text{ kg/m}^2$$

ES SATISFACTORIO.

V.- Verificación del esfuerzo combinado en la fibra ba
ja de la lámina, debido a su peso propio y sobrecarga
ga en la sección compuesta.

$$\frac{W_{DL} I^2 (100)}{8 S_b} + \frac{W_{LL} L^2 (100)}{8 S_{bc}} \leq 1\,862 \text{ kg/cm}^2$$

De las tablas para calibre 18 tenemos :

$$S_b = 21.39 \text{ cm}^3$$

$$S_{bc} = 135.97 \text{ cm}^3$$

$$\frac{279.1 \times 4 \times 100}{8 \times 21.39} + \frac{W_{LL} \times 4 \times 100}{8 \times 135.97} = 1\,862$$

$$652.41 + 0.368 W_{LL} = 1\ 862\ \text{kg/cm}^2$$

$$W_{LL} = 3\ 286.93\ \text{kg/m}^2 > 1\ 350\ \text{kg/m}^2$$

ES SATISFACTORIO

VI.- Verificación del esfuerzo en la fibra alta de la lámina en la sección compuesta, debido a cargas muertas y sobrecarga.

$$\frac{W_{DL} L^2 (100) + W_{LL} L^2 (100)}{8 S_{bc}} \leq 1\ 400\ \text{kg/cm}^2$$

sustituyendo datos tenemos :

$$\frac{279.1 \times 2^2 \times 100 + W_{LL} \times 2^2 \times 100}{8 \times 135.97} = 1\ 400$$

$$102.63 + 0.368 W_{LL} = 1\ 400$$

$$W_{LL} = 3\ 525.46\ \text{kg/m}^2 > 1\ 350\ \text{kg/m}^2$$

ES SATISFACTORIO.

CONCLUSION :

La LOSACERO ROMSA, calibre 18, satisface todas las condiciones y por lo tanto soportará una sobrecarga de 1,350 kg/m², en un claro de 2.00 mts., con un espesor de concreto arriba de la lámina de 0.10 mts.

1.7.3.- Losacero como sección compuesta.

El término "sección compuesta", define un sistema en el cual se logra la interacción de una losa de con-

creto con una viga de acero por medio de un dispositivo mecánico llamado conector de cortante. La losa se convierte en el patín de compresión de la viga compuesta, mientras que la sección de acero resiste los esfuerzos de tensión.

Por lo general, la parte de la viga en tensión no se ahoga en el concreto. Los conectores de cortante pueden ser en la forma de canales, vástagos salientes o espirales y su función es transmitir el cortante longitudinal del concreto al acero, y también evitan que el concreto se desprege del perfil.

Con este sistema se logra que la losa desempeñe varios papeles al mismo tiempo, ya que no solo transmite la carga del piso a la viga, sino que colabora en soportar la carga conjuntamente con ésta.

Las dimensiones de la viga de acero y de la losa de concreto se establecen considerando el momento de inercia de la sección compuesta; el tipo, tamaño y separación de los conectores, se seleccionan de acuerdo con los lineamientos del comportamiento elástico y la distribución del cortante longitudinal. De esta manera, la separación de los conectores será una función de la transmisión de cortante, según

la expresión usual VQ / I . El número requerido de conectores se basa en el comportamiento de la viga bajo momento último. El número de conectores " n ", se determina dividiendo la carga cortante nominal V_h entre la carga cortante permisible q del conector que se vaya a utilizar, es decir :

$$n = \frac{V_h}{q}$$

La fuerza cortante nominal que debe usarse para la determinación del tipo y número de conectores es la menor de las fuerzas que actúan sobre el concreto o el acero. Si el concreto falla primero, su carga se valúa mediante la ecuación :

$$V_h = \frac{0.85 f'_c A_c}{2}$$

en donde V_h = fuerza cortante sobre los conectores.

f'_c = resistencia de compresión especificada para el concreto.

A_c = área del patín efectivo de concreto

Si el acero es el material crítico, la fuerza cortante de diseño se determina como sigue :

$$V_h = \frac{A_s F_y}{2}$$

donde A_s = área total de la viga de acero

F_y = punto de fluencia del acero

Las hipótesis básicas para el análisis y diseño de una viga compuesta son :

- a.- La losa de concreto está conectada continuamente a la viga de acero a todo lo largo de ésta.
- b.- El deslizamiento del conector de cortante es directamente proporcional a la carga en el conector.
- c.- Existe una distribución lineal de las deformaciones unitarias a través del peralte del miembro.
- d.- La losa y la viga no se separan verticalmente en ningún punto a lo largo de la viga.

En la LOSACERO, la acción de la sección compuesta se logra uniendo los conectores de cortante a la viga y a la lámina.

Para lograr efectividad real en el uso de la lámina colocada entre el concreto y la viga de acero, es necesario hacer los siguientes ajustes de las propiedades :

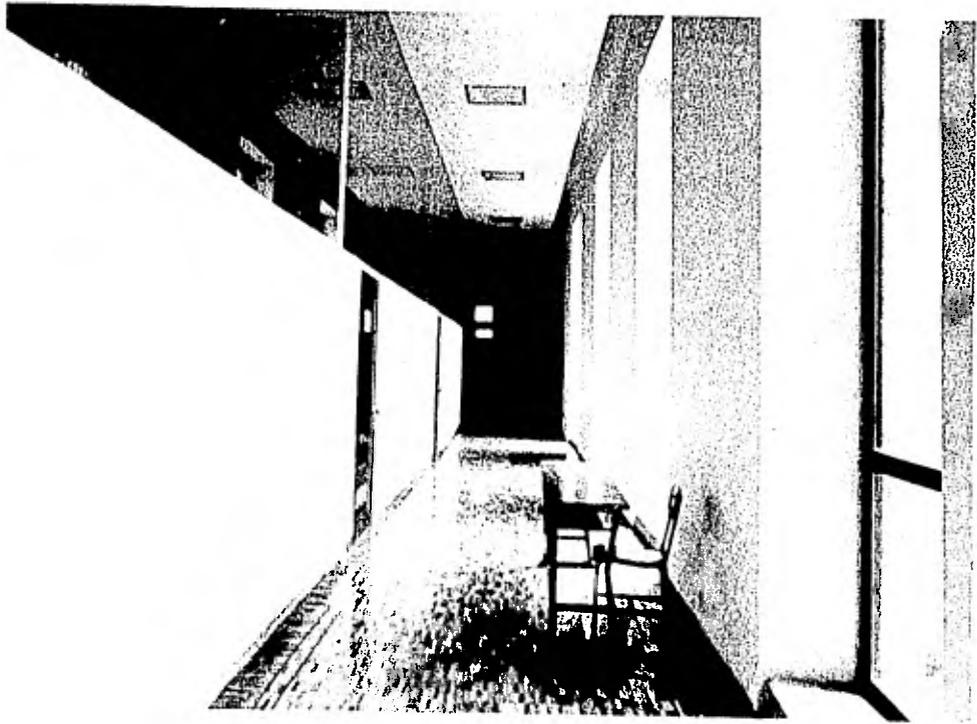
$$I_{\text{efectivo}} = 0.90 \times I$$

$$S_{t\text{efectivo}} = 1.00 \times S_t$$

$$S_{b\text{efectivo}} = 1.00 \times S_b$$

Para verificar el factor de seguridad del momento de diseño, comparándolo con el momento último, deben hacerse los siguientes cálculos :

- 1.- Valuar el momento último teórico de la viga com puesta usando el ancho efectivo de concreto igual a $16 t +$ el ancho del patín de la viga, siendo t el espesor del concreto sobre la superficie superior de la lámina.
- 2.- Para tomar en cuenta la efectividad de la lámina colocada entre el concreto y la viga de acero debe multiplicarse el valor del momento último teórico, calculado según el inciso anterior, por un factor de eficiencia igual a 0.90.
- 3.- Dividir el momento último valuado de acuerdo con el inciso 2 anterior, entre el momento producido por la sobrecarga y pesos propios, para obtener el factor de seguridad del diseño particular en cuestión.
- 4.- Un factor de seguridad de 2.0 se considera aceptable en la práctica común de diseño de vigas compuesta.



Aulas terminadas en el piso principal.

1.8.- Estudio económico comparativo de la LOSACERO con los sistemas convencionales y tradicionales.

1.8.1.- COTIZACION DE LOS MATERIALES BASICOS.

Después de realizar un sondeo de la situación del mercado, se obtuvieron los siguientes precios promedio :

a.- Acero de Refuerzo $f_y = 4,000 \text{ kg/cm}^2$	§ 16,920.00 ton.
b.- Concreto Premezclado $f_c = 200 \text{ kg/cm}^2$ resistencia normal, PVS $2,400 \text{ kg/m}^3$ T.M.A. 19 mm \varnothing .	1,765.50 m ³
c.- Triplay para cimbra aparente de 16 mm tipo intemperie de 1.22 x 2.44 m.	392.00 m ²
d.- Polín de madera de 4" x 4" y barrote de 2" x 3" para cimbra, de segunda sin cepillar.	12.10 p-t
e.- Malla electrosoldada de alambre de acero tipo 66-1010 .	25.30 m ²
f.- Clavo de acero común de 3" y 4" con cabeza.	25.10 kg.
g.- Alambrón de 1/4" \varnothing .	21.50 kg.
h.- Alambre recocado No.18	20.15 kg.

