

72
2ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

CONSTRUCCION DE UNA ESTRUCTURA
GEODESICA COMO ALBERGUE EN EL
POPOCATEPETL

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A N :

JOSE LUIS HERNANDEZ DIAZ
CUAUHTEMOC MARTINEZ MURILLO



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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 está 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.

INDICE

1	INTRODUCCION	1
2	DESCRIPCION DEL POPOCATEPETL	4
2.1	LOCALIZACION GEOGRAFICA	6
2.2	PRINCIPALES VIAS DE ACCESO	7
2.3	DESCRIPCION TOPOGRAFICA	11
2.4	CONDICIONES CLIMATICAS	16
2.5	CARACTERISTICAS GEOLOGICAS	22
2.6	PROPOSICION DEL LUGAR	26
3	PROPOSICION DE LA ESTRUCTURA	30
3.1	ESPECIFICACIONES DE LA ESTRUCTURA GEODESICA	37
3.2	DIMENSIONAMIENTO	41
4	ANALISIS DE LA ESTRUCTURA	44
4.1	CUANTIFICACION DE CARGAS	45
4.2	ANALISIS ESTRUCTURAL	53
5	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA	67
5.1	DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSION Y COMPRESION	68
5.2	DISEÑO DE CONEXIONES	72
5.3	DISEÑO DE CONEXIONES ESTRUCTURA-CIMENTACION	76
5.4	DISEÑO DE LA CIMENTACION	76
6	MATERIALES DE RECUBRIMIENTO	83
6.1	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	84
6.2	RESOLUCION CONSTRUCTIVA DE JUNTAS	90
7	PROCESO CONSTRUCTIVO	91
7.1	PREFABRICACION DE LA ESTRUCTURA	94
7.2	TRANSPORTE AL LUGAR	106
7.3	ARMADO DE LA ESTRUCTURA	106
7.4	RTA CRITICA	113
8	ANALISIS DE COSTOS	120
8.1	CONCEPTOS FUNDAMENTALES	121
8.2	ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	124
8.3	CATALOGOS	149
8.4	PRESUPUESTO	153
9	CONCLUSIONES	156
10	BIBLIOGRAFIA	158

1 INTRODUCCION

El Popocatepetl representa un potencial turístico para la práctica del alpinismo en la República Mexicana, ya que es el punto más alto de la sierra nevada (5652 msnm).

Las características propias del Popocatepetl le confieren situaciones riesgosas que pueden provocar accidentes, por lo que se cree que es necesario contar en esa zona con un espacio adecuado, seguro y funcional que proporcione a los deportistas y visitantes un lugar donde descansar y protegerse de las condiciones climáticas adversas. Para ello se plantea la construcción de un albergue cuya característica principal es una estructura de acero de forma geodésica.

El planteamiento de esta estructura nos llevó a considerar las condiciones climáticas generales de la zona, a fin de detectar cuales elementos constituyen acciones que pueden influir en el comportamiento de la estructura.

En lo que se refiere a la caracterización climática puntual del Popocatepetl, se detectó que no es posible establecerla con exactitud ya que la ausencia de estaciones meteorológicas a altitudes mayores a los 4000 msnm es común en la República Mexicana. Para cumplir con este requisito consideramos los datos climáticos a las estaciones meteorológicas más cercanas. Esto nos llevó a considerar como elementos climáticos de riesgo en la zona, que pueden incidir sobre la estructura a los vientos y las nevadas principalmente. En lo que al viento se refiere su incidencia en la estabilidad de la estructura es de importancia y para establecer una estimación sobre las velocidades que pudieran presentarse en la cima del Popocatepetl se utilizó la fórmula empírica propuesta por el Instituto Americano del Petróleo, obteniéndose velocidades muy bajas, no representativas del lugar; por lo tanto, fue necesario que para el análisis, se recurriera a la carta de regionalización eólica de la República Mexicana, propuesta por la Comisión Federal de Electricidad. Con respecto a la nieve se considera ésta como una carga viva, de acuerdo con lo propuesto por Bowles.

Para la proposición del lugar donde se localizará la plantara la estructura, se hizo un análisis de los diferentes lugares en los que hay rutas de ascenso preestablecidas, utilizando una matriz de decisión basadas en criterios máximos-mínimos y criterios máximos-máximos, obteniéndose como alternativa más adecuado Tres Cruces.

La estructura propuesta como óptima para las condiciones de trabajo tendrá una forma geodésica, la cual fue seleccionada basada en aspectos importantes como: respuesta estructural, durabilidad, resistencia adecuada y regulación del clima interior. De acuerdo a sus dimensiones sus especificaciones particulares son: Geodésica de frecuencia 4, con triangulaciones que proporciona una estructura de 105 barras y 41 nodos o articulaciones.

En el análisis de la estructura se consideraron tres tipos de fuerzas actuantes: acciones permanentes, acciones variables, (considerada de acuerdo al Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, y según lo propuesto por Joshep E. Bowles, para el cálculo de cargas por nieve) y acciones accidentales según los criterios establecidos en el manual de diseño de obras civiles de la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.).

El análisis de la estructura fue implementada mediante el uso de un programa de computadora con lo cual se obtiene un análisis lineal elástico de armaduras espaciales.

Por tratarse de una estructura reticular tridimensional, en la cual sus elementos estructurales están trabajando a tensión o compresión se hizo énfasis en revisar con más atención el problema de la compresión en las barras.

El diseño de elementos a tensión y compresión, el diseño de conexiones en barras y el de conexiones estructura-cimentación, sigue los lineamientos propuestos en el manual de construcción en acero IMCA, el cual está basado en las especificaciones dictadas por el Instituto Americano de Construcción en Acero (AISC).

El diseño de zapatas se hizo de acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias de Mampostería del Distrito Federal.

El material propuesto para el recubrimiento de la estructura es el multipanel y acrílico, cuya característica principal es que son sistemas constructivos a base de módulos prefabricados y térmicos.

En la elaboración del presente trabajo se tomó en cuenta tanto el aspecto estructural como el constructivo. En lo que respecta al constructivo se estableció un catálogo de conceptos para hacer un presupuesto basado en precios unitarios, de estos el costo indirecto no se consideró ya que depende de las condiciones financieras de quien realizará la obra.

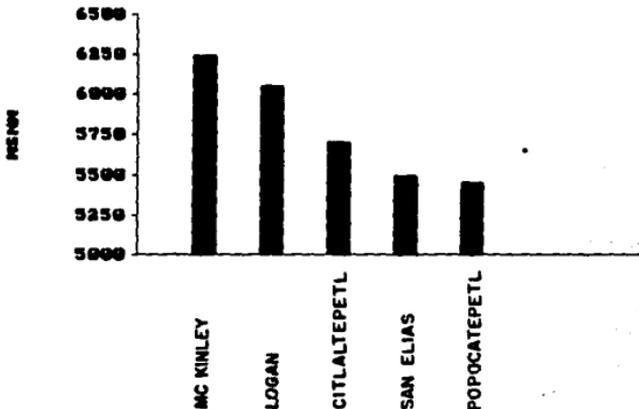
Usando el catálogo como punto de partida se estableció el procedimiento constructivo, donde cada actividad ha sido comentada de una forma más o menos extensa. Con el procedimiento constructivo se realizó un programa de ruta crítica tratando de ser lo más objetivo posible. La fecha de inicio considerada en la ruta crítica fue la del 21 de Marzo por ser está la del inicio de la primavera, lo que supone las mejores condiciones climáticas.

2 DESCRIPCION DEL POPOCATEPETL

Son varios los aspectos que dan relevancia al Popocatepetl y lo hacen motivo de la atención y admiración de la gente. La altura del Popocatepetl (5,452 msnm), no es comparativamente muy importante ya que ocupa el quinto lugar desde América del Norte hasta Centroamérica, y el segundo en la República Mexicana, siendo superado por: El Monte McKinley en Alaska (6,240 msnm), El Monte Logan en Canadá 6,050 msnm), El Citlaltépetl (5,700 msnm) en México y El Monte San Elías (5,493 msnm) también en Canadá. Sin embargo es el punto más alto de la Sierra Nevada o Sierra de Ahualulco, lo que lo coloca como un punto insoslayable en el Altiplano Mexicano, tanto que no es de extrañar que un punto de su geografía sirva de referencia para la división geográfica entre los Estados de Puebla, México y Morelos.

ALTURAS COMPARATIVAS

■ MONTAÑA
■ ALTITUD



MONTAÑAS

Por otra parte, el Popocatepetl forma parte de uno de los sistemas orográficos principales del país, siendo un elemento de gran importancia dentro del sistema hidrológico de la Cuenca del Valle de México ya que exactamente por la parte media del Popocatepetl se forma la barrera que limita la cuenca de dicho valle por el Este separándola del Valle de Puebla, y al enlazar sus faldas con las montañas de las cerranías del Ajusco, se cierra la parte sur de la cuenca de México. Es importante observar que el portezuelo que enlaza el Popocatepetl con dichas montañas, forma una de las líneas de división de las aguas entre dos cuencas vecinas y constituye uno de los pasos más altos entre dos cerranías distintas.

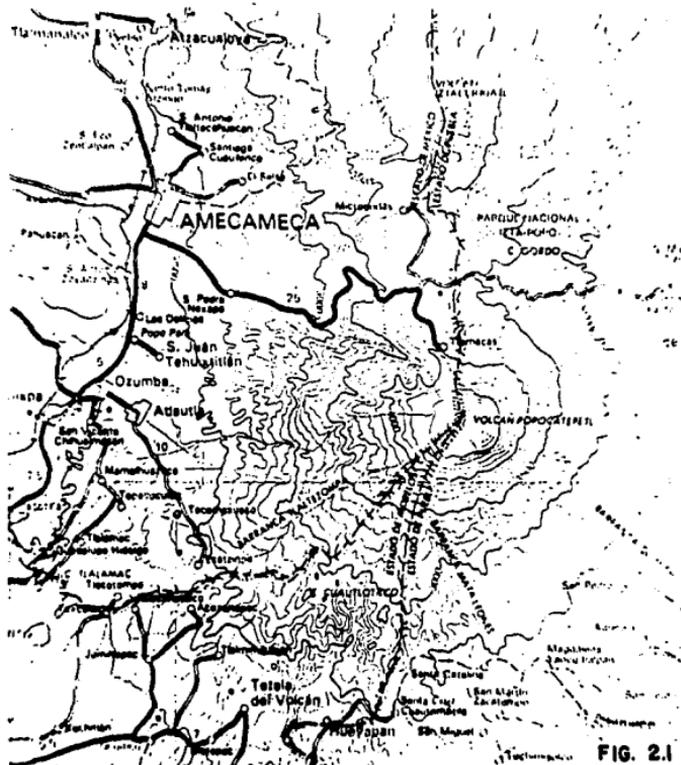
Otro aspecto importante es el conjunto que integran las geofomas del Eje Neovolcánico Transmexicano en la región de la Meseta Central, imprimiéndole al paisaje elementos de gran plasticidad y belleza propicios para la práctica de deportes tales como el montañismo y el excursionismo, así como para el esparcimiento, con posibilidades de un desarrollo turístico. Es precisamente esta característica, no obstante sus grandes riesgos, la que atrae más gente a este lugar.

La Naturaleza algunas veces, o la impreparación de las personas que practican el alpinismo otras, hace que ocurran accidentes; estos pueden ser muy variados y de diferentes magnitudes, que van desde un simple dolor de cabeza hasta la pérdida de la vida en algunos casos. Es por esto que es necesario tomar toda clase de previsiones, y el contar con el apoyo de un albergue en estos casos es indispensable. Los albergues deben ofrecer abrigo contra las condiciones climáticas como: bajas temperaturas, nieve, lluvia y sol, que a estas altitudes pueden resultar sumamente extremosas; siendo además un punto de descanso para los excursionistas.

2.1 LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA

El Volcán Popocatepetl se encuentra situado a casi 45° sureste del Distrito Federal, aproximadamente a 86 Km al Oriente de la Ciudad de México y sirve de límites a los Estados de México, Puebla y Morelos -ver figura 2.1-.

La cima del volcán se halla situada a los 19° 01'17" de latitud Norte y a 98° 37' de longitud Oeste, y con relación al meridiano de la Ciudad de México se encuentra a 0° 30'20" de longitud Este. Tiene una altitud de 5,452 msnm, en su punto más elevado llamado Pico Mayor.



2.2 PRINCIPALES VIAS DE ACCESO

La manera más común y accesible de llegar al Popocatepetl parte de la Ciudad de México por la carretera que se dirige a Puebla, tomándose la bifurcación a Cuautla hasta llegar al poblado de Amecameca; se recorren hasta aquí aproximadamente 60 km.

Después de la población de Amecameca, 2 km adelante se encuentra la desviación al oriente hacia el pueblo de San Pedro Nexapa; sobre este camino se recorren aproximadamente 22 km. hasta llegar al portillo llamado Paso de Cortés*; tomando hacia el oriente a partir de este lugar, 5 km. más adelante se arriba al paraje denominado Tlamacas, situado a 3,897 msnm.

La Ex-Hacienda de Tlamacas marca el punto más alto al que se puede llegar sin dificultad en automóvil y donde generalmente empieza el ascenso de los alpinistas**. (Este sitio cuenta con dos grandes albergues, que ofrecen varios servicios como son: restaurante, regaderas, excusados, salones de juego, etc. Uno pertenece a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, con una capacidad de 108 literas, y el otro a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, con una capacidad 106 literas).

Hay otra ruta para llegar a Tlamacas, esta parte de la carretera pavimentada de Tonanzintla a Cholula en el Estado de Puebla, que con un recorrido de 43 km. de camino de terracería entronca en el mencionado "Paso de Cortes".

* Este lugar (3,580 msnm) marca la separación entre los volcanes Popocatepetl e Istaccihuatl y es por donde, según la historia, pasó Hernán Cortés en su trayecto a la Ciudad de México-Tenochtitlan.

** Algunas personas empiezan a subir desde la población de Amecameca (2,479 msnm), considerándose la ascención que empieza desde ahí como una de las más completas.

2.2.1 RUTAS DE ASCENSO

Existe una leyenda precortesiana que refiere la ascensión al Volcán por un sacerdote o héroe; esto nos indica que el escalario debió ser considerado extraordinario y remotamente posible para una persona común; sin embargo es muy probable que se haya intentado y logrado la cumbre, no con el espíritu con que ahora se hace sino más bien con un ideal religioso, mucho antes de la llegada de los españoles.

Durante el reinado de Moctezuma Ilhuicamina se vió humear el Volcán, por lo que fueron designados diez guerreros para que trataran de subir y vieran lo que provocaba esas humaredas, esto ocurrió en el año de 1 648 D. C. y la prueba de que lograron llegar a la cumbre fué que describieron la cima y el fenómeno que en ella ocurría. Oficialmente el primero en escalario fué Diego de Ordaz en el año de 1 519, mandado por Hernán Cortés. No se puede asegurar que ruta siguió, sin embargo parece ser que fué la que se conoce actualmente con el nombre de "Las Cruces".

Desde Tlamacas empiezan la mayoría de las rutas de ascenso -fig. 2.2-, y aunque existen variantes en algunas de ellas, básicamente se reconocen seis, que son:

- RUTA 1 : "Las Cruces"
- RUTA 2 : "La Central"
- RUTA 3 : "La Directa" o "Las Grietas"
- RUTA 4 : "Teopixcalco"
- RUTA 5 : "El Queretano"
- RUTA 6 : no tiene otro nombre.

Las cuatro primeras parten de la cara Oriente hacia la Norte del cono principal, tienen una duración promedio de 7 a 8 horas hasta el pico mayor, sin embargo el estado de la nieve puede hacer cualquiera de estas rutas más largas y peligrosas.

LA RUTA 1 es la más común de todas por que el grado de dificultad que presenta es mínimo; pasa por el lugar denominado "Las Cruces" (4,480 msnm), de donde toma su nombre. Esta ruta es adecuada para personas que se inician en el deporte del alpinismo ya que carece de glaciares, su inclinación no es excesiva y el grado de técnica que se requiere es el elemental.

Actualmente en "Las Cruces" existen las ruinas de un albergue construido por el CENETI, el cual fué destruído al parecer, no estamos seguros, por una avalancha, sin embargo el grado de deterioro que mostraba con anterioridad a este suceso era ya

importante debido principalmente al mal uso que le dieron personas con escasa educación.

De Tlamacas a Las Cruces el camino que se toma es siempre el de la izquierda -figura 2.2- con relación al avance, esta ruta llega a la parte inferior del cráter, llamada Labio Inferior, o Espinazo del Diablo.

LA RUTA 2 tiene un poco más de pendiente, la primera parte de ella se hace siguiendo la ruta 1 hasta llegar al lugar llamado "Piedra de Volteo" de ahí se asciende entre los glaciares NE. y del "Ventorrillo" para llegar, como su nombre lo indica directamente al borde del cráter. Se menciona que existe la posibilidad de encontrar algunas grietas en esta ruta.

LA RUTA 3 empieza por la cañada, y al llegar a la base del glaciar del Ventorrillo se asciende por este cruzando una zona de grandes grietas, llamándose por este motivo "La Directa" o "Las Grietas".

LA RUTA 4 se hace continuando por el glaciar antes mencionado, llegando por el fondo de la cañada hasta el cuello en el que se une el cono del Popocatepetl con "La Flecha del Aire" del Ventorrillo, encontrándose en esta ruta un albergue a una altura de 4,930 msnm que lleva el nombre de "Teopixcalco", con un cupo para ocho personas. Siguiendo directamente por el filo que divide el glaciar Norte con el del Ventorrillo se llega al cráter un poco más abajo del Pico Mayor, por lo que esta ruta recibe el nombre de Ruta del Ventorrillo.

LA RUTA 5 es la más larga, difícil y peligrosa. Se asciende desde Tlamacas por el filo izquierdo del Ventorrillo hasta llegar al albergue que lleva el nombre de "El Queretano", apartir de aquí se inicia la travesía por un corredor bajo los grandes cantiles, desembocando en el filo opuesto llamado Canoas. Bordeando el cono hasta el término de los cantiles, se asciende hasta la arista que al unirse con la Suroeste del Pico del Fraile conduce al Pico Mayor. La duración de la trayectoria varia, como es natural, con el estado del hielo y la nieve, pudiéndose tomar un tiempo promedio de 10 a 11 horas.

LA RUTA 6 empieza por la cara Oeste. Es muy poco frecuentada debido a que carece de glaciares y el lugar de arranque de la ruta se encuentra retirado, por lo que es necesario hacer una caminata antes de empezar la ascensión propiamente dicha. Esta cara esta constituida principalmente por arenales, y tiene una pendiente relativamente pequeña. Pasa por el Pico del Fraile (5,100 msnm).

2.3 DESCRIPCION TOPOGRAFICA

El Popocatepetl visto desde lejos tiene la forma de un cono interrumpido por un pico lateral saliente del lado Noroeste y otro más pequeño, apenas perceptible por el lado Suroeste. Este cono superior asienta por el lado Sur en otro más obtuso que extiende sus flancos a los profundos Valles de Cuautla y Matamoros, y por el Norte se apoya en el macizo de la sierra. Las pendientes del cono hacia el Este son más uniformes que las del Oeste; las primeras mueren por gradaciones insensibles en el Valle de Puebla y las últimas son interrumpidas por el relieve de las serranías del Ajusco con las que se liga.

Visto desde un lugar más próximo, esta regularidad desaparece y el volcán se presenta entonces con dos pendientes generales, la oriental más débil que la occidental, mientras que las del Norte y Sur son casi iguales, dando lugar a que el conjunto se presente como un cono elíptico.

El cono está compuesto de tres partes: La superior formada por un casquete de nieve de superficie y pendiente uniforme, que descansa sobre un lecho formado de roca dura y compacta, y por cenizas y material detrítico, arrojados durante las modernas erupciones, con distribución irregular, aunque parecen dominar del lado Sur estas últimas. La base del casquete es irregular y dentellada debido a la línea que marca el límite de las nieves persistentes y los surcos por donde las aguas de fusión descienden. La regularidad del cono de nieve es interrumpido algunas veces por pequeños acantilados, igualmente cubiertos, los cuales aparecen como escalones cortos en los flancos.

La parte media constituye un tronco de cono formado por arenas, cuya superficie esta cortada por líneas radiantes que dan curso a las aguas de fusión.