1.8.2.- ANALISIS DE COSTOS AUXILIARES.

1.8.2.1.- Salarios Reales.

a.- Dias no laborables en el año :

Domingos	52	
Descansos por ley	13 1/6	(Enero 10, Febrero 5, Marzo 21, Septiembre 16, Noviembre 20, Diciem- bre 10, cada 6 años, Diciembre 25 y 6 dias de vacaciones)
Pérdida por lluvia	4	
T o t a l	<u>69 1/6</u>	

b.- Dias laborables en el año :

	365.000
	-
	<u>69.166</u>
T o t a l	295.834

c.- Dias pagados en el año :

Salario (100 %)	365.00
Prima del 25 % sobre 6 dias de vacaciones.	1.50
Aguinaldo anual	15.00
T o t a l	<u>381.50</u>

d.- Impuesto Suplementario (antes educación) : 1% &

Pondo Nacional de la Vivienda : 5% &

(& sobre percepción total)

e.- Factor por aplicar al Salario Base para obtener el Salario Real :

DIAS PAGADOS	381.500		
<hr/>	<hr/>	x 1.06	= 1.37
DIAS TRABAJADOS	295.834		

f.- Salarios Reales

Categoría	Salario Base (\$ / día)	Salario Real (Base por 1.37)
Peón	210.00	287.70
Operador Revolvedora	292.60	400.86
Oficial Albañil	307.00	420.59
Oficial Carpintero	285.00	390.45
Oficial Fierrero	295.00	404.15
Cabo	324.50	444.57

1.8.2.2.- Seguro Social

	CUADRILLAS :			
	(1)	(2)	(3)	(4)
	Salario Base	Salario Real	Cuota Patronal	Porcent.
	\$/día	\$/día	\$/día (&)	(3) / (2)
a.- PARA CIMBRA Y FIERRO				
1/4 Cabo	324.50	444.57/4= 111.14	70.85/4= 17.71	
1 Oficial	295.00	404.15	64.41	
1 Peón	210.00	287.70	56.64	
		<hr/>	<hr/>	
		802.99	138.76	17.3 %

b.- PARA CONCRETO PREMEZCLADO

1 Cabo	324.50		444.57	87.52
1 Albañil	307.00		420.59	67.03
8 Peones	210.00	$287.70 \times 8 =$	<u>2,301.60</u>	$56.64 \times 8 =$
			3,166.76	<u>607.67</u> 19.2 %

c.- PARA ELEVACION DE MATERIAL : CONCRETO

1 Operador	292.60		400.86	63.89 15.9 %
------------	--------	--	--------	--------------

d.- PARA ELEVACION DE MATERIAL : PIERRO Y MADERA

2 Peones	210.00	$287.70 \times 2 =$	575.40	$56.64 \times 2 =$ 113.28 19.7 %
----------	--------	---------------------	--------	----------------------------------

e.- PARA CURADO DE CONCRETO

1 Peón	210.00		287.70	56.64 19.7 %
--------	--------	--	--------	--------------

(&) NOTA : Las cuotas patronales del Seguro Social, Clase V, Grado Medio, se calcularon con los siguientes porcentajes sobre la percepción real :

Aplicable al Salario Mínimo	19.6875 %
Aplicables a Salarios Superiores al Salario Mínimo	15.9375 %

1.8.2.3.- Costo de elevación del concreto .

a.- Equipo	1 Malacate MECSA M-7500	Costo de Adquisición
	capacidad 750 kg.	
	motor de gasolina 12 H.P.	\$ 76,436.25
	2 Vogues Mecsa 160 l. con llantas (\$ 10,004.50 c/u)	20,009.00
	1 Pluma Giratoria	22,907.50
	1 Lote de cable, triángulo elevador, gancho y patesca	5,445.00

b.- Obra de mano

1 Operador con salario real de \$ 400.86
Seguro Social 15.93 % 63.89

464.75

c.- Cargos fijos del equipo

\$ / hora

(Tomados del catalogo de cargos fijos de la maquinaria
de construcción de la C.N.I.C.)

Malacate : $\frac{\$ 76,436.25 \times 5.9}{100 \times 25 \text{ dias/mes} \times 8 \text{ h/dia}}$ = 22.54

Vogues : $\frac{\$ 20,009.00 \times 8.8}{100 \times 25 \times 8}$ = 8.80

Pluma : $\frac{\$ 22,907.50 \times 5.0}{100 \times 25 \times 8}$ = 5.73

Cable : $\frac{\$ 5,445.00 \times 10.3}{100 \times 25 \times 8}$ = 2.80

39.87

d.- Consumos :

Gasolina : $0.2271 \text{ l/HP} \times 12 \text{ HP} \times 2.80$ = 7.63

Lubricantes : 30 % del costo del combustible 2.29

9.92

e.- Operación :

464.75 \$/dia : 8 horas/dia 58.09

=====

107.88

f.- Análisis por M^3 .

Cielo : 5 min / viaje

Volumen / viaje : $0.9 \times 0.16 = 0.144 M^3$

Eficiencia = 40 % (factor de utilización) (*)

Número de viajes / hora = 40 % (60 min/h : 5 min/viaje)

$$= 4.8$$

Vol.manejado / hora = 4.8 viajes/h x $0.144 m^3$ / viaje

$$= 0.69 m^3 / hora$$

Costo de elevación de concreto = $107.88 \$/h$: $0.69 m^3 / h$

$$= \underline{\underline{156.35 \$ / m^3}}$$

(*) NOTA : La eficiencia del 40% se considera por suponer que el equipo permanece en la obra durante toda la duración de la misma, en tanto que su utilización es intermitente en ese lapso; esto equivale a usar un factor de utilización .

1.8.2.4.- Costo de elevación de fierro y madera.

Operación manual .

Cuadrilla : 2 peones

Costo por hora : $\frac{2 \times 287.70 \$ / día}{8 h / día} = 71.93$

Seguro Social 19.7 % 14.17

86.10 \$/h

Rendimiento : 2 peones manejan 50 kg.de material cada 2 min.

Eficiencia = 80 %

Num.Ciclos / hora : 80 % (60 min/h : 2 min/ciclo) = 24

Peso manejado / hora : 24 ciclos / h x 50 kg/ciclo = 1.2 t.

finalmente tenemos el costo de elevación para :

a.- Acero de Refuerzo :

$$\begin{aligned} 86.10 \text{ \$ / h} & : 1.2 \text{ ton / h} \\ & = \underline{71.75 \text{ \$ / ton.}} \end{aligned}$$

B.- Madera de Cimbra :

$$\begin{aligned} 1 \text{ 000 P.T.} & = 1 \text{ 000 (3.048)}^2 \times 0.254 \text{ dm.} \\ & = 2 \text{ 359.74 dm}^3 \\ & = 2.36 \text{ m}^3 \\ & = 2.36 \text{ m}^3 \times 0.8 \text{ ton / m}^3 \\ & = 1.888 \text{ ton.} \end{aligned}$$

luego entonces tenemos que el Costo de Elevación para

Madera de Cimbra es :

$$\begin{aligned} 71.75 \text{ \$/ton} \times 1.888 \text{ ton/millar P.T.} \\ & = \underline{135.46 \text{ \$ / millar P.T.}} \end{aligned}$$

1.8.2.5.- Costo por Vibrado de Concreto

a.- Equipo : Vibrador Mecsa Mod. M-2 Costo : \$ 30,360.00
Motor 6 HP.

b.- Cargos Fijos :

$$\frac{\$ 30,360.00 \times 7.9}{(100 \times 25 \times 8) \text{ h} \times 1.00 \text{ m}^3 / \text{h}} = 11.99 \text{ \$/m}^3$$

c.- Consumos :

$$\text{gasolina} = 0.2271 \times 6 \times 2.80 : 1.2 \text{ m}^3 / \text{h} = 3.18$$

lubricantes : 30 % de 3.18 = 0.96
16.13 \$/m³

1.8.2.6.- Costo por Artesa, Botes, Palas y Carretillas.

Madera 1.5 ", cajón 5 m² y costados de 30 cm.

$7.7 \text{ m}^2 \times 16.2 \text{ PT/m}^2 \times 12.10 \text{ $/PT}$
250 m³ de concreto = 6.04

Hechura, clavos y reparaciones 5.00

Botes, palas y carretillas 4.50
15.54 \$/m³

1.8.2.7.- Costo de Curado .

a.- Materiales :

Curacreto tambo de 200 lts.

Costo de Adquisición \$ 2,541.55

Rendimiento : 5.5 m² / 1

Desperdicio : 2 %

$\frac{\$ 2,541.55 \times 1.02}{200 \text{ l} \times 5 \text{ m}^2 / 1}$ = 2.59 \$/m²

b.- Equipo :

Tambo, depósito ó amortización 0.14

Aspersor 0.14
0.28

c.- Mano de Obra :

Peón \$ 287.70 / día : 50 m² / día = 5.75

Seguro Social 5.75 x 19.7 % = 1.13

6.88 \$/m²
 Costo de Curado 9.75 \$/m²
 =====

d.- Análisis por metro cúbico .

Losas de 10 cm. de espesor macizas :

10.00 m² / m³ x 9.75 \$ / m² = 97.50 \$/m³
 =====

1.8.3.- ANALISIS DE COSTOS POR UNIDAD DE OBRA.

1.8.3.1.- Cimbra en Losas

Altura máxima sobre nivel de apoyos 3.00 m.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Forro de triplay de 16 mm. tipo intemperie de 1.22 x 2.44 m <u>\$ 392.00 / m²</u> 5 usos	M ²	1.00	78.40	78.40
Obra falsa (contra- venteo y marcos) ma- dera de 3a. <u>9.20 P.T.</u> 6 usos	P.T.	1.53	12.10	18.51
Obra falsa (Pies dere- chos, madrinas y cargadores) <u>28.00 P.T.</u> 10 usos	P.T.	2.80	12.10	33.88

Clavo	kg	0.35	25.10	8.79
Alambre No.18	kg	0.15	20.15	3.02
Herramienta	lote	1.00	7.13	7.13
Diesel	litro	1.00	1.00	1.00
M.de O. Destajo				
Habilitación 1.0 m ² 6 usos	M ²	1/6	85.00	14.17
Cimbrado y Descimbrado.	M ²	1.00	95.00	95.00
Seguro Social	%	17.30	109.17	18.89
Elevación del Material	MPT	0.055	135.46	7.45
				<u>286.24 \$/m²</u>

1.8.3.2.- ALAMBRON 6.3 mm Ø (1/4") GRADO ESTRUCTURAL

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Alambrón	kg	1.06	21.50	22.79
Alambre No.18	kg	0.05	20.15	1.01
M.de O. Destajo	kg	1.00	4.50	4.50
Seguro Social	%	17.30	4.50	0.78
Elevación del Material	kg	1.00	0.07	0.07
				<u>29.15 \$/kg</u>

1.8.3.3.- ACERO DE REFUERZO ALTA RESISTENCIA ($F_y = 4000 \text{ kg/cm}^2$)
PARA DIAMETROS MAYORES DE 7.9 mm.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Varilla	ton	1.07	16,920.00	18,104.40
Alambre No.18	kg	30.00	20.15	604.50
Equipo y Herramienta	lote	1.00	187.09	187.09
M.de O. Destajo	ton	1.00	4,500.00	4,500.00
Seguro Social	%	17.30	4,500.00	778.50
Elevación del Material	ton	1.00	71.75	71.75
				<u>24,246.24 \$/ton</u>
				=====

1.8.3.4.- CONCRETO PREMEZCLADO $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$, RESISTENCIA NOR_
MAL PARA LOSAS DE ESTRUCTURA P.V.S. $2,400 \text{ kg/m}^3$.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Concreto en obra agregado máximo 19 mm, incluyendo fletes dentro de la ciudad	m^3	1.06	1,765.50	1,871.43
Artesa, botes, palas y vibrador	m^3	1.00	56.14	56.14
Curado del Concreto	m^3	1.00	97.50	97.50
M.de O. Destajo	m^3	1.00	380.00	380.00
Seguro Social	%	19.20	380.00	72.96
Elevación Material	m^3	1.00	156.35	156.35
				<u>2,634.38 \$/m³</u>
				=====

1.8.3.5.- INSTALACION DE LOSACERO ROMSA, CALIBRE 22 ACABADO GALVANIZADO, INCLUYE MANEJO DEL MATERIAL, TENDIDO, AJUSTES Y CORTES, ENGARGOLADO Y SOLDADURA DE FUSION DE 19 MM.

a.- Mano de Obra :

Cuadrilla	Sueldo Diario	Sueldo Real
1 Oficial Soldador	\$ 302.00	\$ 413.74
1 Oficial Instalador	281.95	386.27
3 Peones	210.00	863.10
1/4 Sobrestante	365.85/4	125.30
		<hr/>
		\$ 1,788.41 /dia
Seguro Social : 17.3 % x \$ 1,788.41 =		309.39
		<hr/>
		\$ 2,097.80/dia
Rendimiento Promedio Diario : 100.00 m ²		
Costo Directo : \$ 2,097.80		20.98 \$/m ²
100		

b.- Equipo :

1 soldadora eléctrica de 300 amp.

Renta diaria \$ 250.00 : 100 m² = 2.50 \$/m²

c.- Varios

Soldadura (Electrodo)	1 lote	21.73 \$/m ²
Herramienta Menor	1 lote	22.60 \$/m ²

Costo de Instalación : \$ 67.81/m²
=====

1.8.3.6.- APUNTALAMIENTO TEMPORAL DEL SISTEMA LOSACERO, -
DURANTE EL COLADO, CON MADERA DE 2a. DE 4" x 4".
Altura máxima sobre el nivel de apoyo : 3.00 m.
Tomando como base un módulo de 2.00 m., a ejes
por una longitud de 12.50 m, como área de in--
fluencia, tendremos:

a.- Costo de la Madera;

Largueros Cargadores (Polín de 4" x 4" x 8').

$$\frac{4 \times 4 \times 8}{12} \times 5 = 53 \frac{1}{3} \text{ P.T.}$$

Pies Derechos a cada 1.00 m.

$$\frac{4 \times 4 \times 9}{12} \times 14 = \frac{168}{221} \text{ P.T.} = 221 \frac{1}{3} \text{ P.T.}$$

Rendimiento :

20 Usos.

$$\frac{221.33 \text{ P.T.}}{20} = 11.07 \text{ P.T.}$$

Área de Influencia :

$$12.50 \times 2.00 = 25.00 \text{ m}^2$$

Por lo tanto :

$$\frac{11.07 \text{ P.T.}}{25.00 \text{ m}^2} = 0.44 \text{ P.T./m}^2$$

b.- Análisis

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
Madera 4" x 4"	P.T.	0.44	\$ 12.10	\$ 5.32
Clavo	Kg.	0.08	25.10	2.01
Alambre # 18	Kg.	0.02	20.15	0.40
Diesel y Herramienta	Lote	1.00	8.13	8.13
Mano de Obra Destajo	M2	1.00	19.80	19.80
Seguro Social	%	17.30	19.80	3.43
				\$ 39.09/m ²

1.8.4.- ANALISIS DE COSTO COMPARATIVO.

Este análisis comparativo se efectuó en base a las zonas en donde se utilizó la Losacero y conforme a los planos de la obra.

A.- Sistema de losas tradicional de concreto armado de 0.10 m. de espesor.

CUBICACIONES

ZONA	CIMBRA	CONCRETO	ACERO DE REFUERZO
SALON C 1	130 m ²	13.80 m ³	0.667 ton.
SALON C 9	235	24.65	1.657
SALON C 18	195	20.38	1.125
AZOTEA D 18	275	28.59	1.940
AZOTEA D 45	105	11.21	0.740
TOTALES	940.00m ²	98.63 m ³	6.129 ton.

C O S T O D I R E C T O .

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	IMPORTE
I.- Cimbra aparente conforme al análisis 1.8.3.1	M ²	940.00	\$ 286.24	\$ 269,065.60
II.- Concreto f'c 200 Kg/cm ² , conforme al análisis 1.8.3.4.	M ³	98.63	2,634.38	259,828.89
III.- Acero de refuerzo A.R. fy 4 000 Kg/cm ² , conforme al análisis 1.8.3.3.	Ton.	6.13	24,246.24	148,629.45
			T O T A L	677,523.94

Costo Promedio Directo por

metro cuadrado de losa A : \$ $\frac{677,523.94}{940.00M^2}$ = $\frac{720.77}{\text{=====}} \frac{\$}{M^2}$

B.- Sistema LOSACERO ROMSA, en lámina galvanizada calibre 22, con un espesor de concreto de 0.06 m., sobre la cara superior de la lámina.

CUBICACIONES:

Z O N A	LOSACERO	CONCRETO	MALLA LAC.
SALON C-1	130 m ²	9.69 m ³	130 m ²
SALON C-9	235	17.51	235
SALON C-18	195	14.53	195
AZOTEA D-18	275	20.49	275
AZOTEA D-45	105	7.82	105
T O T A L E S	940.00m ²	70.04 m ³	940.00 m ²

C O S T O D I R E C T O .