La parte inferior, la falda, es sumamente irregular en su contorno, tanto como por la presencia de rocas macizas desnudas, como por el desgarramiento profundo a que da lugar la prolongación de los mismos accidentes de la parte superior.

La cima del gran cono está truncado, dando lugar a un cráter ligeramente elíptico, con diámetro medio de 756 m.; tiene paredes verticales en las que se producen derrumbes y presenta profundidades de 250 a 300 m. En su piso hay un pequeño cono que despide vapor y otros gases además de varias fumarolas producto de la misma actividad.

Las medidas oficiales que se tienen acerca del cráter son las siguientes:

Diámetro eje mayor	850 metros
Diámetro eje menor	750 "
Distancia del pico mayor al fondo	480 "
Distancia del pico menor al fondo	175 "
Altura pico mayor	5,452 msnm
Altura pico menor	5,254 "
Altura del fondo	5,119 "

En la parte Noreste presenta la profunda Barranca de Nexpayantla, la cual se inicia a una altura de 4 827 msnm, por un glaciar en su flanco Norte, con una extensión de 300 000 m. y termina aproximadamente a 4 850 msnm.

En torno al cráter, sobre el costado Norte hay tres masas de hielo permanentes que cubren aproximadamente 0.72 km., a una altura media de 4 350 msnm. En ciertas épocas hubo fases de fuerte erosión fluvial que produjeron importantes acantilados en las laderas occidentales del cráter que interrumpen la regularidad de la pendiente, observándose estalactitas de nieve en los bordes salientes donde la acumulación de esta permite su congelación.

El aspecto de la nieve esta en directa relación con las condiciones atmosféricas que varían constantemente. Durante el invierno y los días lluviosos de cualquier época del año, la superficie del manto ofrece notable solidez, desliza y hace difícil y peligrosa la marcha. En los días serenos y en las mañanas la nieve tiene poca consistencia y es granuda, lo cual permite hacer la ascensión con más facilidad.

El espesor de la nieve es variable y tiene relación con la naturaleza de la superficie sobre la que apoya, con la pendiente, con los accidentes topográficos, y la regularidad del cono de nieve -resultado de la acumulación en las depresiones del terreno y de la movilidad de las nieves-. Es aquí donde la acumulación de las nieves es mayor y adquiere un espesor de 2.0 a 2.5 m. El espesor mínimo de la capa de nieve apenas de unos cuantos centímetros, se observa sobre los lugares de mayor pendiente y en los de pendiente menos fuerte donde la nieve se apoya sobre las arenas.

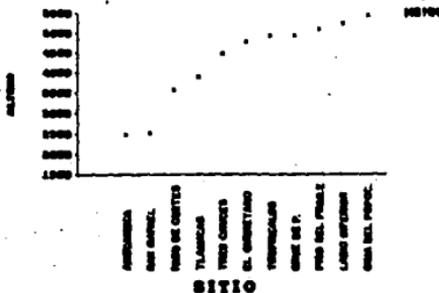
Probablemente el poco espesor debe atribuirse a la absorción de las aguas del deshielo por las arenas de gran permeabilidad y por temperaturas superiores a la de congelación, lo cual permite la fusión y la circulación fácil de las aguas en su masa; en la cima del Pico Mayor, donde una capa de ceniza y detritus cubre a las brechas, la nieve no adquiere un espesor mayor de 10 cm., y aún se observan puntos de pendiente no muy fuerte desprovisto de ella.

La altura del límite de las nieves persistentes varía mucho durante las diferentes épocas del año, siendo mayor en verano que en el invierno, no variando en todo su contorno; en el lado Norte la variación en la altura alcanza unos 100 m. aproximadamente; en el lado Sur, varía de una manera tan notable, que hay años que en la estación de las secas, la nieve desaparece por completo. Esto se explica por recibir el volcán las corrientes de aire caliente y seco que suben de los valles más bajos de los Estados de Puebla y Morelos.

La línea que representa este límite sobre un plano tendría la forma de una línea quebrada semejante a una estrella de muchos y desiguales picos; donde la nieve está expuesta a la acción directa del sol y al tratamiento de las corrientes de aire, conservando un nivel superior, mientras que en los taludes de la nieve avanza a un nivel más bajo.

A la mitad del cono de nieve, al Norte se encuentra situado el Pico del Fraile, se levanta con su pendiente de nieve de cerca de 45° hasta su cima cortándose bruscamente en un colosal y profundo acantilado casi vertical del exterior del volcán. Es sin duda este pico desgarrado la más imponente y hermosa vista del conjunto.

GRAFICA DE ALTURAS



2.4 CONDICIONES CLIMATICAS

La zona donde se encuentra localizado el Popocatépetl esta clasificada como clima semifrio subhúmedo, con baja concentración de calor en verano y pequeña o nula deficiencia de agua. El clima frio solo rige en algunas zonas reducidas de las partes más elevadas del Edo. de México, como son el Nevado de Toluca y Popocatépetl.

La precipitación media anual está considerada entre 1 000 y 1 500 mm. y la temperatura media anual es de 0 y 6.0 °C.

En la región más cercana al Popocatépetl se considera el régimen climático como un subgrupo de los climas frios y se caracteriza por que la temperatura del mes más frio es menor de 0 °C, y la temperatura máxima se presenta en el mes de abril y oscila entre los 5 y los 6 °C.

La caracterización climática que le corresponde estrictamente al Popocatépetl, no puede ser establecida con exactitud debido principalmente a la ausencia de estaciones meteorológicas que cubran el área a altitudes mayores a los 4 000 msnm., por lo tanto se consideran los datos correspondientes a las estaciones más cercanas que son: La estación Huayatlaco-México, localizada a 19° 05' de latitud Norte, a una longitud de 98° 39' Oeste y a una altitud de 3557 msnm. Amecameca de Juárez, localizada a los 19° 08' latitud Norte, a 98° 46' longitud Oeste y a una altura de 2 479 msnm.

Los elementos del clima que hemos considerado como susceptibles de crear condiciones de riesgo para la zona del Popocatépetl, y que pudieran incidir sobre la estructura que propondremos son: La precipitación, los vientos, las bajas temperaturas y las nevadas.

De estos elementos el viento es un factor importante debido a que su comportamiento influye tanto en la precipitación como en las variaciones de temperatura, y su acción de alguna manera incide en la estabilidad de las estructuras.

2.6.1 VIENTOS

El viento es el aire en movimiento. Se modifica considerablemente por variaciones de temperatura y presión sobre las áreas de aguas y tierra.

La dirección prevaeciente de los vientos sobre la superficie terrestre está en relación con las fajas de alta presión (regiones de aire descendente) y las fajas adyacentes de baja presión (regiones de aire ascendente).

Los vientos no soplan directamente del Norte o Sur hacia las fajas de baja presión ya que sufren una deflexión originada por la rotación de la tierra. Un modelo idealizado de la distribución de presiones y la circulación general de los vientos se muestra en la -figura 2.3.- (Springal R., 1970).

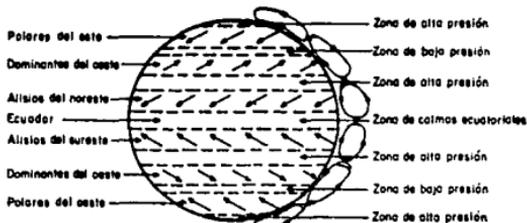


FIG. 2.3

Sin embargo el comportamiento de la circulación atmosférica no es uniforme, lo que origina una variedad de condiciones meteorológicas cambiantes con el tiempo y con las condiciones topográficas de la superficie terrestre.

Dos son los aspectos a considerar con respecto al viento: Los vientos generales o dominantes de toda la zona y los locales.

VIENTOS DOMINANTES. Se hace referencia a la dirección de los vientos según la localización de un lugar dentro de la zona de alta o baja presión, dependiendo de la latitud correspondiente.

La República Mexicana se localiza entre las zona de calmas Ecuatoriales y la zona de alta presión localizada aproximadamente a los 30° de latitud Norte; los vientos vienen del Suroeste siendo variables en

Septiembre y provienen de una zona caliente y húmeda, la persistencia de tales vientos hacen gran nubosidad provocando alta precipitación.

VIENTOS LOCALES. Una región montañosa y elevada, por lo común siempre limita grandes depresiones topográficas; en la mayor parte del año se observa una corriente ascendente que sopla por los flancos de la montaña durante el día y desciende durante la noche, ya que el caldeoamiento solar eleva la temperatura de la superficie montañosa con respecto a la atmósfera circundante en relación al mismo nivel, por lo que a mayor altura, mayor diferencia térmica entre las capas del aire vecinas al suelo y las correspondientes a la atmósfera; y durante la noche el enfriamiento terrestre es mayor que el atmosférico, cambiándose la dirección del viento, es decir, desciende por los flancos de la montaña.

Tomando como referencia los datos correspondientes a las estaciones meteorológicas de Amecameca y San Rafael, se puede establecer que para la zona del Popocatepetl, la dirección y velocidad muestran un comportamiento casi constante que presentan variaciones mínimas de escaso valor significativo.

La dirección casi siempre es Sur y la velocidad está comprendida entre 1.5 a 6.11 km/hora lo que corresponde a un régimen de ventolina en la Escala Berufonte con el valor más frecuente de 1.5 km/h.*

TABLAS DE VIENTOS Y ESCALA. Teniendo en cuenta que la velocidad del viento varía con la altura, se pueden hacer estimaciones para las velocidades que podrían presentarse en la cima del Popocatepetl empleando la fórmula empírica propuesta por el Instituto Americano del Petróleo.

$$V_y/V_h = (Y/H)^{1/n}$$

En donde:

V_y = Velocidad del viento a la altura Y .

V_h = Velocidad del viento a cierta altura de referencia H .

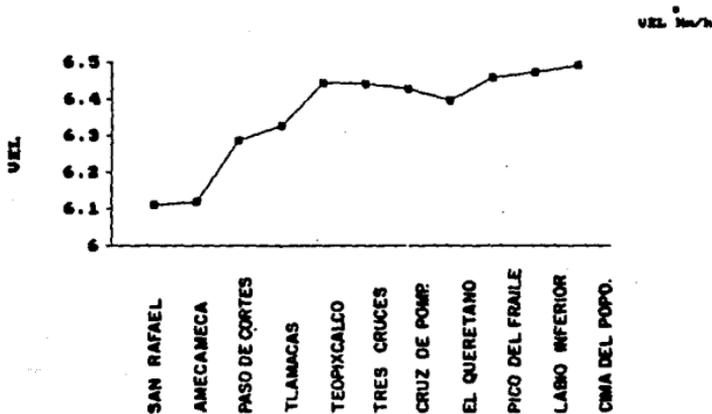
$1/n$ = Es un exponente constante que puede variar entre $1/13$ y $1/7$.

* Según Linsley, en zonas montañosas, esencialmente en los riscos y en las cumbres, la velocidad del aire a 10 m. o más de la superficie es mayor que la velocidad del aire libre a la misma altura. Esto se debe a la convergencia forzada del aire por las barrancas orográficas.

TABULACION DE VELOCIDADES DE VIENTO ESTIMADAS

ESTACION	ASNM	Velocidad Viento (máx. presentada)
San Rafael	2,530	6.11 km/h
Amecameca	2,479	6.11 km/h
Cima del Popocatepetl	5,452	6.49 "
Tres Cruces	4,689	6.40 "
Teopixcalco	4,930	6.44 "
Pico del Fraile	5,100	6.46 "
El Queretano	4,790	6.43 "

GRAFICA DE VIENTOS



SITIO

2.4.2 TEMPERATURA

La temperatura es uno de los elementos del clima que esta directamente relacionado con la radiación solar y la circulación de la atmósfera; es una medida relativa del calor en tránsito entre dos cuerpos.

En meteorología el término temperatura se refiere en general a la temperatura del aire. Su medición se hace en términos de temperatura media o promedio y la normal, que son promedios aritméticos.

La temperatura promedio mensual es el promedio de las temperaturas medias mensuales, máximas y mínimas.

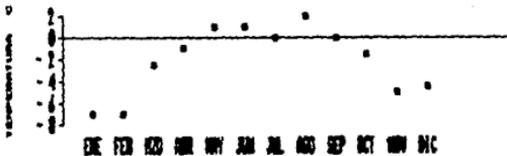
La temperatura del aire tiende a ser mayor en latitudes bajas y disminuye en dirección de los polos. Esta tendencia se ve distorsionada por la influencia de masas de: tierra, agua, topografía y vegetación. La temperatura en sitios elevados son inferiores a los de los niveles bajos.

En los siguientes cuadros se muestra el comportamiento de la temperatura en las zonas aledañas al Popocatepetl.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DIC
1970	-1.0	-0.0	.0	2.0	3.0	4.5	6.0	5.0	.0	-1.5	-3.0	-4.5
1971	-2.0	-2.0	-1.0	2.0	1.0	3.0	4.0	4.0	4.0	.0	-1.0	
1972	-4.5	-1.5	-2.5	-1.0	2.0	2.5	4.0	6.0	4.0	.0	-6.0	-4.5
1973	-2.0	-2.0	-2.0	.0	2.0	2.0	3.0	2.0	.0	.0	1.0	-2.0
1974	-3.0	.0	.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	.0	2.0	-2.0	-4.5
1975	-2.0	-2.0	.0	2.0	2.0	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0	2.0	.0
1976	-4.0	-3.0	.0	-1.0	2.5	4.0	.0	4.0	3.0	.0	.0	-2.0
1977	.0	-4.0	-1.0	1.0	2.5	2.5	2.0	4.0	3.0	-1.0	-3.0	-1.0
1978	4.0	-2.0	-2.0	1.0	2.0	2.0	2.0	4.0	2.0	.0	.0	-2.0
1979	-2.0	-2.0	1.0	.0	4.0	2.0	2.0	4.0	4.0	1.5	-1.0	-1.0
1980	-1.0	.0	2.0	1.5	4.5	2.0	2.0	4.0	3.5	2.0	.0	-1.0

Temperatura en la normal Anáhuac

TEMP MIN EXTREMA



MES ->

Las temperaturas que se presentan en las zonas más altas del Popocatepetl deben ser más bajas que las registradas en las estaciones de referencia, para efecto del cálculo de temperatura inferior estas temperaturas únicamente tienen una función indicativa de las temperaturas más bajas que se pueden presentar.

2.4.3 PRECIPITACION

La precipitación es el agua que recibe la superficie terrestre en cualquier estado físico proveniente de la atmósfera.

La lluvia se presenta cuando la temperatura en las nubes esta por encima del punto de congelación (0°C), si la temperatura en las nubes y en la atmósfera circundante esta por debajo del punto de congelación, cada gotita de agua se congela y se convierte en una diminuta partícula de hielo. A medida que va acumulándose más humedad alrededor de esta partícula y se hiela, la misma se transforma en un cristal de hielo. La reunión de muchos cristales de nieve constituye un copo de nieve.

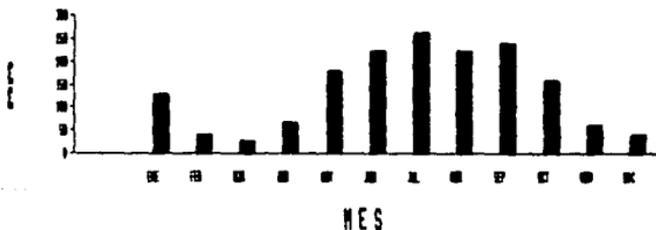
Existen diferentes tipos de precipitación según sea el movimiento de las masas de aire. El tipo más frecuente que se presenta en la mesa central es el denominado Precipitación Orográfica.

Siendo el Popocatepetl, una de las montañas más altas del conjunto montañoso que forma la barrera divisoria entre dos valles, es de esperarse que la precipitación que se da corresponda a la denominada Precipitación Orográfica, originada por el levantamiento del aire a causa de la barrera montañosa. Aunque no es muy claro si ésta ejerce una acción directa de sustentación o induce a turbulencias y corrientes de convección secundaria; pero en cualquier caso ocurre un desplazamiento vertical de la masa de aire, produciéndose un enfriamiento, condensación y precipitación. Este levantamiento de aire también ejerce su influencia sobre el espesor y altura de la nieve del lado Sur del Popocatepetl, zona de ascenso de masas de aire caliente proveniente de los valles bajos de Morelos y Puebla.

Resulta un poco difícil precisar con exactitud la cantidad neta de precipitación pluvial sobre el Popocatepetl, debido a la ausencia de estaciones meteorológicas, sin embargo, podemos tomar como representativos de la zona los datos correspondientes a las estaciones ya mencionadas con anterioridad; se observa en las gráficas que la precipitación se presenta durante todos los meses del año, siendo en los meses comprendidos de Mayo a Septiembre las láminas más altas.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1975	32.1	29.1	.0	2.0	179.7	166.9	185.1	128.4	122.8	64.0	2.0	.0
1976	2.5	25.0	66.8	88.5	188.2	232.9	173.3	238.5	199.0	61.3	60.3	
1977	4.2	13.8	2.4	24.8	111.2	126.5	129.9	223.4	221.5	24.5	1.9	9.1
1978	4.0	12.5	1.3	7.6	66.8	209.4	181.4	182.5	229.0	81.3	8.0	
1979	.0	21.5	.0	25.0	57.2	90.5	126.8	156.6	166.0	17.3	1.5	
1980	126.4	.0	.0	28.7	73.5	91.2	153.5	163.7	207.9	181.9	22.4	.0
1981	23.2	66.0	24.5	39.2	64.3	223.9	228.0	198.2	235.5	52.8	2.5	12.5
1982	.0	25.9	18.5	61.0	124.2	188.4	182.9	189.5	103.4	64.9	.0	.0
1983	23.8	23.0	12.2	.0	23.1	193.9	198.4	182.5	164.5	37.2	9.8	.5
1984	24.5	16.2	18.6	4.0	131.1	122.8	254.9	166.8	187.9	39.4	.0	.0
1985	.0	5.5		51.5	60.6	218.2	173.2	96.8	158.1	59.6	15.9	6.0

precipitación mensual América Mex.



2.6.4 CONSIDERACIONES SOBRE NEVADAS

Debido a la gran altura que presenta el Popocatepetl su cumbre se encuentra siempre cubierta de nieve, esto permite inferir que durante los meses más lluviosos la precipitación que se da en este punto es en forma específica de nevada y debido que a temperaturas bajas y a grandes altitudes de vapor de agua disponible, la fusión de la nieve es muy lenta, lo que permite su persistencia hasta una altura de 4 350 msnm.

La nieve está compuesta de cristales de hielo blanco o translúcido y agua líquida. Esta cristalización se presenta en forma compleja; combinados hexagonalmente con cristales simples, algunas veces los conglomerados de cristales de hielo forman los copos de nieve, que pueden llegar a tener varios centímetros de diámetro. La densidad de la nieve fresca varía grandemente; por lo general se requieren de 125 a 500 mm de nieve para formar 25 mm. de agua líquida. A menudo se supone que la densidad promedio (Gravedad específica) es igual a 0.1.

La cantidad de agua líquida se conoce con el nombre de contenido de agua de la nieve. La calidad de la nieve, o sea del porcentaje en peso del hielo, se determinan por un proceso calorimetro, siendo los valores más frecuentes de 90 % o más, pero se han observado valores del 50 % cuando se presenta fusión rápida.

Con respecto a la profundidad de la capa de nieve este dato no representa mayor importancia en sí, pero el equivalente de agua de la nieve acumulada, es decir, la profundidad de agua que resultaría de la fusión de esta es de tomarse en cuenta, ya que depende tanto de la densidad como de la profundidad de la nieve. Se ha encontrado que la densidad de la nieve, o sea la razón entre el volumen de agua proveniente de la fusión y el volumen varía entre 0.004 para nieve recién caída hasta 0.91 para la nieve compactada en los glaciares.

A menudo se supone un valor de 0.10 para la nieve recién caída; en regiones de gran acumulación de nieve, son comunes densidades de 0.4 a 0.6 cuando comienza el deshielo de primavera. Hay un aumento gradual de la cantidad de nieve tanto con la latitud como con la altura.