C O N C E P T O	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO U.	IMPORTE
I.- Sistema Losacero ROM SA, lámina galvanizada - cal. 22, L.A.B. en obra.	M ²	940.00	\$ 390.00	\$ 366,600.00
II.- Instalación del sistema Losacero, conforme al análisis 1.8.3.5.	M ²	940.00	67.81	63,741.40
III.- Concreto f'c 200 Kg/cm ² , conforme al análisis 1.8.3.4.	M ³	70.04	2,634.38	184,511.97
IV.- Malla electrosoldada 66-10110, conforme al análisis 1.8.1.	M ²	940.00	25.30	23,782.00
V.- Apuntalamiento temporal durante el colado, -- conforme al análisis -- 1.8.3.6.	M ²	940.00	39.09	36,744.60
T O T A L				\$ 675,379.97
<p>Costo promedio directo por</p> <p>metro cuadrado de losa B : $\frac{\\$ 675,379.97}{940.00 \text{ M}^2} = 718.49 \text{ \\$/M}^2$</p>				



1.9.- Conclusiones.

A lo largo de este trabajo hemos descrito la situación que prevalecía en el Palacio de Minería y que dió origen a que la Sociedad de Ex-Alumnos de la Facultad de Ingeniería promoviera su restauración, formándose así el Patronato avocado a ese fin.

Se analizaron los diversos sistemas de piso así como los materiales que pudieran solucionar el problema de restitución de pisos planteado.

Se comentaron los procedimientos constructivos que se utilizaron, señalando sus ventajas é inconvenientes de cada solución adoptada.

Como parte medular de este trabajo se analizó el sistema de piso a base de láminas de acero acanaladas galvanizadas, conocido como Losacero, por el interés especial del autor y porque este nuevo sistema se empezaba a usar con éxito en varias construcciones importantes de la Ciudad de México.

El estudio de la losacero se inició, conociendo en primer lugar sus propiedades mecánicas, procediendo después a indicar su aplicación práctica por medio de un ejemplo numérico.

Posteriormente se realizó un estudio económico de la Losacero, haciendo la comparación con el sistema tradicional de losa maciza de concreto armado.

Estamos concientes que Losacero no va a resolver absolutamente todos nuestros problemas, pero consideramos que de todos los sistemas de pisos prefabricados, es el mejor.

Utilizando el sistema Losacero, se logra el ahorro de un importante porcentaje de concreto en losas, en comparación con otros sistemas, que puede ser hasta de un 25 %, representando una gran ventaja económica.

Con este sistema, es posible reducir el tiempo de construcción hasta en un 50 %, lo cual permite tener un ahorro considerable en todos los conceptos relativos además del beneficio que representa tener la construcción en servicio productivo anticipadamente.

Otra gran ventaja económica es la total eliminación de la cimbra que sumado a lo anterior tiene como resultado final un alto beneficio tanto para el constructor como para el propietario.

Finalmente podemos decir que la labor realizada por la S E F I , con la restauración del Palacio de Minería, fué una acción loable digna de ser imitada.

Al ser reintegrado el Palacio de Minería a la Facultad de Ingeniería, ha cobrado nueva vida, actualmente en el fun-

ciona el Centro de Educación Continúa que depende de la División de Estudios Superiores de la Facultad de Ingeniería y que tiene como objetivo primordial, proporcionar medios de actualización profesional en Ingeniería y facilitar a los profesionales en Ingeniería una formación interdisciplinaria.

También se ha planado la instalación de un museo de Mineralogía así como la terminación del inventario y organización del Acervo Histórico del Palacio de Minería.

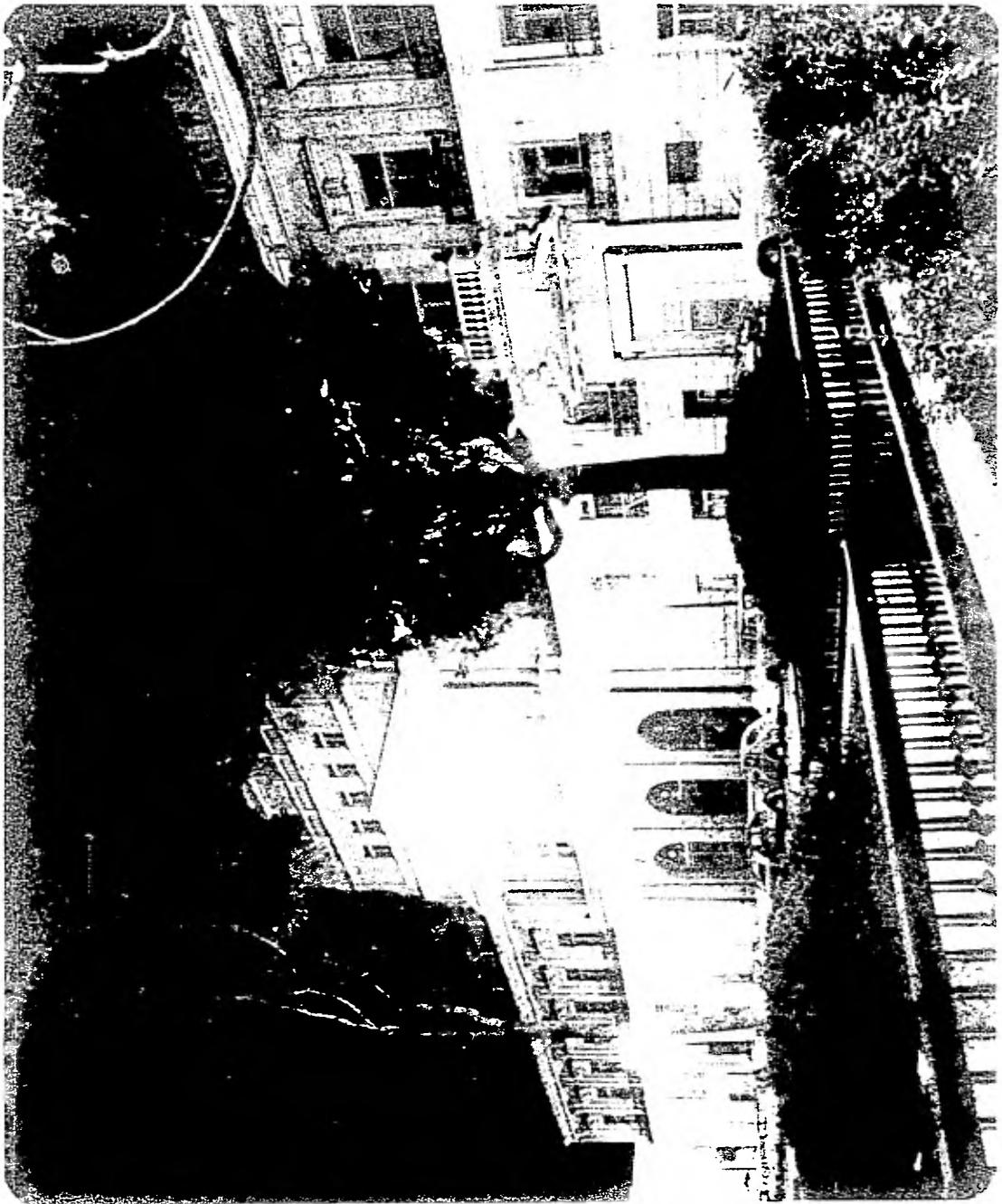
En el Palacio de Minería tienen su sede 17 sociedades gremiales en las distintas ramas de la Ingeniería, la Academia de Ingeniería y la Fundación Javier Barros Sierra.

Para coadyuvar en el cumplimiento de una de las funciones esenciales de la Universidad, la difusión de la cultura, se ofreció a la Dirección de Difusión Cultural de la U.N.A.M. la posibilidad de usar los auditorios y algunas salas del Palacio para la celebración de actos culturales: conciertos, conferencias, exposiciones, cine-club, etc. Actualmente funciona una sucursal de la Librería Universitaria.

Ha raíz de la terminación de las obras de restauración, las actividades en el Palacio de Minería han crecido considerablemente, se combinan así, las labores docentes del Centro de Educación Continúa, la celebración de conferencias, congresos ó seminarios relacionados con la Ingeniería

organizados por las sociedades técnicas y los actos culturales promovidos por la Dirección de Difusión Cultural de la U.N.A.M. y la Sociedad de Ex-Alumnos de la Facultad de Ingeniería.

La nueva vida que ha cobrado el Palacio de Minería, merced a las actividades antes descritas ha hecho que se empiece a conocerlo como " La Casa de la Ingeniería en America".



Bibliografía.

- 1.- Memoria Descriptiva del Palacio de Minería.
Ing. Manuel F. Alvaréz 1909
- 2.- Specification for the design of cold-formed steel structural members. 1968
American Iron and Steel Institute.
- 3.- Manual de Diseño de Secciones Estructurales de Acero Formados en Frio de Calibre Ligero. 1965
Cámara Nacional de la Industria del Hierro y el Acero.
- 4.- Ciencia de Materiales. Propiedades Mecánicas. 1968
Hayden, Moffatt & Wulff.
- 5.- Design of Welded Structures.
Omer W. Blodgett. 1967
- 6.- Diseño de Estructuras de Acero.
Bresler, Lin y Scalzi. 1970
- 7.- Manual de Diseño de Losacero.
Robertson Mexicana S.A.