2.6.5 VEGETACION

La vegetación es uno de los indicadores más objetivos para determinar el ambiente que prevalece en una región. La vegetación de la montaña solo existe porque a la altitud acompañan una rarefacción, y un enfriamiento atmosférico que provocan fenómenos de condensación a la que se deben precipitaciones abundantes, permitiendo la proliferación de comunidades vegetativas de alta montaña, como son los musgos y los líquenes y algunas plantas herbáceas (vegetación de tundra). En el Popocatepetl este tipo de vegetación está presente, acompañado de una zona de zacatonales (pasto de altura) que llega hasta 4 850 msnm., seguida de una zona de bosques que desciende hasta el valle a los 2 500 msnm. Los bosques son asociaciones de encino-pino, bosques de encino, bosques de oyamel y bosques cultivados.

2.5 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

El volcán Popocatepetl ocupa el segundo lugar en altura de las montañas de la República Mexicana. Pertenece a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transmexicano, localizado en la región central de México. Dicho eje esta caracterizado geológicamente por el predominio de rocas volcánicas cenozoicas que datan del Terciario y del Cuaternario, es decir entre 2 y 70 millones de años.

Se puede afirmar que la formación del Popocatepetl es contemporánea a las cuatro glaciaciones que sufrió la tierra y a la aparición de los primeros antepasados del Hombre. Si se compara la edad de este eje volcánico con la edad de las rocas de la Era Paleozoica -600 millones de años- podemos entender por que el nombre de neovolcánico.

Todos los estratovolcanes, que se localizan en el eje Neovolcánico incluyendo el Popocatepetl están formados predominantemente por rocas andesíticas -estas rocas son de estructura porfirítica, compactas, ásperas al tacto, y de color gris negro con manchas blancas de feldespató-.

El proceso orogénico que creo el volcán, comprende a la sexta fase del volcanismo ocurridas en la porción central del Eje Neovolcánico, fase de desarrollo de los conos y domos del Ixtaccíhuatl y el cono activo del Popocatepetl.

El Popocatepetl es un estratovolcán edificado por emisiones alternantes de productos piroclásticos y derrames lávicos de flujo centrifugo desde el cráter, interestratificados entre si. Gran parte del cono se encuentra cubierto por bloques, gravilla y ceniza gruesa arrojados por el volcán en sus erupciones más recientes.

Las primeras erupciones del volcán se manifiestan con basaltos. En las series de sus lavas se detectan los minerales olivinos, augita e hiperstena en proporción variable en relación con el tiempo.

2.5 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

El volcán Popocatépetl ocupa el segundo lugar en altura de las montañas de la República Mexicana. Pertenece a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico Transmexicano, localizado en la región central de México. Dicho eje está caracterizado geológicamente por el predominio de rocas volcánicas cenozoicas que datan del Terciario y del Cuaternario, es decir entre 2 y 70 millones de años.

Se puede afirmar que la formación del Popocatépetl es contemporánea a las cuatro glaciaciones que sufrió la tierra y a la aparición de los primeros antepasados del Hombre. Si se compara la edad de este eje volcánico con la edad de las rocas de la Era Paleozoica -600 millones de años- podemos entender por que el nombre de neovolcánico.

Todos los estratovolcanes, que se localizan en el eje Neovolcánico incluyendo el Popocatépetl están formados predominantemente por rocas andesíticas -estas rocas son de estructura porfirítica, compactas, ásperas al tacto, y de color gris negro con manchas blancas de feldespato-.

El proceso orogénico que creó el volcán, comprende a la sexta fase del volcanismo ocurridas en la porción central del Eje Neovolcánico, fase de desarrollo de los conos y domos del Ixtaccihuatl y el cono activo del Popocatépetl.

El Popocatépetl es un estratovolcán edificado por emisiones alternantes de productos piroclásticos y derrames lávicos de flujo centrifugo desde el cráter, interestratificados entre si. Gran parte del cono se encuentra cubierto por bloques, gravilla y ceniza gruesa arrojados por el volcán en sus erupciones más recientes.

Las primeras erupciones del volcán se manifiestan con basaltos. En las series de sus lavas se detectan los minerales olivinos, augita e hiperstena en proporción variable en relación con el tiempo.

Las series de lavas se pueden referir a tres especies distintas:

- 1) Basalto Labradorico
- 2) Andesitas de Hiperstena
- 3) Traquitas

1) El basalto es una roca ignea afanítica -es decir de textura fina, producto de un enfriamiento rápido-; es la más abundante de todas las lavas y es una de las rocas básicas más duras y pesadas. Los basaltos labradóricos son las rocas más bajas y antiguas del Popocatepetl, son muy duras y de grano fino, se encuentran formando dos grandes corrientes sobrepuestas separadas por una capa de brechas que nace cerca del paraje llamado Provincial, en el camino de Amecameca para el rancho de Tlanacas, son rocas en lajas de color gris que tienen gran cantidad de granos de olivino (el olivino es un mineral que presenta granos aislados o en forma masiva). También están presentes en este basalto los minerales labradorita y augita. Estos minerales se encuentran fuertemente corroídos y alterados. En la misma región se encuentran basaltos de color gris rojizo.

2) Andesita de Hiperstena. Casi la totalidad de las lavas que rodean el gran cono del Popocatepetl, hasta las últimas corrientes que coronan el gran cráter de la cima son andesitas de hiperstena las cuales pueden presentar la estructura vitrofírica (aspecto de vidrio natural) de algunas obsidianas (roca vítrea ácida o intermedia, de color negro, gris castaño o incluso rojo de cristalización incipiente); el equivalente básico de la obsidiana se conoce como vidrio basáltico. En estas rocas predomina el labrador, seguido de hiperstena y augita. La abundancia de augita varía de una corriente a otra de lava, raramente se encuentra en las corrientes modernas, por esta razón las andesitas de hiperstena se subdividen en andesitas de hiperstena con o sin augita.

La andesita es una roca rica en feldspatos de color gris o verdoso, se encuentra en las lavas del fondo de "La Barranca del Fraile"; las lavas inferiores presentan cristales de augita e hiperstena muy alterados.

En las lavas superiores el magma es ligeramente pardo, como algunas lavas del borde del cráter, aquí se presentan cristales incipientes de plagioclasa y piroxenas (grupo de minerales formadores de rocas). La augita y la hiperstena se presentan en proporciones iguales y son muy abundantes.

En la loma del Ventorrillo -Pico del Fraile-, las andesitas de hiperstena con augita se asemejan con la capa de lava de la pared del fondo del cráter, solo que en esta última se presenta fierro diseminado, como productos de alteración.

En las tres corrientes de lava que están escalonadas al Noroeste del cono del Popocatepetl y que parece terminar la última en La Cruz, se distinguen fácilmente modificaciones de estructura. La más baja que se descubre hasta el límite de la vegetación arborecente, tiene un aspecto traquítico muy marcado a simple vista y de color gris más o menos rojizo, se trata de una traquiandesita de hiperstena.

La corriente inmediata superior es de color gris y más compacta que la anterior, su estructura es en lajas delgadas algunas veces onduladas y tiene abundancia de augita e hiperstena.

La tercera corriente de lava en forma de cordón y que se ha considerado como una corriente de las últimas emitidas por el cráter del volcán, parte desde La Cruz hacia abajo; hay partes donde la roca es compacta de aspecto muy vítreo parecido al de las obsidianas y en otras partes la nieve se ha encargado de destruir el cordón de lava que ligaría a la cresta del borde del cráter con las puntas del "Cargadero" y La Cruz.

Las series de corrientes que se escalonan en la parte superior del Pico del Fraile son una sucesión alternada y varias veces repetidas de lavas, semejantes a las obsidianas de La Cruz pero raras veces contiene augita.

3) Traquitas. Las rocas que se encuentran en algunas zonas del Popocatepetl como el Ventorrillo y Tlmacas, son de color gris rosado, de superficie aspera como la de las Traquitas.

Los cristales de primera consolidación en su mayor parte son de sanidino y de hiperstena, con inclusiones de fierro oxiludado.

La roca no contiene augita, se trata de traquitas de hiperstena con una proporción de siliza en término medio de 65 %.

La tabla 2.1 muestra algunas características físicas de los minerales que forman las rocas mencionadas anteriormente, las cuales nos podrán ayudar para determinar la capacidad de carga de la zonas probables de ubicación del albergue.

MINERAL	GRAV. ESP.	DUREZA	SEPARACION	LUSTRE	COLOR
OLIVINO	3.20 - 3.50	6.5 - 7.0	Fract. desigual	Vitreo	Verde olivo
PIROXENAS *	3.10 - 3.50	5.0 - 6.0	Dos cruceros	Opaco-vitreo	Verde oscuro
FELDSPATO ** (Calcio-Sodico)	2.59 - 2.76	4.0 - 6.5	Dos cruceros	Perlino-vitreo	Blanco o gris
PIRITA	5.00 - 5.10	6.0 - 6.5	Fract. desigual	Metalico	Amarillo

* Grupo al que pertenece la augita y la hiperstena

** Plagioclasa, una especie de este grupo es la labradorita oscura

TABLA 2.1

2.6 PROPOSICION DEL LUGAR

Hasta ahora, hemos considerado la existencia de seis rutas, cada una con diversos grados de dificultad, diferentes características físicas y seguramente diferentes demandas de afluencia. Es muy probable que en cada una de estas rutas existan varios lugares donde sea posible construir la estructura que proponemos; sin embargo sería necesario conocer o tener las características físicas de dichos lugares, lo cual se sale de nuestros objetivos, así que decidimos ejemplificar un método de la Teoría de Decisiones utilizando cuatro lugares de los cuales tenemos ya información, pero aclarando que la posibilidad de que exista un mejor lugar es grande. Hacemos además una serie de consideraciones que difícilmente podrían sostenerse con el objeto de hacer sencillo el método, ya que un análisis riguroso sobre esta sección sería bastante extenso.

Dado el carácter de prefabricación de la estructura su construcción se puede adaptar a diferentes desniveles de la topografía, siempre y cuando no sean muy grandes; este aspecto lo trataremos más adelante, baste concluir que el lugar debe contar con las características anteriores para hacer posible el desplante de la estructura.

De los datos recopilados podemos pensar en los siguientes lugares como alternativas para ubicar el albergue:

LUGAR	ALTITUD	ROTA
-Labio inferior	5,254 msnm	1
-Pico del Fraile	5,100	6
-Parte superior del Ventorrillo	6,850	3 y 6
-Tres Cruces	6,680	1

Por otro lado, los objetivos a cumplir al elegir el lugar deberán ser:

- Optimizar el número de personas que usarán el albergue regularmente .
- Optimizar el número de veces que se use en caso de accidentes.
- Facilidad de construcción.
- Facilidad para darle mantenimiento.

La idea de la toma de decisión es que los objetivos, así como los lugares probables se hagan intervenir en una sencilla matriz de donde podremos obtener la alternativa más aceptable. Este método es de los más sencillos que existen y nuestra intención al utilizarlo no es otra que la de dar una idea de lo que puede hacerse.

Número posible de usuarios. Desafortunadamente no contamos con datos acerca del número de personas que ascienden por cada una de las rutas, por que en realidad no existen; lo único con lo que se puede contar es con la experiencia de las personas encargadas del Socorro Alpino ubicado en Tlámecas para poder evaluar de forma aproximada estos parámetros.

Cada 12 de octubre -Día de la Raza-, se celebra a la Confederación Alpina Mexicana. La forma en que se realiza dicha celebración es con una ascensión masiva por la ruta 1, quedando clausuradas por seguridad las otras rutas. En dicho evento se calcula que en 1989 subieron aproximadamente 10 000 personas, de las cuales un poco más de la mitad pudieron llegar a Tres Cruces, y cerca de un 10 % llegó al Labio Inferior, donde se otorgaron diplomas a todos los que pudieron llegar. Este solo evento supera con mucho la afluencia que por cualquier otra ruta se pueda hacer. Dejando fuera este dato y ateniéndonos a la experiencia de algunos alpinistas podemos pensar que de un 100% de personas que ascienden la proporción de los lugares que hemos propuesto es:

LUGAR	RECURRENCIA (%)
-Labio inferior	15
-Pico del Fraile	5
-Parte superior del Ventorrillo	10
-Tres Cruces	70

Uso en caso de accidente. Los accidentes en la montaña tienen en la generalidad de los casos una naturaleza dual, por una parte el factor humano -inexperiencia, inpreparación, negligencia- y por otro los efectos sumamente aleatorios de la Naturaleza. En cada accidente se mezclan en diferentes proporciones estos dos elementos, de tal forma que el evitarlos resulta imposible, pero el ir preparado los podría reducir significativamente.

De vez en cuando aparecen en los periódicos noticias de personas que se pierden en esta montaña, muy pocos casos son en los lugares que hemos propuesto y esto se debe a que el poco conocimiento del lugar hace que dichas personas bajen por las laderas del volcán sin ninguna dirección, hacia las faldas, siendo difícil localizarlas.

Al referirnos a accidentes pensamos en las personas que sufren algún percance físico -fracturas, desmayos, depresiones, ataques cardiacos, etc.- que los hace no poder retornar de la forma habitual, sino que tienen que permanecer algún tiempo en espera de ayuda o reponiendo sus fuerzas.

En base a este criterio hemos elaborado el siguiente cuadro, apoyados una vez más en la experiencia de las personas del Socorro Alpino:

LUGAR	ACCIDENTES (%)
-Labio inferior	15
-Pico del Fraile	5
-Parte superior del Ventorrillo	15
-Tres Cruces	65

Facilidad de construcción y mantenimiento. No es fácil la determinación de la dificultad o facilidad de una cosa, ya que no tiene unidades; podríamos decir que su medición es algo subjetivo. Para poder hacer intervenir estos objetivos en una misma decisión necesitamos hablar de unidades congruentes. Así que nos valdremos de porcentajes para poder establecer las mismas unidades, estableciendo un poco arbitrariamente que el grado de facilidad para construir el albergue es función directamente proporcional de la altura en la que se quiera construir -lo cual no es completamente cierto- por lo que el mayor valor posible (100 %) corresponderá al lugar denominado Tres Cruces, y el menor (0 %) al correspondiente a la cima del volcán.

Este valor de 100 % de facilidad para el lugar denominado Tres Cruces lo fijamos en base al hecho de que hasta allí se puede llegar incluso en "Yeep" o a caballo, por lo que el subir materiales contando con estos medios de transporte es relativamente sencillo.

Por otro lado, el mantenimiento que se le dé a la estructura deberá ser mínimo, y dependerá más del uso que le dé la gente que de las condiciones naturales a las que está expuesto.

Concluyendo, la facilidad de construcción y mantenimiento serán función de la altura, teniendo el mismo valor, los cuales son:

LUGAR	ALTITUD	FACILIDAD
-Labio inferior	5,254 msnm	0
-Pico del Fraile	5,100	20
-Ventorrillo	4,850	52
-Tres Cruces	4,480	100

MATRIZ DE DECISION. La matriz de decisión, suponiendo que cada uno de los objetivos tiene el mismo valor para nosotros queda determinada de la siguiente forma:

	Num Usuarios (%)	Accidentes (%)	Const (%)
Labio inferior	15	15	0
Pico del Fraile	5	5	12
Ventorrillo	10	20	30
Tres Cruces	70	60	58

Criterio Máx-Min. Consiste en escoger el mayor de los valores más desfavorables o mínimos. El vector de los valores mínimos sería:

0
5
10
58 *

La elección según este criterio sería: Tres Cruces.

Criterio Máx-Max. Se escoge el mayor valor posible de los valores más altos. El vector de valores máximos es:

15
12
30
70 *

La elección vuelve a ser: Tres Cruces, por lo tanto en ese lugar supondremos la construcción de la estructura Geodésica.

3 PROPOSICION DE LA ESTRUCTURA

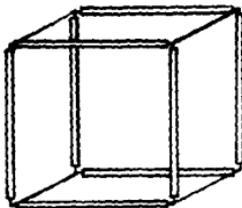
La construcción de una estructura, por sencilla que sea, dadas las condiciones en que habrá de realizarse implica una selección muy cuidadosa, en la que debemos considerar los siguientes aspectos:

1. Respuesta estructural adecuada a las fuerzas que en ella actúen.
2. Durabilidad y resistencia a las condiciones climáticas.
3. Adecuada regulación del clima interior.
4. Facilidad de mantenimiento.
5. Ligereza y facilidad de montaje.
6. Prefabricación.

Los tres primeros aspectos son los más importantes, ya que de ellos depende el que funcione o no el albergue como tal; los demás pueden resultar de gran ayuda mas no son esenciales. De hecho, el comportamiento de la construcción a las fuerzas que la soliciten define la forma que deberá tener la estructura, y de alguna manera es la característica más importante, ya que las demás -durabilidad, resistencia, regulación del clima, etc.- se obtienen escogiendo adecuadamente los materiales de construcción.

Las fuerzas que debemos considerar básicamente son: el peso de la nieve y la fuerza del viento. Dejaremos de lado las fuerzas que pudieran provocar los sismos, basándonos en que la masa y altura de la estructura no serán lo suficientemente grandes como para generar esfuerzos importantes en este sentido.

Pensemos por un momento en la forma que pudiera tener una estructura sujeta a las fuerzas mencionadas anteriormente. Pensemos como una primera posibilidad en la forma más común, en un cubo. Esta forma constructiva esta formada por doce aristas perpendiculares entre si.



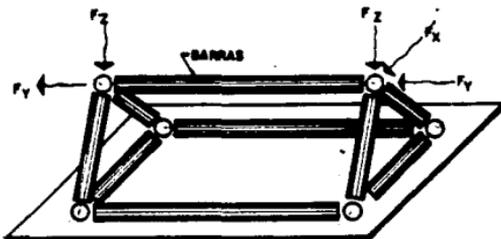
Estudiando la fuerzas que genera la nieve, lo primero que se observa es que el área de la techumbre será el área que en un momento dado estará cubierta por nieve, la cual se acumulará en el área superior ya que no tiene pendiente, obligándonos muy probablemente a reforzar este plano para que no se venza. Por otro lado, analizando el comportamiento ante el viento se ve que es necesario restringir algunos de sus vértices ya que la estructura es inestable. Lo anterior lo podemos lograr colocando algunos "contravientos". Sin embargo nos encontramos ahora con el problema local en la superficie, la cual puede fallar por la posible presión de la nieve que se acumule en las paredes. Esta presión tendrá una distribución triangular de fuerzas.

Fácilmente comprobamos que ésta forma es sumamente imperfecta para las condiciones a las que va a estar sometida. Tal vez, el siguiente paso sea estudiar la figura del triángulo en el espacio, es decir, de un tetraedro.

Es importante observar que para esta forma constructiva la nieve ya no puede quedar asentada en la parte superior, ya que resbalará por cualquiera de las tres caras superiores. Una buena parte de toda esta nieve quedará asentada sobre las superficies superiores, esto dependerá del ángulo de fricción interna de la nieve y el ángulo que formen las superficies con la horizontal; por lo que probablemente necesitemos reforzar las partes bajas de dichas superficies. En cuanto al viento esta forma estructural es mucho más apropiada que la anterior ya que nunca presenta una cara perpendicular a la dirección de este, descomponiendo su fuerza en dos direcciones.

Ya hemos constatado que la forma del tetraedro es bastante aceptable para soportar las fuerzas a las que la naturaleza lo podría someter, sin embargo su capacidad volumétrica, que va en función de su área es

bastante reducida, por lo que para aumentar esta área tratamos de superponer la superficie rectangular, con el volumen prismático, lo que da como resultado el clásico "techo a dos aguas". Esta era de hecho, la forma que tenía el anterior albergue, esta forma tiene, únicamente tres pequeños defectos: El primero es que es necesario orientarlo con relación al viento, ya que pudiera ser que alguna de sus dos caras paralelas ofreciera alguna resistencia a este elemento, el segundo defecto es que la nieve se puede acumular, si es mucha, en la parte baja de las superficies que conforman el techo, y por último, interiormente el área aprovechable no coincide con la superficie cubierta, ya que en los extremos que se forman entre las superficies que sirven de techado y el área rectangular la altura es tan pequeña que no se puede aprovechar. No obstante esta forma es ya bastante aceptable.



Existen todavía algunas otras posibilidades para tratar de aprovechar más la forma constructiva, nuestra siguiente proposición será, tal vez dando un salto un poco brusco en nuestra secuencia, a la forma de la cúpula. Al ver el comportamiento de la nieve vemos que si acaso solo una pequeña parte de esta puede quedar en la parte superior, resbalando toda la demás hacia los extremos y dado que entre más alejado del centro la superficie tiene mayor pendiente, difícilmente se podrá acumular la nieve en sus paredes. Siempre presenta una cara perpendicular al viento pero esta es muy pequeña, y rápidamente varía su inclinación. El área que encierra es totalmente aprovechable, sin tener que desarrollar grandes alturas.