ANEXO 1.- Tabla para el cálculo de LOSACERO cuando
 $N=14$ y $\gamma = 2300 \text{ Kg/m}^3$.

TABLA DE PROPIEDADES DE LA SECCION COMPUESTA POR METRO DE ANCHO

CALIBRE	$f'_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$					PESO VOLUMETRICO = 2300 Kg/m^3					
	PESO Kg/m^2	PERALTE TOTAL cm	I_s cm^4	S_b cm^3	S_t cm^3	ESPE- SOR "A" cm	I_c cm^4	S_{cc} cm^3	S_{bc} cm^3	V_R Kg	W_{DL} Kg/m^2
22	9.70	3.89	24.58	12.00	10.91	5	198.03	72.70	42.57	1308	157.6
						6	268.29	89.83	51.40	1473	180.5
						8	448.43	129.26	70.10	1825	226.4
						10	683.25	174.85	89.69	2192	272.3
20	11.56	3.91	31.40	15.64	14.24	5	224.93	77.65	50.08	1312	160.0
						6	304.56	95.72	60.47	1473	183.0
						8	509.61	137.51	82.56	1818	228.8
						10	778.14	186.05	105.79	2180	274.7
18	15.20	3.94	46.02	21.39	22.04	5	272.00	85.83	64.08	1327	163.9
						6	367.58	105.30	77.34	1477	187.3
						8	615.66	150.72	105.81	1808	233.2
						10	943.17	203.86	135.97	2159	279.1
16	19.00	3.96	60.35	27.20	30.75	5	313.00	92.44	77.23	1337	167.8
						6	422.43	112.95	93.28	1479	190.8
						8	708.47	161.23	128.01	1797	236.7
						10	1068.78	218.07	165.07	2139	283.0

CLARO MTS.	$f'_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$																PESO VOLUMETRICO = 2300 Kg/m^3			
	SOBRECARGA Kg/m^2																			
	A = 5 cm				A = 6 cm				A = 8 cm				A = 10 cm							
	22 Ga.	20 Ga.	18 Ga.	16 Ga.	22 Ga.	20 Ga.	18 Ga.	16 Ga.	22 Ga.	20 Ga.	18 Ga.	16 Ga.	22 Ga.	20 Ga.	18 Ga.	16 Ga.				
1.25	2089	2099	2123	2138	2358	2358	2363	2367	2919	2909	2890	2875	3505	3486	3451	3422				
1.5	1743	1747	1767	1782	1962	1962	1967	1972	2431	2421	2407	2397	2924	2905	2875	2851				
1.75	1406	1498	1513	1528	1684	1684	1689	1689	1938	2075	2065	2055	2324	2490	2465	2446				
2.	1054	1201	1323	1337	1308	1474	1474	1479	1674	1816	1806	1796	2011	1996	2158	2138				
2.25	742	839	1020	1171	991	1142	1313	1313	1391	1464	1606	1596	1767	1752	1918	1899				
2.5	541	615	742	854	732	830	1005	1152	1074	1303	1415	1435	1391	1562	1542	1708				
2.75	405	458	556	639	551	624	751	864	834	1030	1162	1303	1083	1342	1386	1371				
3.					424	478	581	668	654	805	971	1044	839	1064	1254	1240				
3.25									607	634	766	878	849	844	1142	1132				
3.5									390	507	610	703	493	664	937	1035				
3.75									292	405	498	571	361	517	761	878				
4.													253	390	629	727				
4.25														161	288	517	605			

ANEXO 2.- Tabla para el cálculo de LOSACERO cuando
 $N=18$ y $\gamma = 1600 \text{ Kg/m}^3$.

TABLA DE PROPIEDADES DE LA SECCION COMPUESTA POR METRO DE ANCHO

N = 18		$f'_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$										PESO VOLUMETRICO = 1600 Kg/m ³	
CALIBRE	PESO Kg/m ²	PERALTE TOTAL cm	I_x cm ⁴	S_x cm ³	S_y cm ³	ESPE SOR "A" cm	I_y cm ⁴	S_{xc} cm ³	S_{yc} cm ³	V_R Kg	W_{DL} Kg/m ²		
												5	6
22	9.70	3.89	24.58	12.90	10.91	5	180.50	61.04	40.85	1300	112.2		
						6	245.09	75.39	49.46	1461	128.3		
						8	411.85	108.62	67.80	1805	160.0		
						10	630.74	147.24	87.09	2165	192.2		
20	11.56	3.91	31.40	15.64	14.24	5	203.96	65.08	47.94	1308	114.6		
						6	276.65	80.15	58.04	1462	130.7		
						8	465.22	115.22	79.65	1797	162.9		
						10	714.63	156.18	102.49	2151	194.7		
18	15.20	3.94	46.02	21.39	22.04	5	244.78	71.83	61.11	1327	119.0		
						6	331.03	87.91	73.92	1470	134.6		
						8	556.69	125.75	101.65	1790	166.8		
						10	857.03	170.32	131.22	2132	199.1		
16	19.00	3.96	60.35	27.20	30.75	5	290.03	77.29	73.39	1343	122.4		
						6	377.81	94.12	88.80	1476	138.5		
						8	635.55	134.07	122.5	1781	170.3		
						10	981.21	181.48	158.72	2114	202.5		

N = 18		$f'_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$										PESO VOLUMETRICO = 1600 Kg/m ³					
CLARO MIS.	SOBRECARGA Kg/m ²																
	A = 5 cm				A = 6 cm				A = 8 cm				A = 10 cm				
	22 Ga.	20 Ga.	18 Ga.	16 Ga.	22 Ga.	20 Ga.	18 Ga.	16 Ga.	22 Ga.	20 Ga.	18 Ga.	16 Ga.	22 Ga.	20 Ga.	18 Ga.	16 Ga.	
1.25	2079	2089	2123	2148	2333	2338	2353	2353	2885	2875	2861	2851	3461	3442	3412	3383	
1.5	1733	1743	1767	1791	1948	1948	1957	1967	2407	2397	2382	2372	2885	2865	2841	2817	
1.75	1386	1494	1513	1533	1669	1669	1679	1684	2060	2055	2045	2035	2475	2455	2436	2416	
2	961	1086	1108	1142	1293	1459	1469	1474	1699	1796	1786	1782	2035	2148	2128	2114	
2.25	673	761	917	1049	917	1035	1240	1313	1406	1489	1586	1581	1790	1782	1894	1879	
2.5	493	556	668	766	668	756	903	1030	1103	1269	1430	1425	1440	1591	1703	1689	
2.75	371	415	502	571	502	566	678	776	844	952	1142	1293	1162	1391	1420	1537	
3					385	434	522	595	649	732	878	1005	922	1127	1288	1279	
3.25									512	576	693	790	747	888	1064	1166	
3.5									410	463	551	629	600	707	854	976	
3.75									332	375	449	512	483	576	693	795	
4													385	473	571	654	
4.25													207	395	473	541	

A N E X O 3.

Planos arquitectonicos del Palacio de Minería
conforme al levantamiento efectuado en 1909 por el
Ing. Manuel F. Alvarez.

1.- Piso bajo.

2.- Entresuelo.

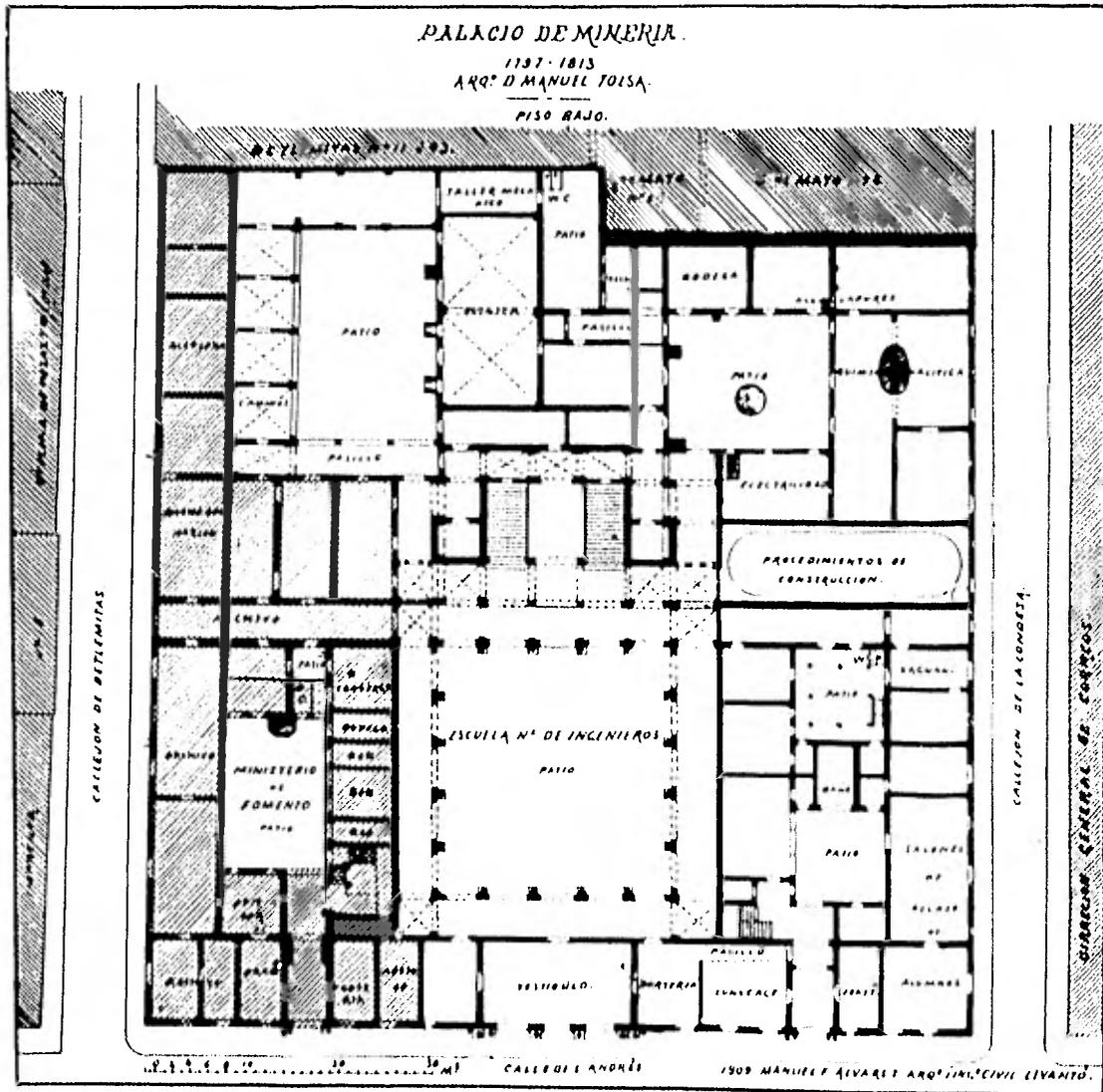
3.- Piso alto.

PALACIO DE MINERIA.

1797-1813

ARQ. D. MANUEL TOLSA.

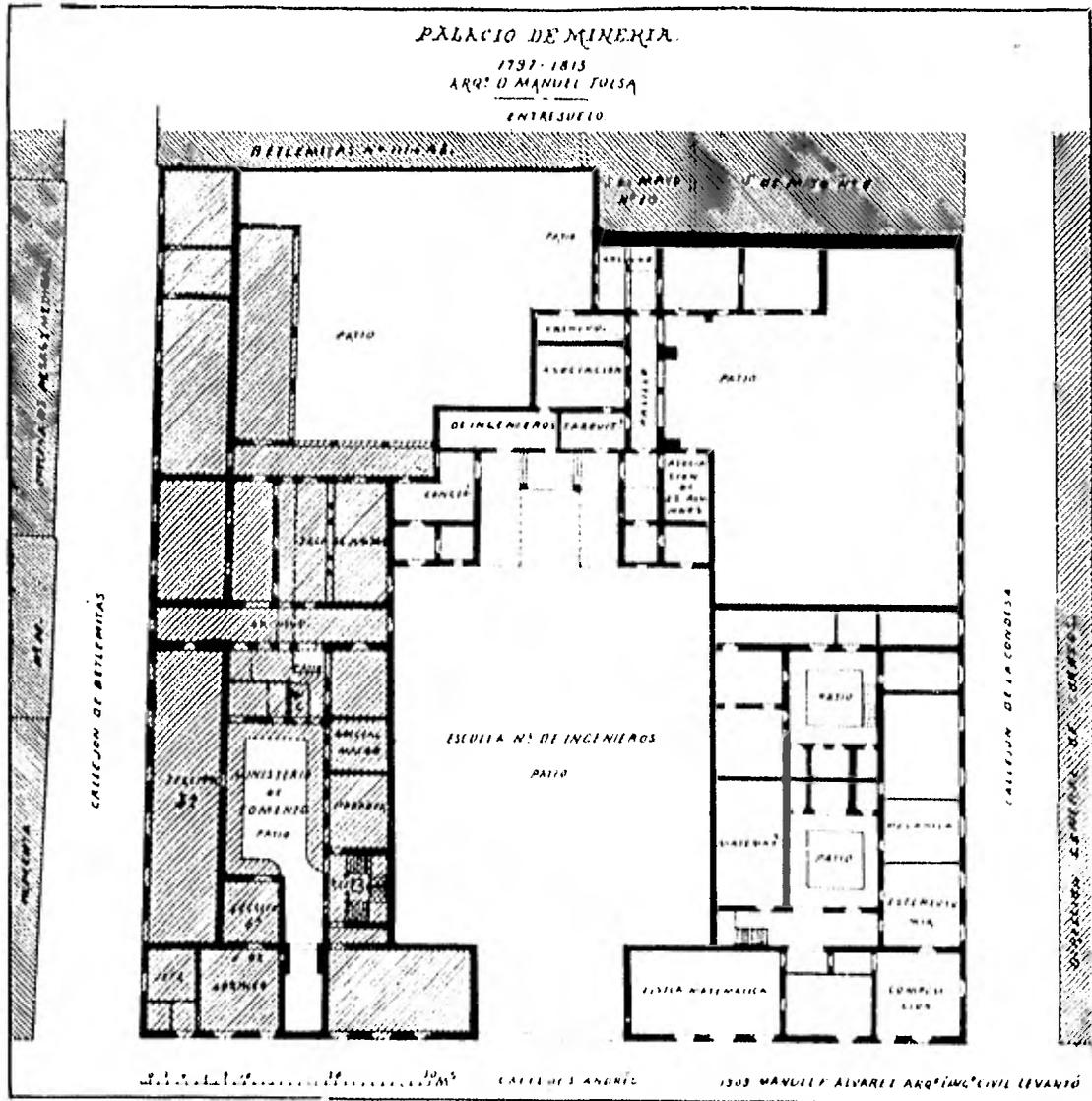
PISO BAJO.



PALACIO DE MEXICALTIAN.

1797 - 1813
ARQ.º D. MANUEL GUISA

ENTRADA SUR



1797 - 1813

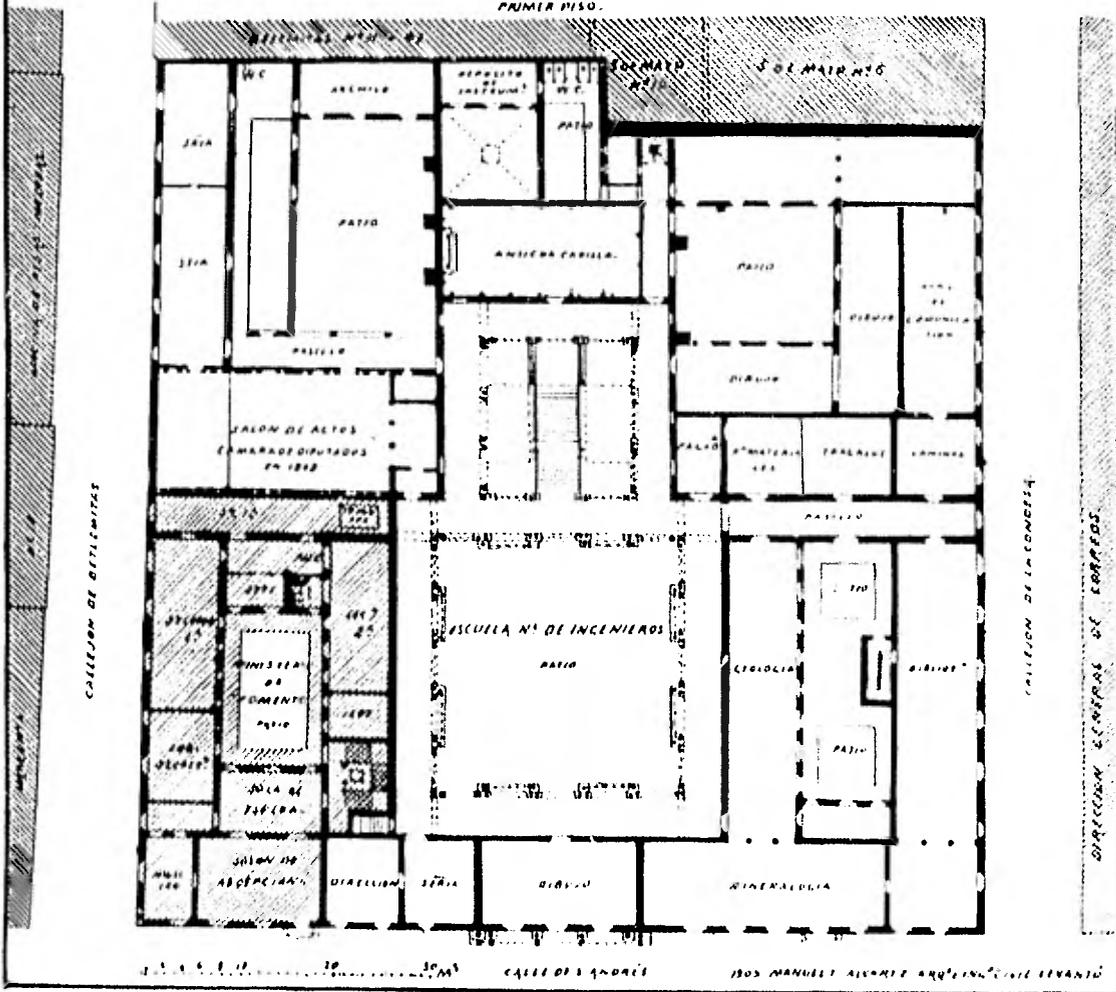
CALLEJON DE ANDRÉS

1808 MANUEL ALVAREZ ARQ.º CIVIL LEVANTÓ

PALACIO DE MINERIA

1797-1813
ARQ.º D. MANUEL TOISA.