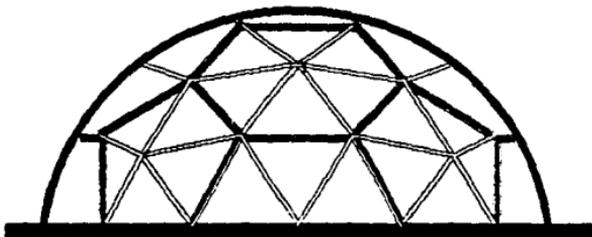
Debido a su forma de doble curvatura permite un comportamiento estructural adecuado para cubrir grandes espacios, que independientemente de la atractiva forma, permiten encerrar el máximo espacio con el mínimo

de superficie, pudiendo ser el gasto de los materiales muy económico en comparación con otras formas constructivas.

Dados todos los argumentos anteriores nos parece que esta última es una forma casi perfecta para las condiciones que nos afectan y es con mucho superior a las otras formas estudiadas. De hecho, el razonamiento que hemos seguido es el mismo que siguió el desarrollo de las "casas de campaña", siendo actualmente las más populares y efectivas las que tienen forma de cúpula. También los esquimales llegaron a la misma conclusión, al fabricar sus moradas, los iglúes que han demostrado durante cientos de años su forma óptima para este tipo de clima.

Cabe preguntar ahora ¿por qué si es una forma casi perfecta no se ha utilizado tanto? La respuesta es que la construcción de las cúpulas era, dados los pocos materiales que se usaban en la construcción, muy difícil de realizar y sobre todo de calcular estructuralmente de una forma aceptable.

Todas las demás características que debemos cumplir no se contraponen a esta forma estructural. La durabilidad, resistencia y el control de la temperatura interna se pueden obtener, como ya dijimos, con una adecuada selección de materiales; la ligereza y prefabricación se pueden lograr si pensamos en fabricar una cúpula con barras y nodos, es decir construyendo una estructura geodésica.



3.1 ESPECIFICACIONES DE LA ESTRUCTURA GEODESICA

3.1.1 ANTECEDENTES.

Las cúpulas, de las cuales la geodésica forma parte, son formas constructivas muy antiguas, que constituyen desde su descubrimiento un elemento constante dentro de la arquitectura y un reto para la ingeniería.

El desarrollo de los materiales ha sido determinante en la evolución de las cúpulas. Antiguamente se realizaban de mampostería de ladrillos o piedras naturales, en la Edad Media se construyeron utilizando la madera principalmente; y en la actualidad se pueden apreciar de hormigón armado, acero, aluminio e inclusive de plástico.

3.1.2 CLASIFICACION.

Las cúpulas de celosía de acero han tenido un gran éxito desde su aparición. Para grandes dimensiones se emplean casi siempre estas cúpulas de entramado, las cuales están formadas por elementos colocados sobre una superficie de revolución, o con piezas rectas cuya intersección está sobre esta superficie de modo que el espacio interior queda completamente libre.

De acuerdo a su forma constructiva las cúpulas se dividen en:

1. Cúpulas de entramado de una capa: Los nudos del entramado se encuentran sobre una superficie de revolución.
2. Cúpulas de entramado de dos capas: Los nudos del entramado se encuentran sobre dos superficies de revolución concéntricas. Se emplean para cubrir grandes superficies.
3. Cúpulas de entramado con superficie sustentante. El revestimiento que recubre la armadura colabora activamente en la resistencia de las fuerzas solicitantes.
4. Cúpulas plisadas: El sistema resistente de la cúpula está formada por placas plegadas unidas en sus bordes.

Actualmente la construcción de cúpulas presupone la prefabricación, ya que no requieren más que de un número pequeño de barras de diferente longitud, las cuales se unen entre sí por medio de juntas adecuadas.

A continuación mostramos una clasificación de las cúpulas de entramado hechas de acero, pero nos advierte el autor de la fuente consultada que esta lista dista mucho de ser completa:

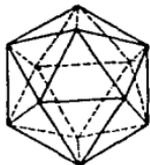
1. Cúpulas nervadas.
2. Cúpulas "Schwedler".
3. Cúpulas de red.
4. Cúpulas de tipo "plano".
5. Cúpulas "Zimmermann".
6. Cúpulas de nudos rígidos.
7. Cúpulas laminares.
8. Cúpulas "Kiewitt".
9. Cúpulas de reticulado de dos o tres direcciones.
10. Cúpulas geodésicas.

No es nuestra intención hacer una descripción técnica de cada una de las anteriores clasificaciones, por lo que nos ocuparemos únicamente de las cúpulas geodésicas.

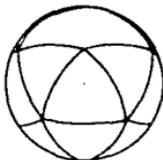
3.1.3 DEFINICION.

Una estructura geodésica, propiamente dicha, es aquella cúpula de entramado triangular, en la que los elementos están curvados y situados según la circunferencia máxima de una esfera en la que están inscritos. Las barras forman un reticulado de tres direcciones, cuyas mallas pueden ser consideradas, con bastante exactitud, como triángulos esféricos.

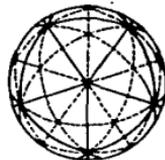
La cúpula geodésica puede seguir como elemento básico a algunos poliedros, como el dodecaedro (doce caras) y el icosaedro (veinte caras), este último es el más utilizado. Se ha visto que el icosaedro regular proyectado sobre la superficie de una esfera, delimita sobre ella 20 triángulos esféricos equiláteros iguales, siendo imposible generar un número mayor de triángulos equiláteros iguales.



ICOSAEDRO



ICOSAEDRO PROYECTADO
SOBRE LA ESFERA



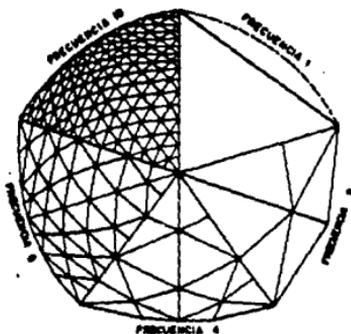
DIVISION DE LA SUPERFICIE
DE LA ESFERA POR TRES -
REDES DE CIRCUNFERENCIAS
MAXIMAS

3.1.6 CARACTERISTICAS.

Estas estructuras pueden ser enteramente prefabricadas, pues las modificaciones en las longitudes de sus barras son sumamente pequeñas no importando el grado de complejidad de su entramado.

La regularidad de las barras da como resultado una distribución uniforme de los esfuerzos en las barras. En la práctica, los elementos que forman los triángulos son rectilíneas, con mayor razón en las cúpulas de mucha luz, por que la resistencia de las barras se ve disminuida por el grado de pandeo de éstas; en estos casos se busca también hacer un mayor número de triángulos.

Quando se desea hacer una estructura con un gran número de triangulaciones se dividen los lados de los «triángulos geodésicos» en un número "n" de secciones iguales, este número es comunmente conocido como frecuencia. Es importante aclarar que los triángulos subsecuentes que se forman a partir de los triángulos geodésicos ya no son equiláteros, y lógicamente las longitudes de las barras varían, incrementándose esta variación conforme aumenta la frecuencia.



DIVISION GEODESICA

La estructura de una cúpula geodésica esta formada, como ya dijimos, por una red triangular básica. Si en un principio formamos, a partir de un punto, seis triángulos crearemos un hexágono; por irregular que sea este, no es posible dividir la superficie de la esfera en figuras exclusivamente de este tipo, es necesario introducir al menos doce pentágonos.

En las cúpulas de pequeño diámetro se utilizan unicamente los cinco triángulos equiláteros del icosaedro, la altura en este caso es igual a un tercio del diámetro.

Las estructuras geodésicas articuladas en sus uniones -nodos-, siendo parte de las estructuras espaciales, tienen que cumplir con la ecuación:

$$b = 3j - 6$$

-donde b es el número de barras, j el número de nodos-, como requisito indispensable para la estabilidad. Esta es una condición necesaria, mas no suficiente, es decir que no garantiza la estabilidad de la estructura, pero sin esta condición la estructura es inestable. Una malla hexagonal no es estable en el caso de que las uniones sean articuladas, por lo que es necesario:

- a) Aumentar el número de barras y/o
- b) Adicionar cables
- c) Hacer intervenir estructuralmente al revestimiento

Esta última opción se puede obtener, formando el revestimiento del hexágono superior con tres rombos.

Una de las grandes desventajas de la cúpula geodésica esta en que su base se forma con una línea irregular, lo que dificulta su apoyo con la cimentación, y estéticamente influye notablemente en su apariencia.

Las fallas más comunes que se han observado en estas estructuras se debe siempre al pandeo de las barras de gran longitud, este fenómeno está ahora muy bien estudiado, sin embargo los problemas que se presentan son, muchas veces, difíciles de resolver. El fenómeno que ocasiona la mayoría de las veces esta falla es la carga asimétrica del viento sobre la estructura. Una de las soluciones más aceptables es la fabricación de un doble entramado. Este recurso es muy usado actualmente, dado que a mayor "espesor" entre los entramados, mayor resistencia.

La técnica utilizada para la construcción varía dependiendo del sistema de unión entre las barras, el tamaño de las barras, la naturaleza de la cubierta, etc.. Las cúpulas pueden ser construidas, por ejemplo, a partir de la base, ascendiendo en espiral hasta llegar a la cima, o en sentido inverso, empezando desde el vértice a la altura del piso, utilizando una torre o mástil que va subiendo la estructura conforma va creciendo perimetralmente.

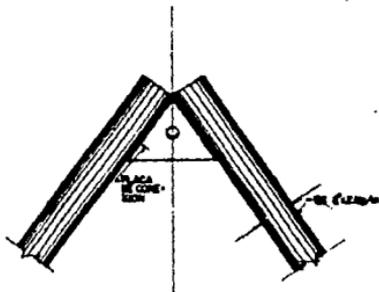
3.1.5 ESPECIFICACIONES PARTICULARES DEL PROYECTO

La geodésica de frecuencia 4, con todas sus triangulaciones nos da una estructura formada por 105 barras y 41 nodos -uniones-. Debemos considerar además que los nodos son articulaciones, debido a la poca resistencia que oponen al giro. Como ya mencionamos, la uniformidad en la longitud de las barras depende de la frecuencia, por lo que para nuestro caso tendremos cuatro longitudes de barra diferentes. Las barras se propendrán originalmente de dos pulgadas en calibre 16, debiendo cambiar según lo indique el análisis estructural.

CONECTORES. Las conexiones son los elementos por los cuales las barras van unidas entre si. El nombre formal, o mejor dicho, técnico de estas conexiones es el de "conector". Los conectores se han desarrollado desde hace ya algunos años, principalmente en Europa y Estados Unidos donde existen una gran variedad de ellos. Los conectores son diseños técnicos con amplias posibilidades comerciales por lo que generalmente están patentados. El conector al que nosotros hacemos referencia es una variante de un conector, llamado "Conector de Centro Libre" que ha sido desarrollado en México por el Ing. Raúl Murillo.

El conector se constituye a base de pequeñas placas triangulares con un orificio en su centro de gravedad.

Cada barra lleva soldadas, mediante soldadura eléctrica, dos de estas placas en cada uno de sus extremos; cada placa va unida por uno de sus cantos en forma casi radial, formando un ángulo, de acuerdo a la siguiente figura:



CONEXION ENTRE BARRAS
(TIPO)

La idea en que se basa este conector es que dos barras se pueden unir utilizando estas placas, ya que las perforaciones de cada placa deben quedar una sobre otra, unidas por un tornillo.

Las siguientes barras se van armando de la misma forma, procurando no dar el apriete definitivo a los tornillos hasta después de que se han armado todas las barras.

Recomendaciones. Por las características de este conector es necesario cuidar minuciosamente la exactitud en la colocación de cada plaquita, ya que un defasamiento cuesta mucho trabajo para alinear, esto se resuelve fácilmente con la fabricación de un escantillón para todas las barras.

La soldadura siempre debe ser aplicada del mismo lado relativo en la barra, de tal forma que nunca una barra tenga un extremo relativamente diferente al otro, con respecto a la soldadura, ya que esto ocasionaría interferencia entre las placas.

La soldadura mal aplicada, o el no limpiar la escórea producto de la misma puede provocar que dos placas no se puedan unir, así que se debe revisar la calidad de cada una de las soldaduras.

RECUBRIMIENTO. Bajo este concepto catalogamos al material que deberá cubrir las áreas que se forman entre las barras. En una gran cantidad de casos esta necesidad se subsana colocando láminas, cristales o materiales plásticos.

Para nuestro caso dicho material deberá cumplir con las siguientes características:

- Comportamiento adecuado bajo la carga de diseño.
- Ser resistente a las condiciones atmosféricas.
- Tener un aceptable comportamiento térmico.

CIMENTACION. La solución de la cimentación es a base de zapatas aisladas, de mampostería sobre la que se apoya el perímetro de la estructura geodésica. Se prefirió este tipo de cimentación sobre la de concreto por la dificultad que representa subir los materiales necesarios para la fabricación del concreto; no siendo este el caso de la mampostería, ya que la roca se encuentra en el lugar.

3.2 DIMENSIONAMIENTO

La estructura geodésica puede tener, como ya vimos, diferentes tipos de frecuencia, sabemos además que la frecuencia se debe incrementar en caso de que se necesite cubrir un gran claro, y que a mayor claro mayor diferencia en las longitudes de las barras. La estructura geodésica básica puede ser modificada en la longitud de sus barras variando la relación diámetro/altura con el objeto de no desarrollar una altura considerable.

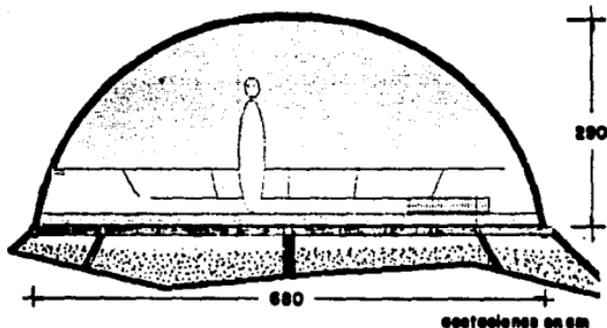
Para la estructura que proponemos hemos decidido conservar la relación diámetro/altura típica por varios motivos:

1. Una área grande en relación con su altura implica una mayor superficie expuesta al peso de la nieve.
2. Esta relación implica una gran uniformidad en las longitudes de las barras lo que facilita la estandarización en la fabricación y en el método de montaje.

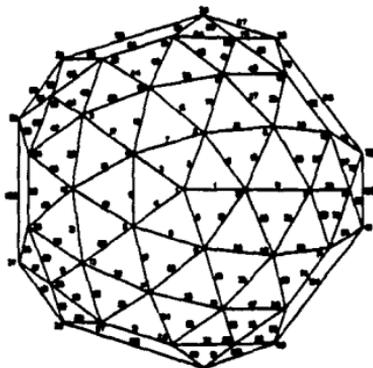
Con estas consideraciones el dimensionamiento de la estructura se limita a establecer el diámetro o la altura de la cúpula, una es función de la otra ya que por cuestiones prácticas se le considera como una esfera. En esta parte es necesario aclarar que la geodésica que proponemos no es una media esfera, ya que la continuidad de las barras se haría compleja, esto quiere decir que la esfera no está cortada por la mitad.

DIMENSIONAMIENTO EN BASE A LA CAPACIDAD. La determinación de la altura de la estructura nos lleva a un diámetro específico en la base, a su vez el diámetro presupone una cierta capacidad. Para nuestro caso hemos supuesto que la capacidad queda determinada por el número de personas que pueden estar sentadas comodamente dentro de la construcción, para ello el acomodo en el que pensamos es radial, como lo sugiere la forma de la estructura. Siguiendo esta lógica establecimos las siguientes dimensiones:

Altura al centro de la estructura: 290 cm.
 Diámetro aprox: 680 cm.
 Capacidad calculada: 20 personas.
 Altura de la entrada: 179 cm.



NOMENCLATURA DE BARRAS Y NODOS. Las barras y los nodos deben llevar una cierta numeración para que puedan ser leídos por el programa de análisis. El programa diferencia entre el número de barra y el número de nodo según un cierto orden por lo que no importa que un número se repita. El siguiente plano muestra esta numeración:



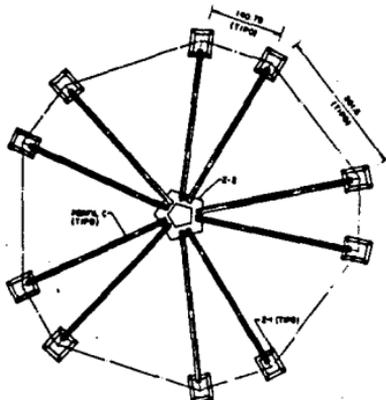
ESTRUCTURA GEOMÉTRICA
(NODOS Y ELEMENTOS)

Más adelante explicaremos el por que la numeración de las barras y los nodos es importante en el cálculo de la estructura.

PISO Y CIMENTACION. Hasta ahora solo hemos hablado de la estructura que servirá como cubierta, pero hemos soslayado el problema que significa el desnivel propio del terreno.

Es difícil creer que hallemos un lugar lo suficientemente a nivel, dada el área que proponemos, y si acaso existe mucho más difícil será que esté donde lo hemos propuesto. La solución que hemos dado a esta dificultad es la de hacer también prefabricado el piso y colocarlo a nivel, mediante apoyos construidos a propósito. El desnivel que existe en el lugar que proponemos no sobrepasa de 80 cm. respecto de los dos puntos opuestos más desnivelados.

La estructura del piso será a base de montenes o perfiles "C", colocados en forma radial, a partir del centro del área que ocupará la estructura, estos montenes se apoyarán en zapatas de mampostería que se deberán construir para este propósito. Las zapatas serán la cimentación de la estructura a la vez que sirven para nivelarla. El material que se usará deberá ser del mismo que existe en el lugar.



Las dimensiones de los perfiles y las zapatas quedarán establecidos más adelante pero la concepción general es la mostrada. Los montenes no serán colocados perfectamente horizontales, ya que deberán tener una cierta pendiente hacia afuera, lo cual servirá como desagüe.

4 ANALISIS DE LA ESTRUCTURA

Es relativamente raro que una tesis del área de construcción trate sobre cuestiones de cálculo estructural; creemos que esto se debe a que los problemas constructivos y estructurales son individualmente, en la mayoría de los casos, lo suficientemente complejos como para tratar de abarcarlos simultáneamente en un trabajo de tesis.

En nuestro caso, una de las premisas es el estandarizar el proceso de construcción, por lo que idealmente los problemas constructivos sólo se deben resolver una vez. Este hecho simplifica bastante el concepto constructivo. Por otro lado, aunque se trata de una estructura poco común, la esencia del cálculo es bastante sencilla, porque sólo se utilizan barras y nodos, lo cual implica únicamente "fuerzas normales" en las barras, sin la existencia de "momentos"; si además consideramos la gran ayuda que nos prestan actualmente las computadoras y los programas de cálculo, con los cuales es posible realizar los largos y laboriosos cálculos que implica la resolución de una estructura de una manera sumamente rápida.

Es por estas razones que hemos decidido abordar el problema desde el punto de vista estructural y constructivo, que creemos son en última instancia, los puntos esenciales de la Ingeniería Civil.

6.1 CUANTIFICACION DE CARGAS

Como se mencionó en el capítulo anterior, la estructura geodésica que estamos considerando, es muy parecida a una armadura por ser articulada en sus nodos, esto significa que todas las cargas en su superficie se deben considerar concentradas en sus nodos, ya que de otra forma generarían momentos que no se podrían equilibrar.

La determinación y cuantificación de las cargas o acciones a las que estará sujeta la estructura ofrece varias cuestiones, sobre todo por el hecho de no ser convencionales ni la construcción, ni las condiciones a las que estará sometida.

Las acciones a las que está expuesta una estructura se pueden clasificar en tres tipos, las acciones permanentes, las variables y las accidentales. Las primeras son aquellas que no son función del tiempo, y que su localización y magnitud siempre son constantes. Las acciones variables son en cierta medida las complementarias de las primeras; estas acciones consideran a aquellas fuerzas, que se sabe con certeza que existirán, pero no de una manera constante. Generalmente no se sabe exactamente en que magnitud o lugar exacto actuarán, pero estarán dentro de rangos relativamente fáciles de establecer, diremos además que son función del tiempo. Por último las acciones accidentales son aquellas en las que no se puede saber si existirán o no, su magnitud puede ser mayor a cualquier valor conocido y su control está fuera de nuestras posibilidades. Son justamente, accidentes en la vida de la estructura.

A continuación hacemos un desglose de las fuerzas que hemos considerado.

ACCIONES PERMANENTES:	{ Carga muerta	{ Peso de la estructura Peso del recubrimiento
ACCIONES VARIABLES:	{ Carga viva Efectos de contracción/expansión Cargas por efecto de la nieve	
ACCIONES ACCIDENTALES:	{ Cargas por sismo Cargas por viento	

6.1.1. ACCIONES PERMANENTES.

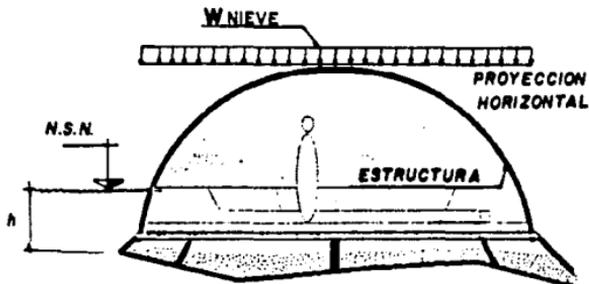
En el análisis de la estructura consideramos como acciones permanentes la carga muerta, que representa el peso propio de la estructura de acero, y el peso del recubrimiento.

Peso de la estructura. considerándose el valor de una sección tubular de acero de 2" de diámetro, calibre 16, cuyo peso es de 2.0 kg/m; y el peso del material aislante -multipanel RL-80, formado por láminas de acero- utilizado como material de recubrimiento es de 10.85 kg/m².

6.1.2. ACCIONES VARIABLES.

Las acciones variables consideradas para el análisis de la estructura corresponde a la carga viva que especifica el reglamento de construcciones del D.F. y equivale a 100 kg/m² para azoteas; y para el análisis por nieve se considera la proposición de un autor norteamericano, ya que los reglamentos en nuestro medio no mencionan nada o muy poco en cuanto a este tipo de cargas. La nieve se deposita en diferentes alturas del Popocatepetl; el máximo espesor reportado es de 2 m y corresponde a los lugares con poca pendiente cercanas al cráter.

El punto denominado Tres Cruces, donde proponemos la construcción de la estructura, tiene la característica que presenta generalmente poco espesor de nieve, cercano a un valor de 80 cm como máximo, sobre el terreno. Para las cargas por nieve se tomó como referencia lo propuesto por Joshep E. Bowles, quién indica que para el cálculo de cargas por nieve es necesario considerar el 80 % del espesor de nieve acumulada sobre el terreno, como cargas vivas que actúan sobre el terreno, las cuales se toman con respecto a la proyección horizontal del techo -figura 4.1.-



6.1.3. ACCIONES ACCIDENTALES.

Teniendo presente que el medio ambiente que prevalece en la zona donde se desplantará la estructura esta sometida a efectos climáticos adversos como son los vientos, también analizamos éstos, considerándolos como cargas accidentales, siguiendo lo indicado por el manual de diseño de obras civiles por viento de la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.).

Según los criterios establecidos en el Manual de Diseño de Obras Civiles de la C.F.E., se ha considerado que la estructura propuesta se puede caracterizar de la siguiente manera, según los requisitos mínimos de diseño:

a) Dirección de Análisis. La estructura se analiza, suponiendo que el viento puede actuar por lo menos en dos direcciones horizontales perpendiculares entre sí. Se eligieron las direcciones más desfavorables para la estabilidad de la estructura.

b) Factores de carga y resistencia. En este renglón consideramos el factor de carga como el 10 % adicional de las cargas establecidas. El factor de resistencia fue considerado un 40% menos del valor establecido.

c) Seguridad contra volteo. Para la estructura propuesta este requisito no es considerado debido principalmente a : altura baja y sección circular de amplio diámetro.

d) Seguridad contra el deslizamiento. Se suponen nulas las cargas vivas, pero se considera la relación entre la resistencia al deslizamiento y el desplazamiento horizontal actuante por lo menos igual a 2.

e) Presiones interiores. La seguridad de la estructura es muy importante para ello se consideró la seguridad de la cubierta y el anclaje, al mismo tiempo se tomó en cuenta el efecto de presiones interiores de acuerdo a la ecuación siguiente:

$$P = 0.0048 G C Vd^2 \text{ -----(1)}$$

0.0048 = Constante.

G = Factor de reducción de densidad de la atmosfera.

C = Coeficiente de empuje adimensional.

Vd = 96 km/hr.

f) **Análisis Estructural.**

I CLASIFICACION DE LA ESTRUCTURA. Para el diseño por viento las estructuras se clasifican de acuerdo a su destino y a las características de su respuesta ante la acción del viento.

Clasificación de la estructura según su destino. Es una estructura del grupo B ya que en esta clasificación se consideran aquellas estructuras en que el cociente entre el costo de una falla y el costo de incrementar la resistencia es de magnitud "moderada".

Clasificación de la estructura por las características de su respuesta ante el viento. Es una estructura tipo 1, poco sensible a ráfagas y a los efectos dinámicos del viento.

VELOCIDADES DE DISEÑO. Los principales parámetros que determinan la velocidad del viento de diseño son:

- a) **Localización geográfica.** Corresponde a la zona 5 de la regionalización eólica de la República Mexicana.
- b) **Probabilidad de excedencia.** De acuerdo a la zona a la que corresponde la estructura se le asocia una probabilidad de excedencia del 2%.
- c) **Topografía de la vecindad de la estructura.** En esta clasificación corresponde la categoría de "promontorios" con un valor del coeficiente $k = 1.2$.
- d) **Características de la estructura de acuerdo a su respuesta al viento.** Estas estructuras se clasifican dentro del tipo 1, como ya hemos mencionado.

Para fines de diseño por viento tenemos que la velocidad regional $V_r = 80$ km/h, para un periodo de recurrencia (T_r) de 50 años.

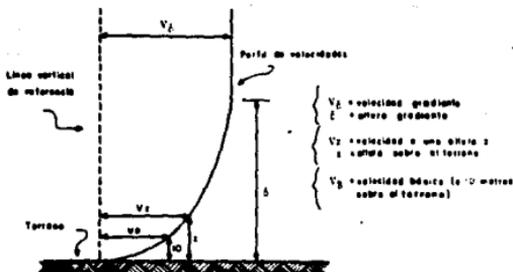
VELOCIDAD BASICA. La velocidad básica del viento (V_b) se obtiene a partir de la velocidad regional, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$V_b = K V_r$$

donde:

- V_b = Velocidad que a una altura de 10 m sobre el terreno se presenta en el lugar de desplante de la estructura.
- k = Factor de topografía.
- V_r = Velocidad regional.

El valor de V_b para nuestro caso es de 96 km/h.



VARIACION DE LA VELOCIDAD CON LA ALTURA

Se considera que la velocidad del viento varía con la altura según se muestra en el esquema. De acuerdo a éste para alturas de construcciones menores de 10 m, la velocidad V_z es igual a V_b , o sea que no hay factor de amplificación por este concepto.

VELOCIDAD DE DISEÑO. Para obtener la velocidad de diseño (V_d) se toma en cuenta el efecto de ráfaga en la estructura, multiplicando la velocidad del viento V_z por el factor de ráfaga Fr , esto es:

$$V_d = Fr V_z$$

El factor de ráfaga es 1.0 para estructuras tipo 1, así que para las condiciones que estamos analizando V_d es igual a 96 km/h.

DETERMINACION DE LA SOLICITACION POR VIENTO. Se consideró que de los efectos del viento sobre la estructura tipo 1 propuesta, únicamente basta tener en cuenta empujes estáticos (presiones y succiones) tanto interiores como exteriores, así como locales y generales. Los empujes dinámicos no se consideraron por el tamaño reducido de la estructura.

FUERZAS DEBIDAS AL VIENTO. Para presiones y succiones los efectos del viento se tomaron equivalentes a los de una fuerza distribuida sobre el área expuesta. Suponiendo que dicha fuerza es perpendicular a la superficie en que actúa y su valor por unidad de área se calcula de acuerdo a la expresión:

$$P = 0.0048 G C Vd^2 \text{ ----- (1)}$$

C = Coeficiente de empuje (adimensional)

Si el coeficiente C es positivo se trata de empuje sobre el área expuesta, lo contrario es succión.

El coeficiente de empuje considerado, corresponde a la acción exterior del viento sobre cubierta de arco circular; tomándose en cuenta dos zonas:

- 1) Zona de barlovento; c = 0.75 (presión)
- 2) Zona de sotavento; c = -0.68 (succión)

Vd = velocidad de diseño = 96 km/hr

G = Factor de reducción de densidad de la atmósfera igual a $(8+h)/(8+2h)$, siendo 8 un valor constante y h la altura sobre el nivel del mar. Para el caso de tres cruces h = 4489 msnm por lo tanto:

$$G = (8+4.489)/(8+2*4.489) = 0.74$$

P = Presión o succión debido al viento en kg/m².

Por lo tanto, para el caso de presión y sustituyendo en la expresión (1) se tiene que:

$$P = 0.0048 (0.74)(0.75)(96^2) = 24.56 \text{ kg/m}^2.$$

Para succión:

$$P = 0.0048 (0.74)(-0.68)(96^2) = 22.26 \text{ kg/m}^2.$$

4.1.6 BAJADA DE CARGAS POR NODO

Para calcular las fuerzas por nodo de la estructura se consideran las áreas tributarias, las cuales se multiplican por cada una de las cargas -Muerta, Viva, y Accidentales-, para obtener así las cargas finales en cada uno de los nodos. De esta manera tenemos:

$$W \text{ muerta} = W \text{ recubrimiento} + W \text{ barras}$$

$$W \text{ viva} = W \text{ nieve} + W \text{ cte} \quad (1)$$

$$W \text{ accidental} = P \text{ viento} \quad (2)$$

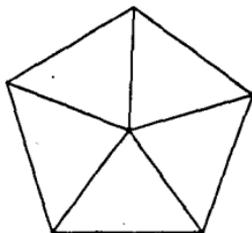
$$W \text{ recubrimiento} = 10.85 \text{ kg/m}^2$$

$$W \text{ barras} = 2.0 \text{ kg/m}$$

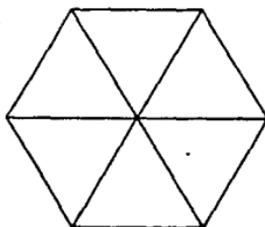
(1) Referido al peso establecido por el reglamento de construcciones del D.F. (RCDF-87).

(2) $P \text{ viento} = P \text{ barlovento [x]} = P \text{ barlovento [y]}$
 $P \text{ sotavento [x]} = P \text{ sotavento [y]}$

Para la consideración de las áreas tributarias nos hemos basado en los triángulos que se forman con el entramado de barras. Únicamente existen 2 tipos de triángulos, aquellos que se forman dentro de los hexágonos y los que se forman dentro de los pentágonos. De esta forma, en cada nodo convergen 5 o 6 triángulos. -ver figura 4.2.-



PENTAGONO



HEXAGONO

FIG. 42

Puede decirse que en la generalidad de los casos, contamos con tres tipos de nodos, aquellos en que convergen:

- a) cinco triángulos isósceles
- b) seis triángulos equiláteros
- c) cuatro triángulos equiláteros y dos isósceles

Estos triángulos son parecidos en sus áreas. Aquellos que forman los hexágonos son triángulos equiláteros cuyos lados tienen en el mayor de los casos 143.89 cm. por lado, lo que nos da un área aproximada de 8964 cm², de la misma forma los triángulos que forman los pentágonos -un lado de 143.89 cm. y dos de 121.63 cm-, tienen una área de 7041 cm², lo que significa una diferencia del 20 % aproximadamente en sus áreas. Con el propósito de simplificar el cálculo hemos decidido tomar como norma la mayor, y en base a ella suponer las áreas tributarias de cada nodo, de tal forma que todas las áreas tributarias sean iguales; y su valor sea de 1/3 del área del triángulo equilátero, así cada área se considerará igual 0.3 m² o sea a 3 000 cm².

DETERMINACION DE CARGAS: En la siguiente tabla se muestra la obtension de la "carga total -Wt-" para cada nodo de acuerdo a sus áreas tributarias y sus diferentes cargas parciales.

CALCULO DE CARGAS EN LOS NODOS

NODO	AREA Tri m2	W recub kg	W pp barras kg	W nieve kg	W Cte kg	W tot kg
1	1.80	19.50	5.76	720	270	1015.3
2	1.80	23.40	6.91	864	324	1218.3
3	1.80	23.40	6.91	864	324	1218.3
4	1.80	23.40	6.91	864	324	1218.3
5	1.80	23.40	6.91	864	324	1218.3
6	1.80	23.40	6.91	864	324	1218.3
7	1.80	23.40	6.91	864	324	1218.3
8	1.80	23.40	6.91	864	324	1218.3
9	1.80	23.40	6.91	864	324	1218.3
10	1.80	23.40	6.91	864	324	1218.3
11	1.80	23.40	6.91	864	324	1218.3
12	1.80	23.40	6.91	864	324	1218.3
13	1.80	23.40	6.91	864	324	1218.3
14	1.80	23.40	6.91	864	324	1218.3
15	1.80	23.40	6.91	864	324	1218.3
16	1.80	23.40	6.91	864	324	1218.3
17	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
18	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
19	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
20	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
21	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
22	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
23	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
24	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
25	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
26	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
27	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
28	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
29	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
30	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
31	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
32	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
33	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
34	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
35	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
36	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
37	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
38	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
39	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
40	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3
41	1.50	19.50	5.76	720	270	1015.3

6.2 ANALISIS DE LA ESTRUCTURA

El análisis propiamente dicho de una estructura consiste en determinar las dimensiones de los elementos estructurales que la conforman, de tal manera que sean capaces, en primer lugar, de resistir las cargas a las que serán solicitados y por otro lado, se busca que su apariencia dé seguridad a la personas que recurran a ella.

Este proceso tiene como primer paso la proposición de las dimensiones de los elementos -o barras en este caso- que se crean apropiadas, en base a cualquier criterio, o a la experiencia en el mejor de los casos. Estas dimensiones se revisan estructuralmente y se establecen las fuerzas que deberán soportar, comprobándose si son o no capaces de resistirlas.

El método que se utilizó para calcular las fuerzas en las barras es el que se conoce como "método de las rigideces".

Para aplicar el método de las rigideces o de los desplazamientos en la solución de una estructura hiperestática se necesitan determinar primero las componentes independientes de los desplazamientos (lineales y angulares) que se desconocen.

Estos desplazamientos se consideran las incógnitas del problema y utilizando las relaciones esfuerzo-deformación del material, las fuerzas internas de la estructura se pueden expresar en función de estos desplazamientos.

Para cada componente de desplazamiento desconocida, se establece una ecuación de equilibrio en función de las fuerzas externas conocidas y de las fuerzas internas no conocidas, las cuales están expresadas en términos de los desplazamientos. Se forma un sistema de ecuaciones cuyo número es igual al número de componentes de desplazamiento desconocidas.

La solución del sistema de ecuaciones permite conocer los valores de los desplazamientos, con los cuales se pueden calcular las fuerzas internas. De esta forma se determinan todas las fuerzas, excepto las reacciones externas en los apoyos, las que se pueden

evaluar por medio de las condiciones de equilibrio que no se utilizaron al establecer las ecuaciones para calcular los desplazamientos desconocidos. El análisis se limita al rango elástico de las deformaciones.

El análisis de la estructura, se hizo mediante el uso de un programa de computo.

PROGRAMA DE COMPUTO. El programa que usamos está hecho para un equipo convencional de Computadora personal -PC-, no es parte de un paquete comercial, sino que fue pensado exclusivamente para el cálculo de estructuras espaciales; en cuanto al número de datos que maneja tiene una capacidad aproximada de 400 barras y 100 nodos, aunque este parámetro resulta poco claro ya que la combinación de estos elementos no es lineal, lo realmente importante es el "ancho de banda" que se genera. El ancho de banda está directamente relacionado con la nomenclatura que se le asignó a las barras, así entre más grande sea la diferencia entre los números que se les asignaron a las barras que son incidentes mayor será el ancho de banda y mayor deberá ser la utilización de memoria que utiliza la computadora personal.

No es el objetivo de este trabajo mostrar el funcionamiento de el programa, así que pensemos que es un sistema de caja negra, donde se acomodan los datos y se reciben los resultados. El inconveniente de obtener resultados erróneos se evitará revizando que las resultantes de la fuerzas en cualquier punto dado se equilibren.

La captura de datos se realiza siguiendo un cierto formato, un primer número -1- del lado izquierdo, indica el comienzo de la lectura de datos al programa, a continuación, en el segundo renglon van las cifras que especifican el número de barras, nodos, coeficiente de expansión térmica, temperatura promedio y el módulo de elasticidad (E) expresado en kg/cm^2 del material que se esté utilizando respectivamente.

A partir del tercer renglón se coloca, para todos los nodos, su número, sus coordenadas -x, y, z- expresado en cm, según la colocación que se haya elegido del sistema de referencia, y el grado de libertad al desplazamiento según sus respectivos componentes -x, y, z-, indicándose lo anterior con un número uno para libre, y un número cero para restringido.

La ubicación que escogimos para los ejes coordenados fue al centro de lo que podría ser la esfera que generará la estructura geodésica. Como ya hemos mencionado anteriormente la geodésica no estaba dividida exactamente a la mitad, por eso es que los puntos más bajos de ella no tienen un valor nulo en su coordenada en "z", así como el punto más alto no representa la altura real de la estructura.

Una vez registrados todos los nodos, el programa empezará a leer los datos respectivos a las barras, así que se coloca en primer término el número de la barra, seguido por el número de los nodos a los que llega, a continuación se registra el área respectiva en cm^2 ; lo anterior se hace para todas las barras.

A continuación mostramos los datos finales que usamos para el análisis de la estructura.