PRIMER PISO.



CALLE DE SAN JUAN

1805 MANUEL ALONSO ARQUITECTO LEVANTO

A N E X O 4.

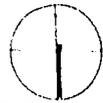
Planos arquitectonicos de la restauración del Palacio de Minería 1972 - 1976.

1.- Planta baja Nivel A.

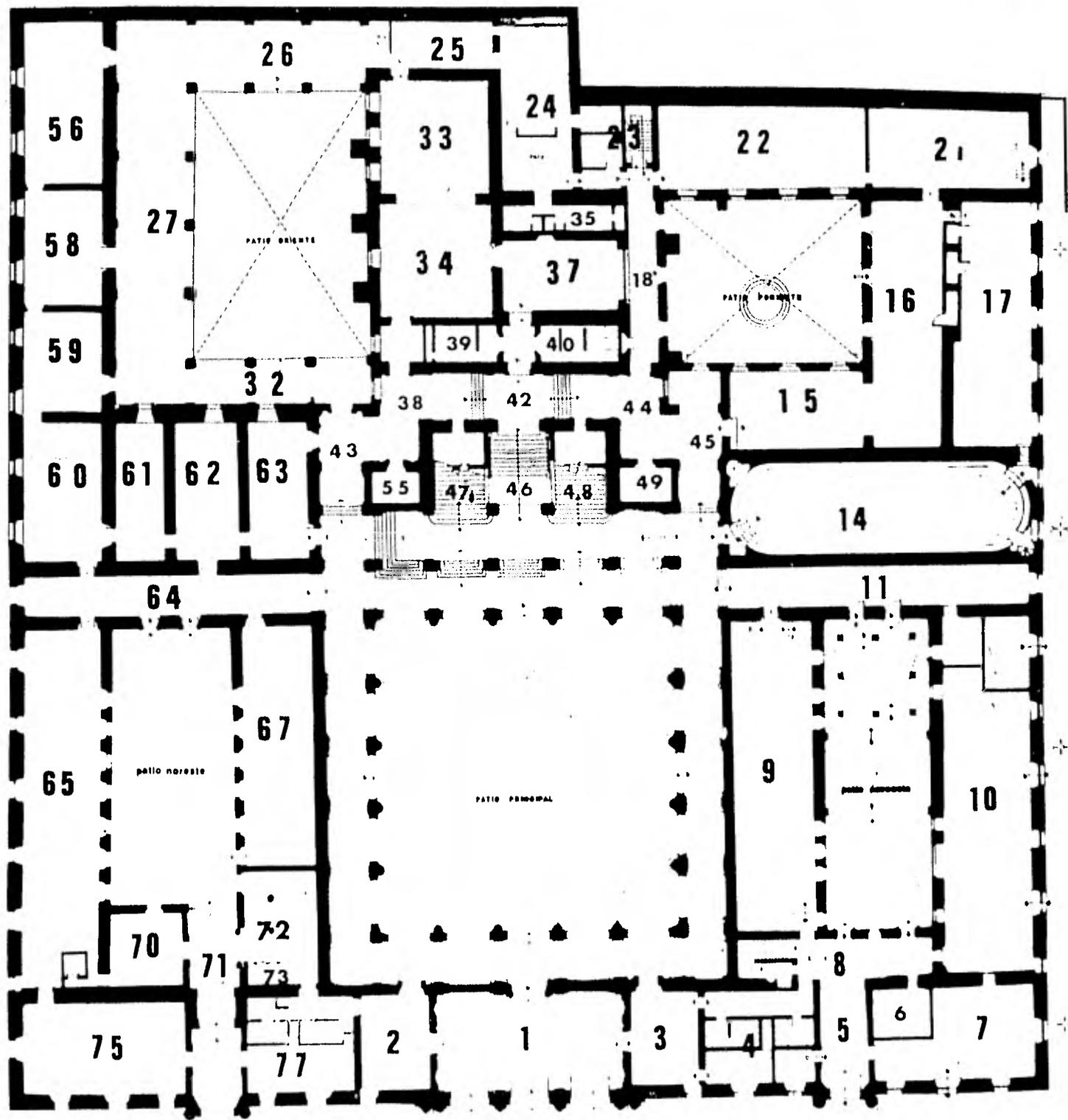
2.- Planta mezanine Nivel B.

3.- Planta Alta Nivel C.

4.- Planta Azotea Nivel D.