CAPTURA DE DATOS

Nodos Barras				Mod. elast.		
61	105	0	0	2100000		
Nodo	EJE			RESTRICCIONES		
	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]	x	y	z
1	0	0	348.88	1	1	1
2	119.77	0	327.67	1	1	1
3	37.01	113.91	327.67	1	1	1
4	-96.90	70.40	327.67	1	1	1
5	-96.90	-70.40	327.67	1	1	1
6	37.01	-113.91	327.67	1	1	1
7	239.54	0	253.65	1	1	1
8	171.35	124.49	277.22	1	1	1
9	74.02	227.82	253.65	1	1	1
10	-65.45	201.44	277.22	1	1	1
11	-193.79	140.80	253.65	1	1	1
12	-211.80	0	277.22	1	1	1
13	-193.79	-140.80	253.65	1	1	1
14	-65.45	-201.44	277.22	1	1	1
15	74.02	-227.82	253.65	1	1	1
16	171.35	-124.49	277.22	1	1	1
17	312.07	0	156.01	1	1	1
18	276.55	113.91	179.62	1	1	1
19	193.79	227.82	179.62	1	1	1
20	96.43	296.79	156.01	1	1	1
21	-22.87	298.21	179.62	1	1	1

Nodo	EJE		EJE	RESTRICCIONES		
	X	Y	Z	x	y	z
22	-156.78	256.71	179.62	1	1	1
23	-252.67	183.43	156.01	1	1	1
24	-290.69	70.40	179.62	1	1	1
25	-290.69	-70.40	179.62	1	1	1
26	-252.67	-183.43	156.01	1	1	1
27	-156.78	-256.71	179.62	1	1	1
28	-22.87	-298.21	179.62	1	1	1
29	96.43	-296.79	156.01	1	1	1
30	193.79	-227.82	179.62	1	1	1
31	276.55	-113.91	179.62	1	1	1
32	336.44	70.40	59.86	0	0	0
33	170.91	298.21	59.86	0	0	0
34	37.01	341.72	59.86	0	0	0
35	-230.80	256.71	59.86	0	0	0
36	-313.56	160.80	59.86	0	0	0
37	-313.56	-160.80	59.86	0	0	0
38	-230.80	-256.71	59.86	0	0	0
39	37.01	-341.72	59.86	0	0	0
40	170.91	-298.21	59.86	0	0	0
41	336.44	-70.40	59.86	0	0	0

Barra	Modi	Modi	Area
1	1	2	2.35
2	1	3	2.35
3	1	4	2.35
4	1	5	2.35
5	1	6	2.35
6	2	3	2.35
7	3	4	2.35
8	4	5	2.35
9	5	6	2.35
10	2	6	2.35
11	2	7	2.35
12	2	8	2.35
13	3	8	2.35
14	3	9	2.35
15	3	10	2.35
16	4	10	2.35
17	4	11	2.35
18	4	12	2.35
19	5	12	2.35
20	5	13	2.35
21	5	14	2.35
22	6	14	2.35
23	6	15	2.35
24	6	16	2.35
25	2	16	2.35

Barra	Mod ₁	Mod ₂	Area
26	7	8	2.35
27	8	9	2.35
28	9	10	2.35
29	10	11	2.35
30	11	12	2.35
31	12	13	2.35
32	13	14	2.35
33	14	15	2.35
34	15	16	2.35
35	16	7	2.35
36	7	17	2.35
37	7	18	2.35
38	8	18	2.35
39	8	19	2.35
40	9	19	2.35
41	9	20	2.35
42	9	21	2.35
43	10	21	2.35
44	10	22	2.35
45	11	22	2.35
46	11	23	2.35
47	11	24	2.35
48	12	24	2.35
49	12	25	2.35
50	13	25	2.35
51	13	26	2.35
52	13	27	2.35
53	14	27	2.35
54	14	28	2.35
55	15	28	2.35
56	15	29	2.35
57	15	30	2.35
58	16	30	2.35
59	16	31	2.35
60	7	31	2.35
61	17	18	2.35
62	18	19	2.35
63	19	20	2.35
64	20	21	2.35
65	21	22	2.35
66	22	23	2.35
67	23	24	2.35
68	24	25	2.35
69	25	26	2.35
70	26	27	2.35
71	27	28	2.35
72	28	29	2.35
73	29	30	2.35
74	30	31	2.35
75	17	31	2.35
76	17	32	2.35

Barra	Modi	Modi	Area
77	18	32	2.91
78	19	33	2.91
79	20	33	2.35
80	20	34	2.35
81	21	34	2.91
82	22	35	2.91
83	23	35	2.35
84	23	36	2.35
85	24	36	2.91
86	25	37	2.91
87	26	37	2.35
88	26	38	2.35
89	27	38	2.91
90	28	39	2.91
91	29	39	2.35
92	29	40	2.35
93	30	40	2.91
94	31	41	2.91
95	17	41	2.35
96	32	33	2.35
97	33	34	2.35
98	34	35	2.35
99	35	36	2.35
100	36	37	2.35
101	37	38	2.35
102	38	39	2.35
103	39	40	2.35
104	40	41	2.35
105	32	41	2.35

Ya registrados los valores mencionados anteriormente se coloca nuevamente un número uno, indica la orden de capturar datos, y el número de nodos que estarán expuestos a carga. En el siguiente renglón empieza el número de nodo y su respectiva carga conforme a los ejes cartesianos. Es necesario tener cuidado con los signos de las cargas, ya que estas deben ser congruentes con los sentidos de los ejes coordenados; debido a que las cargas X e Y corresponden a fuerzas debidas al viento, y Z corresponde a fuerzas gravitacionales.

Para finalizar se colocan dos números "menos uno" para indicar que la captura de datos ha finalizado.

	X	Y	Z
	(kg)	(kg)	(kg)
1			
41			
1	37	0	-1015.00

	X	Y	Z
	(kg)	(kg)	(kg)
2	37	37	-1218.31
3	-33	37	-1218.31
4	-33	-33	-1218.31
5	37	-33	-1218.31
6	37	-33	-1218.31
7	31	-28	-1218.31
8	31	-28	-1218.31
9	37	0	-1218.31
10	31	31	-1218.31
11	31	31	-1218.31
12	37	37	-1218.31
13	-28	31	-1218.31
14	-28	31	-1218.31
15	-33	37	-1218.31
16	-28	31	-1218.31
17	-28	-28	-1015.26
18	-33	-33	-1015.26
19	-28	-28	-1015.26
20	-28	-28	-1015.26
21	0	0	-1015.26
22	0	0	-1015.26
23	0	0	-1015.26
24	0	0	-1015.26
25	0	0	-1015.26
26	0	0	-1015.26
27	0	0	-1015.26
28	0	0	-1015.26
29	0	0	-1015.26
30	0	0	-1015.26
31	0	0	-1015.26
32	37	37	-1015.26
33	-33	37	-1015.26
34	-33	0	-1015.26
35	-33	-33	-1015.26
36	37	-33	-1015.26
37	31	0	-1015.26
38	31	37	-1015.26
39	-28	37	-1015.26
40	-28	-33	-1015.26
41	31	-33	-1015.26

-1
-1

Los datos anteriores son el resultado de varias pruebas que hicimos siendo estos últimos los que fueron más convenientes. La sección predominante es la de

barras calibre 16 que tienen un área de 2.35 cm², y en los diez lugares más solicitados se utilizaron barras calibre 14 cuya área es de 2.91 cm²

Los resultados que se obtuvieron, ya resumidos fueron los siguientes:

RESULTADOS.

ANALISIS LINEAL ELASTICO DE ARMADURAS ESPACIALES

ANALISIS DE PRIMER ORDEN DE ARMADURA. NO. 1
JUNTAS Y MIEMBROS

TEMPERATURA = .00000E+00 no considerada
COEF. DE EXPANSION = .00000E+00 no considerada
MODULO DE ELASTIC. = .21000E+07 kg/cm²

ANALISIS DE PRIMER ORDEN DE ARMADURA. NO. 1

GRADO DE LIBERTAD= 93
ANCHO DE BANDA = 75
TERMINOS K-MATRIZ= 6975
NO. CASOS CARGADO= 1
TEMPERATURA Y EFECTOS DE ESFUERZOS ESTAN INCLUIDOS
EN LOS RESULTADOS DE 1ER ORDEN

JUNTAS	θ-COR	MOVIM.-X	MOVIM.-Y	MOVIM.-Z
	Corrida	Despaz-x (cm)	Despaz-y (cm)	Despaz-z (cm)
1	1	.39902E-02	.22379E-02	-.33292E+00 **
2	1	-.12049E-01	.16866E-02	-.25657E+00 *
3	1	-.15859E-02	-.12814E-01	-.25781E+00 *
4	1	.16887E-01	-.66943E-02	-.25966E+00 *
5	1	-.16592E-01	.12575E-01	-.26080E+00 *
6	1	-.24033E-02	.16407E-01	-.25583E+00 *
7	1	.17372E-02	-.11104E-02	-.15208E+00
8	1	.32955E-02	-.10809E-02	-.17187E+00
9	1	.28945E-02	-.30915E-02	-.15501E+00
10	1	.45849E-02	.29985E-02	-.17260E+00
11	1	.93588E-02	.69579E-03	-.15910E+00
12	1	.70232E-02	.45101E-02	-.17833E+00
13	1	.48882E-02	.74727E-02	-.15865E+00
14	1	.52580E-03	.58032E-02	-.17659E+00
15	1	-.34520E-02	.11153E-01	-.16274E+00
16	1	-.15761E-02	.34780E-02	-.17717E+00
17	1	.71837E-01	-.16136E-02	-.28699E-01
18	1	.63625E-01	.34741E-01	-.53586E-01
19	1	.53544E-01	.41229E-01	-.59144E-01
20	1	.22816E-01	.65705E-01	-.29669E-01
21	1	-.12792E-01	.78018E-01	-.49188E-01
22	1	-.22170E-01	.66669E-01	-.58831E-01
23	1	-.57769E-01	.45626E-01	-.27826E-01

JUNTAS	#-COR	MOVIM.-X Despaz-x (m)	MOVIM.-Y Despaz-y (m)	MOVIM.-Z Despaz-z (m)
24	1	-.74631E-01	.11953E-01	-.50436E-01
25	1	-.67518E-01	-.78767E-03	-.59067E-01
26	1	-.58780E-01	-.40567E-01	-.28306E-01
27	1	-.29880E-01	-.65520E-01	-.53306E-01
28	1	-.17470E-01	-.68024E-01	-.56321E-01
29	1	.22396E-01	-.69158E-01	-.28217E-01
30	1	.55389E-01	-.47301E-01	-.55099E-01
31	1	.65330E-01	-.38836E-01	-.53058E-01
32	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
33	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
34	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
35	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
36	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
37	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
38	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
39	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
40	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00
41	1	.00000E+00	.00000E+00	.00000E+00

MIEMBRO barra	#-COR	TENSION (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)
1	1	-1180.95000	-502.53210
2	1	-1172.16800	-498.79490
3	1	-1144.84800	-487.16940
4	1	-1160.21100	-493.70700
5	1	-1162.67300	-494.75440
6	1	-626.74620	-266.70050
7	1	-682.06800	-290.24170
8	1	-675.38290	-287.39700
9	1	-674.70030	-287.10650
10	1	-616.12550	-262.18110
11	1	-1514.41900	-644.43350
12	1	-912.07780	-388.11820
13	1	-847.53720	-360.65410
14	1	-1577.21800	-671.15660
15	1	-845.31490	-359.70850
16	1	-836.26280	-355.85650
17	1	-1541.90000	-656.12760
18	1	-895.86690	-381.22000
19	1	-865.02240	-368.09470
20	1	-1510.67300	-642.83940
21	1	-921.57790	-392.16080
22	1	-803.20160	-341.78790
23	1	-1575.94100	-670.61330
24	1	-886.83970	-377.37860
25	1	-879.24360	-374.14620
26	1	-135.63420	-57.71669
27	1	-134.91840	-57.41210

MIEMBRO barra	Ø-COR	TENSION (kg)	ESFUERZO (kg/cm ²)
28	1	-193.36580	-82.28332
29	1	-188.60260	-80.25641
30	1	-226.01050	-96.17467
31	1	-219.15590	-93.25785
32	1	-210.07610	-89.39410
33	1	-243.66030	-103.68520
34	1	-226.52450	-96.39340
35	1	-223.27240	-95.00952
36	1	-2322.45300	-988.27780 *
37	1	-228.22510	-97.11706
38	1	-1329.11900	-565.58260
39	1	-1311.31900	-558.00820
40	1	-256.49440	-109.14660
41	1	-2350.85400	-1000.36300 *
42	1	-150.51440	-64.04870
43	1	-1317.16500	-560.49580
44	1	-1255.89500	-534.42350
45	1	-267.60130	-113.87290
46	1	-2322.89100	-988.46610 *
47	1	-173.94730	-74.02011
48	1	-1315.00600	-559.57700
49	1	-1283.93300	-546.35460
50	1	-233.42420	-99.32944
51	1	-2316.04300	-985.55010 *
52	1	-191.91250	-81.66488
53	1	-1300.42800	-553.37350
54	1	-1277.63300	-543.67380
55	1	-235.74630	-100.31760
56	1	-2340.90100	-996.12810 *
57	1	-229.38550	-97.61083
58	1	-1284.27200	-546.49900
59	1	-1316.22400	-560.09520
60	1	-169.10950	-71.96149
61	1	1282.65200	565.80960
62	1	391.66860	166.66750
63	1	1328.99400	565.52920
64	1	1269.36000	540.15340
65	1	435.50270	185.32030
66	1	1392.41800	592.51850
67	1	1306.54000	555.97460
68	1	446.57120	190.03030
69	1	1369.02100	582.56210
70	1	1318.85600	561.21550
71	1	440.80190	187.57530
72	1	1364.84400	580.78470
73	1	1362.72200	579.88160
74	1	446.83840	189.29300
75	1	1299.59000	553.01720
76	1	-1466.49000	-624.03820
77	1	-2687.17300	-923.42700 *
78	1	-2700.88700	-928.13970 *

MIEMBRO	Ø-COR	TENSION	ESFUERZO
79	1	-1549.57300	-659.39280
80	1	-1486.08600	-631.52620
81	1	-2426.56600	-902.60010 *
82	1	-2678.10700	-920.31150 *
83	1	-1559.64000	-663.67670
84	1	-1420.88400	-606.63150
85	1	-2647.75600	-909.88170 *
86	1	-2674.00000	-918.90040 *
87	1	-1528.82700	-650.56450
88	1	-1447.45800	-615.93980
89	1	-2650.04800	-910.66930 *
90	1	-2669.31900	-917.36040 *
91	1	-1497.59900	-637.27630
92	1	-1494.22300	-635.83950
93	1	-2670.26300	-917.61600 *
94	1	-2664.21500	-908.66500 *
95	1	-1542.27400	-656.28660
96	1	.00000	.00000
97	1	.00000	.00000
98	1	.00000	.00000
99	1	.00000	.00000
100	1	.00000	.00000
101	1	.00000	.00000
102	1	.00000	.00000
103	1	.00000	.00000
104	1	.00000	.00000
105	1	.00000	.00000

JUNTA	Ø-COR	FUERZAS - X	FUERZAS - Y	FUERZAS - Z
1	1	.37000E+02	.12207E-03	-.10150E+04
2	1	.37000E+02	.37000E+02	-.12183E+04
3	1	-.33000E+02	.37000E+02	-.12183E+04
4	1	-.33000E+02	-.33000E+02	-.12183E+04
5	1	.36999E+02	-.33002E+02	-.12183E+04
6	1	.37000E+02	-.33000E+02	-.12183E+04
7	1	.30999E+02	-.28000E+02	-.12183E+04
8	1	.30999E+02	-.28000E+02	-.12183E+04
9	1	.37001E+02	-.11444E-03	-.12183E+04
10	1	.31001E+02	.31003E+02	-.12183E+04
11	1	.30999E+02	.30999E+02	-.12183E+04
12	1	.37000E+02	.37001E+02	-.12183E+04
13	1	-.28002E+02	.30999E+02	-.12183E+04
14	1	-.28000E+02	.31003E+02	-.12183E+04
15	1	-.33000E+02	.37002E+02	-.12183E+04
16	1	-.27999E+02	.30998E+02	-.12183E+04
17	1	-.28000E+02	-.28000E+02	-.10153E+04
18	1	-.33001E+02	-.33000E+02	-.10153E+04
19	1	-.27999E+02	-.28000E+02	-.10153E+04
20	1	-.28001E+02	-.28000E+02	-.10153E+04
21	1	-.61035E-03	-.97656E-03	-.10153E+04
22	1	.48828E-03	.36621E-03	-.10153E+04

JUNTA	#-COR	FUERZAS - X	FUERZAS - Y	FUERZAS - Z
23	1	.42725E-03	.61035E-04	-.10153E+04
24	1	.12207E-03	.12207E-03	-.10153E+04
25	1	-.94604E-03	-.36621E-03	-.10153E+04
26	1	.82397E-03	.67139E-03	-.10153E+04
27	1	.13428E-02	-.76294E-04	-.10153E+04
28	1	.00000E+00	-.61035E-03	-.10153E+04
29	1	.54932E-03	.78201E-04	-.10153E+04
30	1	.10681E-02	.00000E+00	-.10153E+04
31	1	-.13428E-02	.91553E-03	-.10153E+04
32	1	-.14369E+04	-.18345E+02	.34450E+04
33	1	-.50993E+03	-.13685E+04	.35225E+04
34	1	-.39212E+03	-.13599E+04	.34074E+04
35	1	.11302E+04	-.91397E+03	.35110E+04
36	1	.11438E+04	-.82598E+03	.33755E+04
37	1	.12022E+04	.80127E+03	.34831E+04
38	1	.11354E+04	.84823E+03	.33984E+04
39	1	-.40379E+03	.13782E+04	.34547E+04
40	1	-.48102E+03	.13525E+04	.34527E+04
41	1	-.14338E+04	.75483E+02	.34684E+04

FIN DEL CALCULO

CONCLUSIONES. Los resultados más significativos están marcados con un asterisco con el objeto de que se puedan localizar más fácilmente. Correspondiendo a: desplazamientos en cm; tensiones en kg; esfuerzos en kg/cm²; y fuerzas en nodos en kg.

DESPLAZAMIENTOS. Como era lógico suponer los nodos más altos fueron los que más se desplazaron, el nodo 1 se desplazó 3.33 cm, seguido por los nodos 2, 3, 4 y 5 que se desplazaron un promedio de 2.57 cm.

El RCDF-87, propone que el desplazamiento horizontal máximo permitido corresponde a $0.012H$, donde $H=289$ cm (H Altura de la estructura).

$0.012 \cdot 289 = 3.47$ cm; Se puede observar que el desplazamiento obtenido de 3.33 cm. es menor que el máximo permitido por el RCDF, por lo tanto podemos concluir que la estructura propuesta cumple con las condiciones de servicio.

ESFUERZOS. Los esfuerzos más altos los encontramos en las barras periféricas, siendo los más altos los correspondientes a las barras 41 y 46 con un valor de 1000.3 y 988.5 kg en compresión respectivamente.

Según las consideraciones que hicimos para el cálculo de las fuerzas, la estructura se debe considerar simétrica, por lo que cualquier barra simétrica a estas puede llegar a obtener estos valores y no exclusivamente éstas.

FUERZAS EN LOS NODOS. Las fuerzas en los nodos deben valer cero, o lo que es lo mismo debe existir equilibrio. Las fuerzas en -z- en los nodos superiores -1, 2, 3, 4 y 5- es igual a la fuerza que se les consideró, ya que al ser casi paralelas las barras que los unen al plano -xy- no tienen componentes en dichos ejes, por lo que el equilibrio se comprueba.

5 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

La estructura en cuestión forma parte del grupo denominado estructuras reticulares, las cuales tienen la característica de estar constituidos de conjunto de miembros alargados unidos entre sí, en este caso particular se trata de una estructura reticular tridimensional, en la cual sus elementos estructurales o barras están trabajando a tensión o compresión.

Generalmente la tensión en barras de acero no ha representado ningún problema, ya que el esfuerzo permisible se obtiene directamente con la resistencia del material y el área, multiplicado por un factor de seguridad; el problema de la compresión es mucho más laborioso ya que por la longitud y sección de las barras antes de que se presente la falla por resistencia del material nos enfrentamos a una inestabilidad súbita de la barra. La fuerza que provoca esta inestabilidad es generalmente muy inferior a la fuerza que provoca la falla del material.

La característica anterior nos llevó a revizar con mucho más atención el problema de la compresión en las barras.

5.1 DISEÑO DE ELEMENTOS A TENSION Y COMPRESION

GENERALIDADES. La definición de compresión se fundamenta en el análisis de una barra metálica inicialmente recta, de sección constante sometida en sus extremos a dos fuerzas colineales dirigidas en sentidos opuestos y que actúan en el centro de las secciones. Para que halla equilibrio estático, las magnitudes de las fuerzas deben de ser iguales. Si tienden a alejarse entre si, se dice que la barra está en tensión, y el miembro tratará de elongarse bajo la acción de las fuerzas internas; mientras que si actúan una hacia la otra sobre la barra, existe un estado de compresión y el miembro tenderá a disminuir su longitud por la acción de las fuerzas internas.

Para nuestro caso en particular la barra considerada para revisión es la que se encuentra en compresión ya que presenta el valor más crítico.

DESCRIPCION: Las barras son elementos de sección tubular cuyo diámetro exterior es de 50.8 mm -2 pulgadas- para todos los casos; variando el diámetro interior según los resultados del análisis estructural, escogiéndose dos tipos de espesores, el que da el calibre 16 y el de calibre 14.

Las barras varían de longitud según la "frecuencia" de la estructura, para nuestro caso la frecuencia es 4 lo que nos da un cierto número de barras de diferentes longitudes.

El siguiente cuadro muestra los diferentes tipos de barras con su longitud respectiva según las clasificamos.

Barra	Long mm	Ø
B 1	1216	30
B 2a	1408	30
B 2b	1408	10
B 3	1439	30
B 4	2816	5

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir del análisis estructural basados en datos de secciones propuestas se hicieron las siguientes consideraciones:

- a) Diseño por esfuerzos permisibles.
 b) Utilización de dos diferentes secciones de barra.

Sección tubular 1 : $\phi = 2''$ cal 16

Sección tubular 2 : $\phi = 2''$ cal 14

La justificación de utilizar dos diferentes secciones de barra es debido principalmente a que se presentan diferencias de magnitud de fuerzas en las barras.

- c) Se revizó la barra más crítica para una fuerza actuante de 2 700.89 kg, figura 5.1.

Datos:

Barra	= 78	Area	= 2.91 cm ²
Nodo i	= 19	I	= 8.73 cm ⁴
Nodo j	= 33	S	= 3.46 cm ³
P	= 2700 kg	r	= 1.73 cm
@xxt	= 5.08 cm	Long	= 140.79 cm
@int	= 4.701 cm	Fy	= 2530 kg/cm ² ±
Espesor	= 0.1897 cm	Cc	= 120 $\frac{mm^2}{cm^2}$
		k	= 1 ***

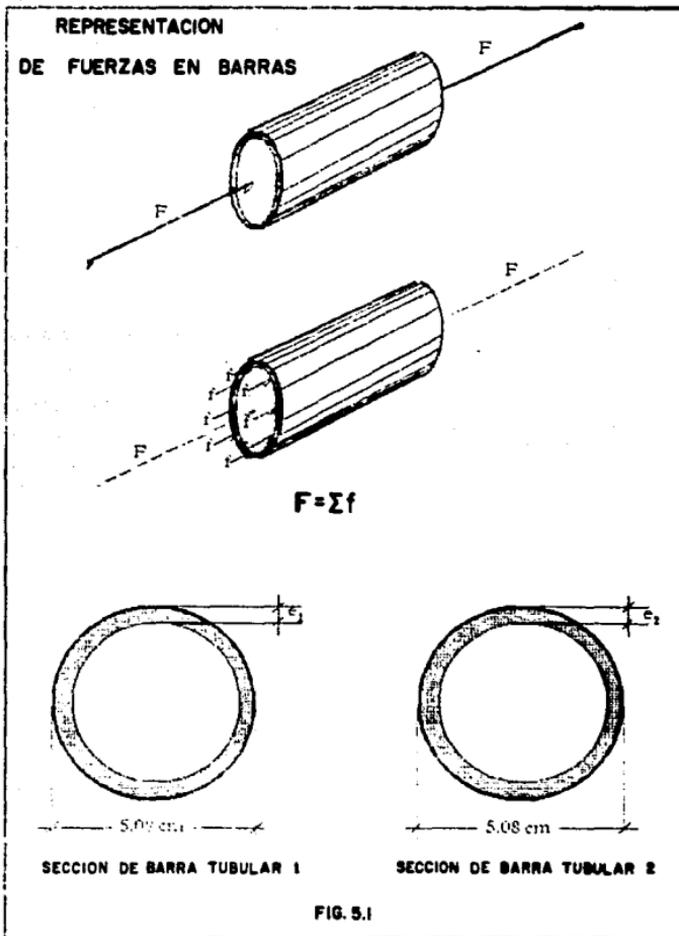
- * Acero laminado A-36
 ** Coeficiente de columna. Relación de esbeltez que separa el pandeo elástico del inelástico.
 *** Factor de longitud efectiva debida a la condición de apoyo en los extremos de la barra

Obtención del Coeficiente de relación de esbeltez [KL/r]

Donde K = 1 para miembros articulados en sus extremos
 L = 140.79 -Longitud real de la barra-
 r = radio de giro = $[I/A]^{1/2}$ = 1.73 cm

$$kL/r = (1 \times 140.79)/1.73 = 81.38$$

Se observa que el valor de la relación de esbeltez es menor que la relación de columna [Cc], por lo tanto el pandeo ocurre en el rango inelástico.



Obtención del Esfuerzo admisible [Fa]. A partir del valor obtenido del coeficiente de relación de esbeltez, se obtiene el esfuerzo admisible, el cual para nuestro caso se obtuvo en base a la tabla 5.1 o de esfuerzos admisibles para miembros en compresión, donde el esfuerzo admisible:

$$F_a = 1.072 \text{ kg/cm}^2$$

Obtención del esfuerzo actuante [fa]. Se obtiene a partir de la fuerza actuante entre el área.

$$f_a = P/A = 2\,700.89 / 2.91 = 928.16 \text{ kg/cm}^2$$

CONCLUSION: Comparando el esfuerzo admisible [Fa] con el esfuerzo actuante [fa] se tiene que el esfuerzo actuante es menor que el esfuerzo admisible, por lo tanto la sección de barra se acepta.

(Tabla 5.1 esfuerzos admisibles en kg/cm² para miembros en compresión acero A-36) tomado de Tepale Diego, J. Ruben, Estructuras de acero, tesis profesional IPN México 1989.

**ESFUERZOS ADMISIBLES EN
Kg/cm² PARA MIEMBROS
EN COMPRESION**

Miembros Principales y Secundarios con L/r no mayor de 120					Miembros Principales con L/r de 121 a 200					Miembros Secundarios con L/r de 121 a 200				
L/r	F_a kg/cm ²	F_a ksi	L/r	F_a kg/cm ²	L/r	F_a kg/cm ²	L/r	F_a kg/cm ²	L/r	F_a kg/cm ²	L/r	F_a kg/cm ²	L/r	F_a kg/cm ²
1	1516	41	1566	81	1073	131	713	161	635	121	716	161	618	
2	1513	40	1528	82	1069	132	703	162	630	122	709	162	616	
3	1510	40	1500	83	1066	133	693	163	625	123	702	163	614	
4	1507	40	1472	84	1063	134	683	164	620	124	695	164	611	
5	1504	40	1444	85	1060	135	673	165	615	125	688	165	609	
6	1501	40	1416	86	1057	136	663	166	610	126	681	166	607	
7	1498	40	1388	87	1054	137	653	167	605	127	674	167	605	
8	1495	40	1360	88	1051	138	643	168	600	128	667	168	603	
9	1492	40	1332	89	1048	139	633	169	595	129	660	169	601	
10	1489	40	1304	90	1045	140	623	170	590	130	653	170	599	
11	1486	40	1276	91	1042	141	613	171	585	131	646	171	597	
12	1483	40	1248	92	1039	142	603	172	580	132	639	172	595	
13	1480	40	1220	93	1036	143	593	173	575	133	632	173	593	
14	1477	40	1192	94	1033	144	583	174	570	134	625	174	591	
15	1474	40	1164	95	1030	145	573	175	565	135	618	175	589	
16	1471	40	1136	96	1027	146	563	176	560	136	611	176	587	
17	1468	40	1108	97	1024	147	553	177	555	137	604	177	585	
18	1465	40	1080	98	1021	148	543	178	550	138	597	178	583	
19	1462	40	1052	99	1018	149	533	179	545	139	590	179	581	
20	1459	40	1024	100	1015	150	523	180	540	140	583	180	579	
21	1456	40	996	101	1012	151	513	181	535	141	576	181	577	
22	1453	40	968	102	1009	152	503	182	530	142	569	182	575	
23	1450	40	940	103	1006	153	493	183	525	143	562	183	573	
24	1447	40	912	104	1003	154	483	184	520	144	555	184	571	
25	1444	40	884	105	1000	155	473	185	515	145	548	185	569	
26	1441	40	856	106	997	156	463	186	510	146	541	186	567	
27	1438	40	828	107	994	157	453	187	505	147	534	187	565	
28	1435	40	800	108	991	158	443	188	500	148	527	188	563	
29	1432	40	772	109	988	159	433	189	495	149	520	189	561	
30	1429	40	744	110	985	160	423	190	490	150	513	190	559	
31	1426	40	716	111	982	161	413	191	485	151	506	191	557	
32	1423	40	688	112	979	162	403	192	480	152	499	192	555	
33	1420	40	660	113	976	163	393	193	475	153	492	193	553	
34	1417	40	632	114	973	164	383	194	470	154	485	194	551	
35	1414	40	604	115	970	165	373	195	465	155	478	195	549	
36	1411	40	576	116	967	166	363	196	460	156	471	196	547	
37	1408	40	548	117	964	167	353	197	455	157	464	197	545	
38	1405	40	520	118	961	168	343	198	450	158	457	198	543	
39	1402	40	492	119	958	169	333	199	445	159	450	199	541	
40	1399	40	464	120	955	170	323	200	440	160	443	200	539	

5.2 DISEÑO DE CONEXIONES

5.2.1 DISEÑO DE CONEXIONES EN BARRAS.

Dado que la estructura propuesta, es una armadura, requiere conexiones "en los lugares donde los diversos miembros se deben unir por sus extremos a otros miembros de manera que permitan que la carga siga su flujo ordenado y continuo hasta llegar a los cimientos" (Bowles, 1984).

En base a la geometría de la estructura propuesta, se obtuvieron 5 tipos de ángulos entre barras, las cuales presentan las siguientes características que se muestran en el siguiente cuadro:

ANGULO	TIPO
70.73°	1
60.71°	2
56.63°	3
76.61°	4
58.58°	5

Teniendo en cuenta los diferentes ángulos, se resolvieron las conexiones utilizando placas calibre 16 de espesor, para traslape soldadas a las secciones tubulares, con una ranura central, para fijarse con tornillos, como se indica en la figura 5.2.

El diámetro del tornillo se obtiene, a partir de la información generada en el análisis estructural, considerando la resultante de las fuerzas que se presentan en el nudo 15: $F_x = -33$ kg $F_y = 37$ kg, $F_z = -1218$ kg.

$$R = (F_x^2 + F_y^2 + F_z^2)^{1/2} = 1219 \text{ kg}$$

El esfuerzo permisible a cortante para tornillos A-490 es igual $F_v = 1480$ kg/cm².*

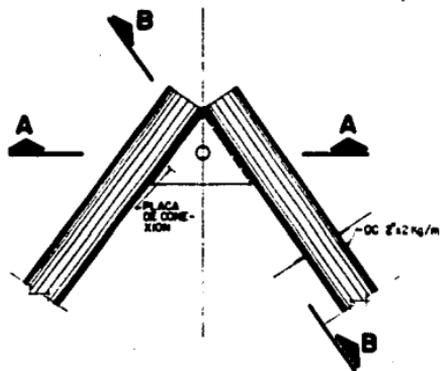
Por lo tanto el diámetro del tornillo será:

$$F_v = R/A \quad A = R/F_v \quad \phi = (4R/\pi F_v)^{1/2}$$

$$\phi = ((4 * 1219) / (\pi * 1480))^{1/2} = 1.024 \text{ cm}$$

$$\phi = 1/2"$$

* IMCA Manual de Construcción en Acero tomo 1, pag. 163. Editorial Limusa, México 1987.



CONEXION ENTRE BARRAS
(TIPO)



CORTE A-A



CORTE B-B

FIG. 52

5.3 DISEÑO DE CONEXIONES ESTRUCTURA-CIMENTACION

La unión de la estructura con la cimentación será mediante placas de acero de 200 por 200 mm. de longitud por 15.9 mm. de espesor, colocadas sobre cada una de las zapatas y fijadas por anclas, como se muestra en la figura 5.3.

Para el diseño de esta conexión se consideran las fuerzas del análisis estructural; teniendo siempre presente que el diseño será en el apoyo donde se presentan las acciones más desfavorables, y que corresponden al nodo 33 cuyos valores se muestran en el siguiente cuadro:

Nodo	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	$(F_x^2 + F_y^2)^{1/2}$ (kg)
32	- 1437	- 18	3445	1437.0
33	- 510	- 1369	3523	1461.0
34	- 392	- 1360	3407	1415.0
35	1130	- 914	3511	1451.0
36	1144	- 826	3376	1411.0
37	1202	802	3483	1465.0
38	1135	848	3398	1412.0
39	- 404	1378	3455	1436.0
40	- 481	1353	3453	1436.0
41	- 1434	- 75	3468	1436.0

Diseño de anclas por tensión

Anclas de acero A-36 "Redondo sólido liso" (os)*, con esfuerzo de fluencia $f_s = 2530 \text{ kg/cm}^2$

$$0.6f_s = F_z/A \quad A = F_z/0.6f_s = 3523/1518 = 2.33 \text{ cm}^2$$

Donde:

F_z = fuerza actuante.

$0.6f_s$ = esfuerzo permisible a tensión.

A = área requerida de anclas.

Diseño de anclas por cortante

$$0.45f_s = v/A \quad A = v/0.45f_s = 1461/1012 = 1.45 \text{ cm}^2$$

$v = (F_x^2 + F_y^2)^{1/2}$ = fuerza cortante actuante.

$0.45f_s$ = esfuerzo permisible a cortante.

A = área requerida de anclas.

* Manual de Construcción en Acero "INCA"
Tomo I Editorial Limusa
México 1987.

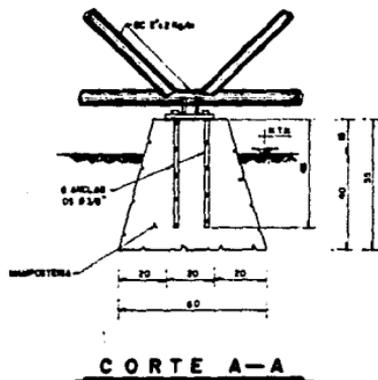
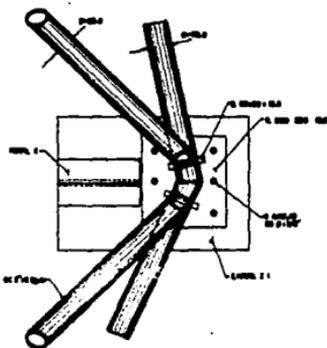


FIG. 5.3



El área máxima requerida para resistir la fuerza de tensión es de 2.33 cm²; por lo tanto se proponen 4 anclas de 3/8" de diámetro, cuya área por ancla es de 0.713 cm², las cuales aportan una área total de 2.852 cm², siendo mayor que la requerida.

Las anclas quedarán ahogadas en la zapata, una longitud de 40 cm.

5.4 DISEÑO DE LA CIMENTACION

La cimentación técnicamente está formada en base a zapatas aisladas, ya que la capacidad de carga del terreno es muy alta por tratarse de rocas ígneas andesíticas -estas rocas son de estructura porfirítica, sumamente compactas-.

Por la forma constructiva de la geodésica se necesita por lo menos de diez apoyos -número de apoyos propuestos para el cálculo -distribuidos en forma radial, los cuales reparten la carga de una manera más o menos uniforme.

La cimentación formada por 11 zapatas aisladas hechas de mampostería como se muestra en la figura 5.4; una colocada al centro del área delimitada por las otras. Cada zapata, menos la central, recibe uno de los nodos perimetrales de la estructura geodésica y un extremo de la viga canal que se propone para darle rigidez a la estructura del piso. La zapata central recibe únicamente un extremo de cada una de las vigas del piso.

5.4.1 CALCULO DE ZAPATAS

a) zapatas perimetrales.- Para el diseño de las zapatas perimetrales se consideró las tres fuerzas resultantes del análisis de la estructura. F_x e F_y son fuerzas horizontales, F_z es una fuerza vertical, por tal motivo es necesario considerar el valor de F_z como la suma de F_z más la reacción debida a la estructura de piso cuyo valor es de 591 kg.

Los nodos correspondientes a las zapatas perimetrales son del nodo 32 al 41 y los valores correspondientes a las fuerzas actuantes en ellos se pueden observar en el siguiente cuadro:

NODO	Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Fz + 591 (kg)	(Fx ² + Fy ²) ^{1/2} (kg)
32	- 1437	- 18	3465	4036	1437
33	- 510	- 1369	3523	4114	1461*
34	- 392	- 1360	3407	3998	1415
35	1130	- 914	3511	4102	1451
36	1144	- 826	3376	3967	1411
37	1202	802	3483	4074	1445
38	1135	848	3398	3989	1417
39	- 404	1378	3455	4046	1436
40	- 481	1353	3453	4044	1436
41	- 1434	75	3468	4059	1436

Se debe recordar que las fuerzas más importantes se generan principalmente por acciones accidentales, y estas fuerzas son accidentales tanto en magnitud como en sentido, por lo que en cualquiera de los apoyos se puede llegar a presentar el valor máximo. En este mismo sentido los ejes X e Y pueden llegar a variar de acuerdo a la dirección del viento, por lo que el máximo valor se puede presentar prácticamente en cualquier dirección en el plano XY.

Los valores de diseño según estas consideraciones son las que actúan en el nodo 33. Siendo Fxy la máxima resultante de las combinaciones de las Fx y las Fy.

$$F_{xy} = 1461 \text{ kg}$$

$$F_z = 4144 \text{ kg}$$

b) Zapata central.- En el diseño de la zapata central, únicamente se considera la reacción debida a las cargas del piso; dado que en esta zapata se apoyan las diez vigas que soportan el sistema de piso, la fuerza que corresponde a este punto es de 5910 kg.

5.4.2. DISEÑO DE ZAPATAS.

5.4.2.1. Especificaciones para diseño de cimentaciones de mampostería, de piedras naturales.

Las piedras que se emplean en elementos estructurales deberán satisfacer los requisitos siguientes:

Resistencia mínima a compresión en dirección normal a los planos de formación 150 kg/cm².

Resistencia mínima a compresión en dirección paralela a los planos de formación 100 kg/cm².

Las piedras no necesitan ser labradas pero se evitará en lo posible el empleo de piedras de forma redonda y de cantos rodados. Por lo menos el 70% del volumen del elemento estará constituido por piedras con un peso mínimo de 30 kg cada uno.

Los morteros que se emplean para mampostería de piedras naturales deberán cumplir con los siguientes requisitos:

La relación volumétrica entre la arena y la suma de cementantes se encontrará entre 2.25 y 5.

La resistencia mínima en compresión será de 15 kg/cm².

Esfuerzos resistentes de diseño. Los esfuerzos resistentes de diseño en compresión f^*m , y en cortante, v^* , se tomarán como sigue:

Mampostería unida con mortero de resistencia en compresión no menor que 50 kg/cm².

$$f^*m = 20 \text{ kg/cm}^2 \quad v^* = 0.60 \text{ kg/cm}^2$$

Mampostería unida con mortero de resistencia en compresión menor que 50 kg/cm².

$$f^*m = 15 \text{ kg/cm}^2 \quad v^* = 0.40 \text{ kg/cm}^2$$

5.4.2.1.1).- Fuerzas de diseño:

Zapatas perimétrales	$F_{xy} = 1461 \text{ kg.}$
	$F_z = 4144 \text{ kg.}$
Zapata central	$F_z = 5910 \text{ kg.}$

5.4.2.2).- Diseño de zapata perimetral.

El diseño de las zapatas será por fuerza cortante y compresión, y dado que el material utilizado es mampostería unida con mortero no menor de 50 kg/cm^2 , por lo tanto, según las NTCDF-87, los esfuerzos resistentes de diseño en compresión $f^*m = 20 \text{ kg/cm}^2$ y en cortante $v^* = 0.60 \text{ kg/cm}^2$.

a) Diseño por cortante.

$$v^* = F_{xy}/A \quad A = F_{xy}/v^* \quad A = 1.1 \cdot 1461 / 0.60 = 2679 \text{ cm}^2$$

Donde :

v^* = esfuerzo cortante resistente

F_{xy} = fuerza actuante

A = área requerida de zapata

1.1 = factor de carga por viento

b) Diseño por compresión.

$$f^* = F_z/A \quad A = F_z/f^* = 1.1 \cdot 4144/20 = 228 \text{ cm}^2$$

Donde:

f^* = esfuerzo resistente en compresión.