INSTITUTO
CUBANO
PALACIO DE MINERÍA
PROYECTO DE RESTAURACIÓN
PLANTA BAJA
A

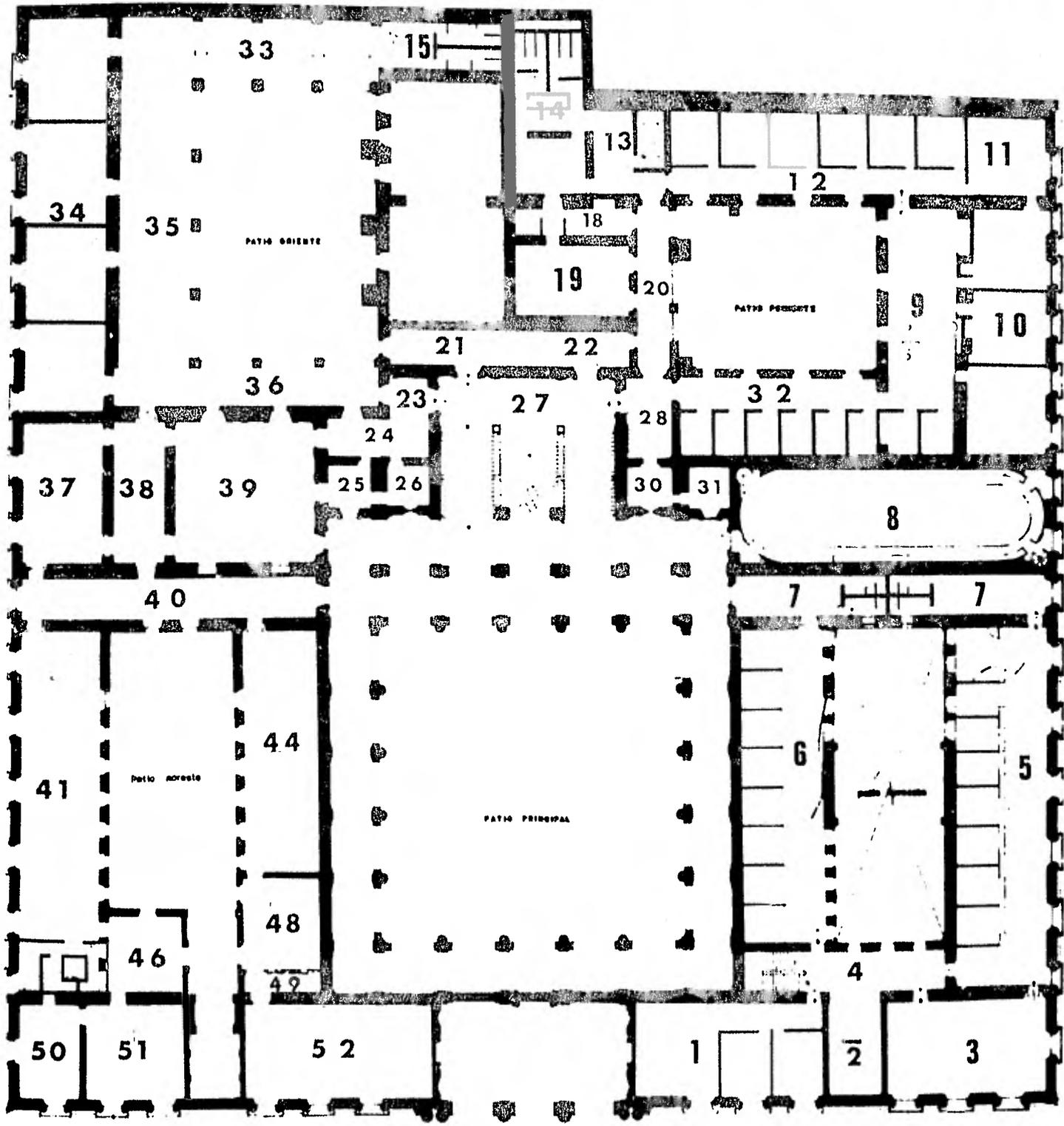


CALLE DE FILOMENO MATA

CALLE DE LA CONDESA

CALLE DE TACUBA

A

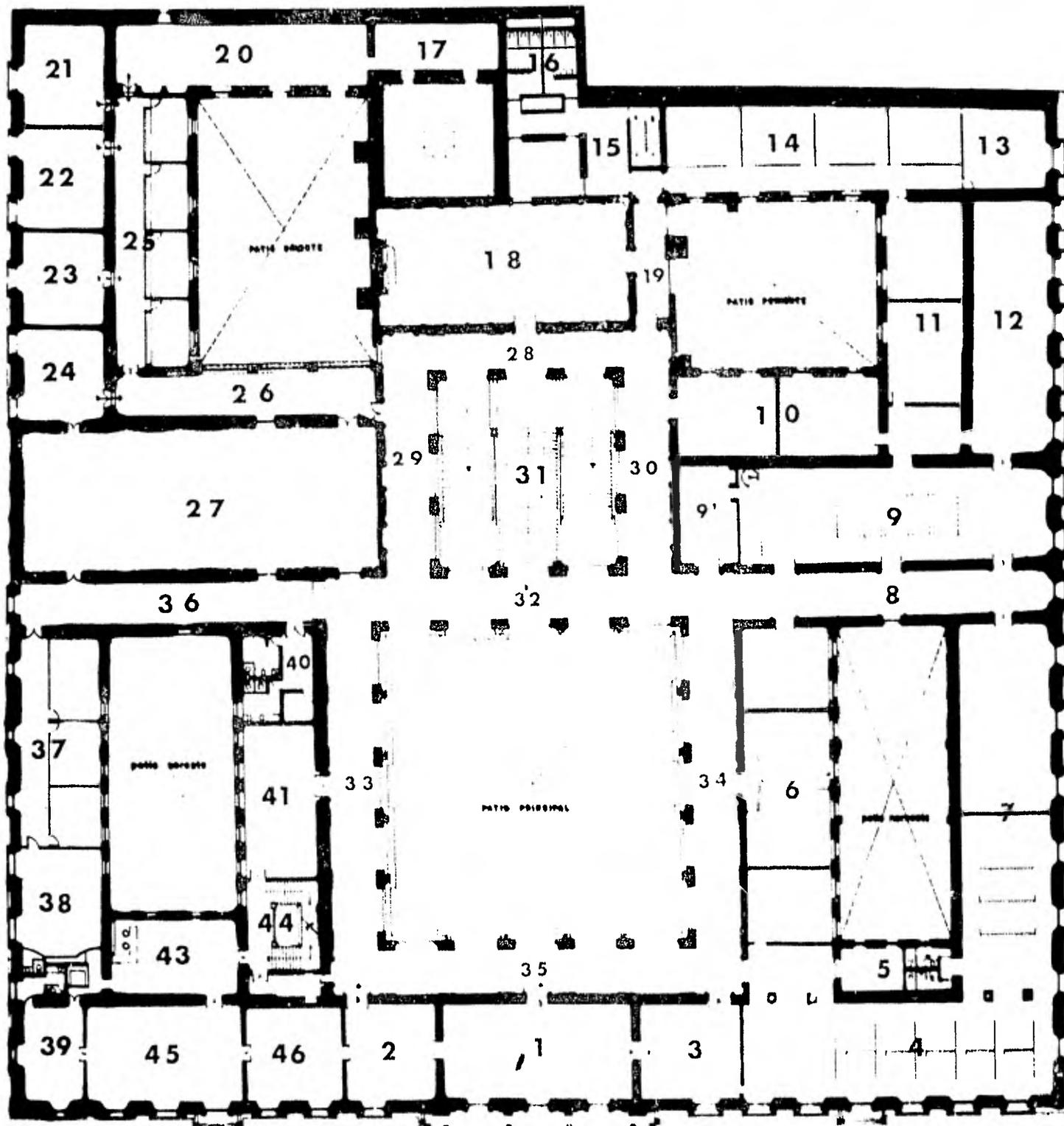


CALLE DE FILOMENO MATA

CALLE DE LA CONDESA

B

CALLE DE TACUBA

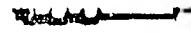


CALLE DE FILOMENO MATA

CALLE DE LA CONDESA

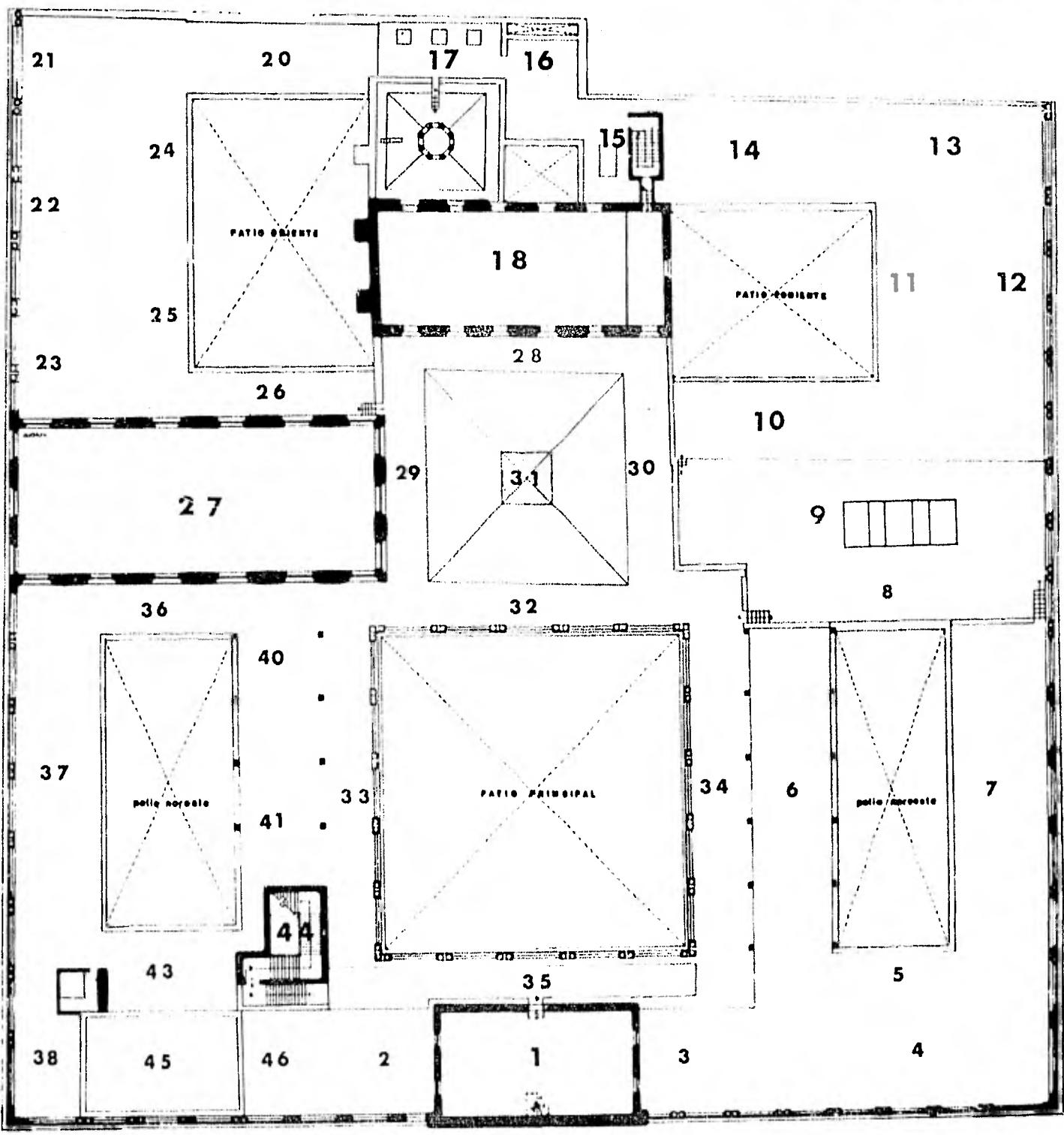
C

CALLE DE TACUBA



CALLE DE FILOMENO MATA

CALLE DE LA COMESA



D

CALLE DE TACUBA