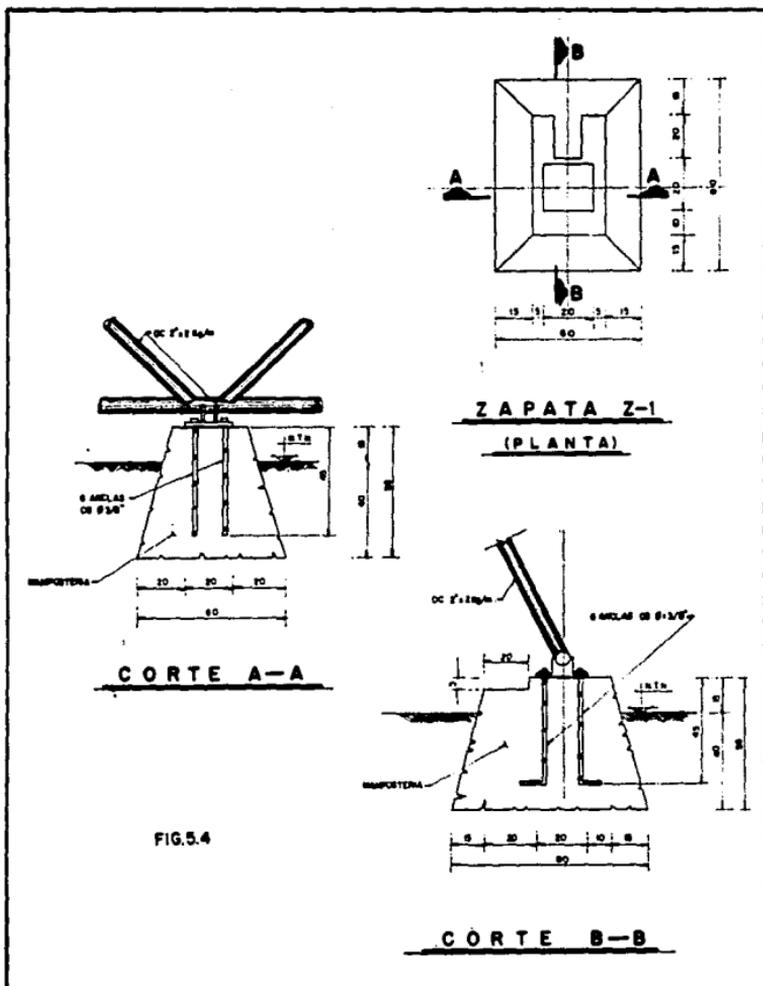
F_z = fuerza actuante.

A = área requerida de zapata.

1.1 = factor de carga por viento.

Según estos resultados el área teórica requerida por zapata es de 2679 cm^2 , lo que indica que los esfuerzos cortantes son los que rigen el diseño de la zapata.

Las dimensiones propuestas para las zapatas perimétrales se muestran con detalle en la figura 5.4.



5.6.2.3) Diseño de zapata central.

El diseño de la zapata central únicamente es por compresión.

a) Diseño por compresión.

$$f^*m = Fz/A \quad A = Fz/f^*m \quad A = 1.4 * 5910/20 = 414 \text{ cm}^2$$

Donde:

- f^*m = esfuerzo resistente en compresión.
- Fz = fuerza actuante.
- A = área requerida de zapata.
- 1.4 = factor de carga gravitacional.

Según estos resultados el área teórica requerida para la zapata central es de 414 cm².

Las dimensiones propuestas para la zapata central se muestran con detalle en la figura 5.5.

6 MATERIALES DE RECUBRIMIENTO

Dado que la zona donde se propone la construcción de la estructura plantea condiciones climáticas adversas -bajas temperaturas, humedad, viento-, el material de recubrimiento debe ser tal que su principal característica sea la de conservar el calor en el interior, con el objeto de mantener una temperatura que permita la habitabilidad de la construcción. Además de esta condición debe cumplir con otras dos, la ligereza y la resistencia al mal uso.

Para cumplir estas condiciones se considera utilizar un material de recubrimiento llamado Multipanel, ya que cumple con los objetivos mencionados; además el acrílico a fin de proporcionar iluminación y contrarrestar la falta de claridad, al mismo tiempo que conserva el calor interior.

6.1 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

6.1.1 Generalidades:

El multipanel es un sistema constructivo a base de módulos prefabricados de acero galvanizado y prepintado (pintor), unidos mediante un núcleo de espuma rígida de poliuretano.

Se producen en forma de paneles tipo "sandwich"; cuyo núcleo es de poliuretano y las dos cubiertas son láminas de acero galvanizado y pintado roladas en frío, con un diseño de junta del tipo hembra y macho.

Se fabrican en una variedad de colores y presenta dos tipos de acabados:

acabado estandar

arena
rojo óxido

acabados especiales

blanco
café
azul

El utilizar multipanel proporciona las siguientes ventajas:

- | | |
|---|--------------------------------------|
| - fijación oculta | - aislamiento térmico |
| - ligereza y resistencia | - facilidad y rapidez de instalación |
| - posibilidad de ampliaciones y remodelaciones | - bajo costo de cimentación |
| - adaptaciones a cualquier sistema constructivo | - durabilidad |
| - poco mantenimiento | - diversos acabados |

Las características y propiedades principales de los componentes son:

ESPUMA RIGIDA DE POLIURETANO

Densidad media	40 kg/m con una estructura de 80 a 85% de celdas cerradas.
Longitud	1.50 a 10:50 m.
Autoextinguible	Plástico celular con inclusión de un retardante contra el fuego.

Conductividad térmica	$K = 0.132 \text{ BTU'S pulgada/(Hr) (pie}^2\text{)(}^\circ\text{F)}$ a una temperatura de 75°F (24°C).
Absorción de agua	0.03 lb/pie^2 ó 0.0014 kg/dm^2
Transmisión de vapor de agua	2.0 perms (promedio)
Resistencia a la difusión (vapor de agua)	Plástico celular que forma una película compacta que dificulta la penetración de vapor de agua.
Estabilidad dimensional	10% vol (máx.) a 70°C y 100% H.R. 5% vol (máx.) a 70°C y H.R. ambiente
Resistencia a la intemperie.	Resistente a la influencias atmosféricas (la luz solar y la lluvia producen únicamente una alteración de color de la superficie expuesta tornándose ésta ligeramente quebradiza).
Resistencia a los productos químicos	Resistente a ambientes húmedos y petroquímicos, a vapores de ácidos y solventes.
Temperaturas de servicio	Mínima - 25°C Máxima 80°C
Propiedades mecánicas	Esfuerzo de compresión igual a 1.0 kg/cm^2 . Esfuerzo de tensión igual a 1.4 kg/cm^2 .

LAMINA DE ACERO GALVANIZADO

Espesor	0.020" equivalente a calibre 26.
Calidad	Acero comercial SAE 1010 con bajo contenido de carbon obtenido por el proceso de laminación en frío.
Propiedades mecánicas	Acero grado "A" con límite de fluencia mínima de 33000 psi.

Galvanizado Recubrimiento de zinc por proceso de inmersión en caliente, para conseguir una capa tipo G-90, equivalente a 0.9 oz/pie² en ambas caras.

Pintura de acabado Es aplicado sobre una base o primer - epoxi (horneado) para recibir posteriormente el revestimiento acabado tipo poliéster a un espesor de 0.8 milésimas y ser sometido a un tratamiento de secado en horno.

El sistema constructivo multipanel tiene entre otros sistemas los módulos "RL-80" para techos y muros y "HM" para muros y cancelles que se caracterizan por el sistema de unión "machihembrado" que permite facilidad y rapidez de instalación.

En base a todas las características mencionadas, el sistema multipanel se ha utilizado en campamentos, dormitorios, tiendas, casas habitación, oficinas, hoteles, escuelas etc., así como en muros y fachadas. Pero debido principalmente a la capacidad de aislamiento que tiene la espuma rígida de poliuretano se propone utilizar para el albergue de alta montaña, los módulos "RL-80" para la cubierta de la estructura y el módulo "HM-90" para el sistema de piso.

6.1.2 ESPECIFICACIONES DEL MODULO "RL-80"

El panel RL-80 son paneles totalmente acabados y listos para su instalación, son distribuidos en longitudes variables según se requiera.

Se presenta bajo dos categorías de espesor, cuyas especificaciones son:

CATEGORIA	ESPESOR	PESO PROPIO DEL PANEL (kg/cm ²)
estandar	1" (2.54 cm)	9.84
	1 1/2" (3.81 cm)	10.35
	2" (5.08 cm)	10.85
especial	2 1/2" (6.35 cm)	11.36
	4" (10.16 cm)	13.38

Ancho efectivo de 80 cm.

El sistema "RL-80" ha sido aprobado para cubiertas bajo efectos de succión y o presión de viento, conforme a la norma UI-580, con las especificaciones siguientes:

espesor del panel	aprobación obtenida	efecto de succión (equivalente)	
		PSF	kg/m ²
1 1/2"	clase 60	60 (clase 60)	293
2" o mayor	clase 90	90 (clase 90)	440

Los módulos RL-80 son considerados autoextinguibles por su comportamiento evaluados sobre muestras de espesor nominal mínimo de 1 1/2" para determinar el nivel de riesgo para materiales de construcción en caso de incendio, con los resultados siguientes:

Esparcimiento de llama	10
Contribución a la combustión	10
Humos generados	285

De acuerdo con estos resultados el multipanel "RL-80" ha sido clasificado en clase "A" (esparcimiento de llama igual o menor de 25), correspondiendo al nivel menor en caso de incendio.

Para el manejo práctico del módulo "RL-80" se presenta a continuación información técnica en la siguiente tabla:

PANEL RL-80		DISTANCIA ENTRE APOYOS (Mts.)											
ESPESOR DEL PANEL	DEFLEXION MAXIMA PERMITIDA	SOPORTE SIMPLE O DOS CLAVOS					SOPORTE CONTINUO, TRES O MAS CLAVOS						
		2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50
1"	L/180	101	85	37				155	99	57			
	L/240	73	48	30				112	75	46			
1 1/2"	L/180	149	84	66	48			228	144	101	70		
	L/240	111	70	50	35			170	107	77	54		
2"	L/180		124	88	64	46		190	150	98	70		
	L/240		88	75	49	34		138	115	78	52		
2 1/2"	L/180			131	82	60	54		200	141	104	83	
	L/240			103	71	44	41		158	109	87	63	
4"	L/180			258	233	208	183		385	356	318	280	
	L/240			204	170	136	102		312	260	208	158	

6.1.3 ESPECIFICACIONES DEL MODULO " RL-90 "

El p nel " HM-90 " son p neles totalmente acabados listos para su instalación; tiene un ancho efectivo de 90 cm y una longitud máxima de 10.50 m. se presenta bajo dos categorías de espesor:

CATEGORIA	ESPESOR	PESO PROPIO DEL PANEL (kg/m ²)
estandar	1 1/2" (3.81 cm)	11.73
	2" (5.08 cm)	12.23
especial	2 1/2" (6.35 cm)	12.74
	4" (10.16 cm)	14.27

Para el manejo práctico del modulo " RL-90 " se presenta información técnica en la siguiente tabla:

TABLA DE CAPACIDAD DE CARGA VIVA UNIFORME PARA EL PANEL HM-90 (Kg/m ²)																
ESPESOR DEL PANEL (en pulgadas)	DEFLEXION MAXIMA PERMISIVA	DISTANCIA ENTRE APOYOS (Mts)														
		APOYO SIMPLE					APOYO DOBLE					APOYO TRIPLE				
		2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50
1 1/2"	L/180	103	70	48	38	28	293	188	130	96	73	563	386	234	183	115
	L/120	155	105	74	53	40	293	188	130	96	73	563	386	234	183	120
2"	L/180	150	105	78	56	43	402	257	179	131	100	781	502	321	223	164
	L/120	225	157	114	85	64	402	257	179	131	100	781	502	321	223	164
2 1/2"	L/180	197	141	104	79	61	511	327	227	167	128	960	638	408	284	208
	L/120	296	212	157	118	91	511	327	227	167	128	960	638	408	284	208
4"	L/180	343	255	195	153	121	838	536	372	274	209	1555	1047	670	465	342
	L/120	515	382	293	229	182	838	536	372	274	209	1555	1047	670	465	342

6.1.4 CARACTERISTICAS DE ACRILICO.

Se propone utilizar un laminado de marca "Acrylit" el cual es translucido, fabricado en sistema continuo a base de resina 100 % acrilica y refuerzo de fibra de vidrio, tiene color cristal y presenta un acabado rugoso por la cara externa y liso en la parte interna. Puede surtirse en rollos de una sola pieza hasta de 50 m² o en laminas independientes en medidas estandar. Ofrece buena resistencia mecanica y adecuada capacidad hidraulica.

Las características que los hacen apropiado para su uso en el albergue de alta montaña son:

- Altamente resistente a los efectos de la luz solar y al ataque de los elementos de la intemperie.
- Permite conservar la transmisión de luz en forma homogénea.
- Ayuda a conservar las temperatura interiores.
- Conserva intacta sus propiedades físicas y mecánicas aun cuando esté sujeta a cambios bruscos y repentinos de temperatura o condiciones ambientales.
- Es adaptable a cualquier tipo de estructura, es fácil de manejar e instalar, es muy ligero pero resistente y requiere un mantenimiento mínimo de limpieza.
- Tiene una luminosidad de 80 a 85 %.
- Un espesor de 1.1 mm.
- Peso de 1500 gr/m².

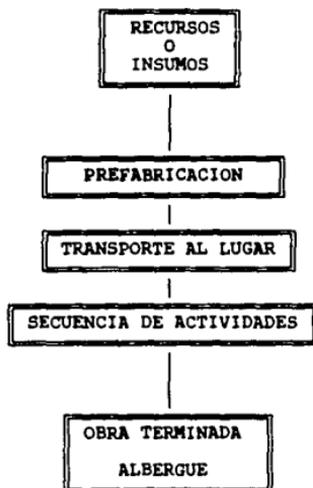
6.2 RESOLUCION CONSTRUCTIVA DE JUNTAS.

El diseño de la tapajunta del panel " RL-80 " (fabricado en lamina pintro calibre 26), asegura la hermeticidad de las juntas longitudinales impidiendo toda posibilidad de filtración.

7 PROCESO CONSTRUCTIVO

El proceso constructivo es el conjunto de actividades sucesivas y ordenadas que nos permiten, transformando los recursos, llevar a cabo la realización de una obra.

La combinación y transformación de los recursos a través de ciertos procesos, para obtener una obra completamente terminada constituye el proceso constructivo. Por lo tanto se puede representar "esquemáticamente la construcción como uno o varios procesos de transformación, con una entrada, los recursos y una salida: la obra terminada."



El proceso constructivo de una estructura como la que estamos planteando es diferente en la forma a la generalidad de las construcciones, aunque la base esencial siga siendo la misma.

La diferencia principal radica en el hecho de que los elementos de la estructura requieren ser fabricados en taller, y no en el lugar donde finalmente se desplantará; lo anterior da pie a que puede haber una preconstrucción, es decir la estructura se puede armar completamente en el taller, corrigiéndose toda clase de anomalías que se pudieran haber cometido en la fabricación.

El procedimiento constructivo está basado en dos partes principales, el procedimiento de la prefabricación de las piezas y el armado propiamente dicho de la estructura. La prefabricación de las piezas ha quedado dividido a su vez en:

- * Fabricación de barras.
- * Fabricación de paneles de revestimiento de la estructura.
- * Fabricación de la estructura del piso.

El armado de la estructura se dividió en:

- * Construcción del basamento de la estructura.
- * Armado de la estructura del piso.
- * Ensamble de barras.
- * Colocación de paneles de revestimiento.

Antes del armado de la estructura en el lugar de la obra se ha pensado en la conveniencia de hacer un armado de prueba en el lugar donde se fabrican las piezas, el objeto de esto es, en primer lugar, minimizar los imprevistos que puedan ocurrir al llegar el momento del armado en el lugar de la obra, donde difícilmente se podrían llegar a hacer correcciones adecuadas; la segunda cuestión al pensar en el prearmado es la capacitación de la mano de obra que hará el armado final, en un lugar donde seguramente las condiciones para efectuarlo serán más rigurosas.

El prearmado está dividido en:

- * Armado de la estructura del piso.
- * Ensamble de barras.
- * Colocación de panel de revestimiento.
- * Desarmado de los paneles de revestimiento.
- * Desensamble de barras.
- * Desarmado de la estructura del piso

En cada una de las actividades anteriores es posible que se tengan que hacer correcciones, por lo que hay cierta incertidumbre en cuanto al costo y el tiempo que podrían necesitarse para llevarse a cabo.

Para describir las actividades de la manera más objetiva y clara posible, hemos utilizado el siguiente formato:

CLAVE: Esta consta de dos partes, una letra y un número; La letra se utilizó para tratar de agrupar actividades afines. El número es una serie ascendente y sirve para diferenciar una actividad de otra dentro de una misma clasificación.

ACTIVIDAD: Nombre que le asignamos a cada trabajo por desarrollar.

TIEMPO ESTIMADO: Es el tiempo aproximado en que deberá realizarse cada actividad, el cual se manejó en días de 8 horas y semanas de 45 hrs. Este dato se obtuvo a partir de los rendimientos de la mano de obra y se abarca de una manera más detallada en el capítulo de análisis de costos; el tiempo estimado es el dato principal para formar la "Ruta Crítica".

COSTO: Es el valor monetario aproximado de cada actividad considerando mano de obra, materiales y equipo por concepto de obra. El detalle de la obtención de los costos se describe en el siguiente capítulo en una forma desglosada, sin tomar en consideración los gastos indirectos.

DESCRIPCION: En este renglón tratamos de hacer una descripción detallada de cada una de las actividades del procedimiento constructivo, mediante figuras o croquis.

Antes de abordar cada actividad por separado se ha hecho una descripción general por grupos de actividades afines, con el propósito de irnos introduciendo gradualmente en cada actividad.

7.1 PREFABRICACION

Este tipo de construcciones requieren ser prefabricadas, ya que no es posible tener a la mano, en el lugar donde eventualmente será utilizada, el equipo o maquinaria necesarios para construirlas. En este caso se considera que las condiciones climáticas son también una restricción importante.

Es posible llevar el equipo e insumos necesarios al lugar de la obra, sin embargo los costos lo hacen prohibitivo, por la poca cantidad de obra que representa.

Una de las principales características de la prefabricación es la de que las dimensiones de los elementos sean controladas milimétricamente, con lo que se asegura su correcto montaje. Para el sistema de unión que estamos proponiendo la exactitud es sumamente importante, ya que pequeñas fallas repetidas aleatoriamente harían imposible el ensamble de las barras. Por lo anterior la prefabricación de los elementos presupone la manufactura en un taller de soldadura eléctrica, donde el control de calidad sea bueno.

La prefabricación de los elementos de la estructura quedo dividida básicamente en los siguientes conceptos:

- BARRAS
- CUBIERTA
- PISO

Los cuales se explican a continuación:

LISTA DE ACTIVIDADES

DIVISION: BARRAS

EXPLICACION GENERAL: Las barras son elementos de sección tubular cuyo diámetro exterior es de 50.8 mm -2 pulgadas- para todos los casos; variando el diámetro interior según los resultados del análisis estructural; se escogieron dos tipos de espesores, el que da el calibre 16 y el del calibre 14. Las barras llevan soldadas en cada uno de sus extremos dos placas-conector, los cuales deben mantener su separación milimétricamente exacta con el objeto de que el armado de las barras coincida. Para mantener constante esta separación se utiliza un escantillón.

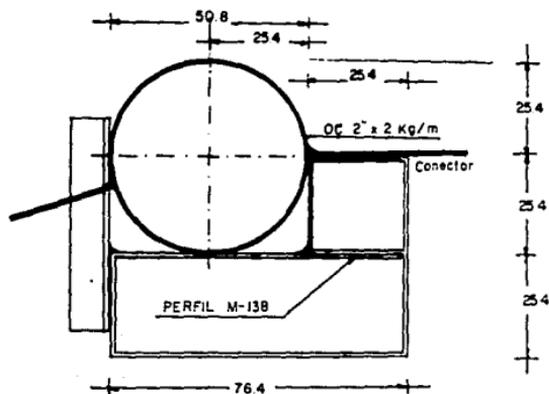
Cada una de las barras ya soldadas deben ser pintadas para su protección contra la corrosión provocada por la humedad del ambiente. Para ello es necesario aplicar una pintura base especial anticorrosiva; el producto en cuestión se llama cromato de zinc, y es altamente recomendado por sus características de protección. Por encima de la base anticorrosiva se le aplica esmalte acrílico para su total protección y acabado final. La pintura de las barras se deberá hacer por "inmersión", es decir una vez que la barra esta completamente terminada -soldados todos los conectores y escorreada- se procede a sumergirlas en un recipiente que contiene el primario o la pintura, según sea el caso, de esta manera se logra que las barras queden perfectamente pintada por dentro y por fuera.

CLAVE: A-00
ACTIVIDAD: FABRICACION DE ESCANTILLONES.
TIEMPO ESTIMADO: 1.5 JORNADAS
COSTO: 309,140.00

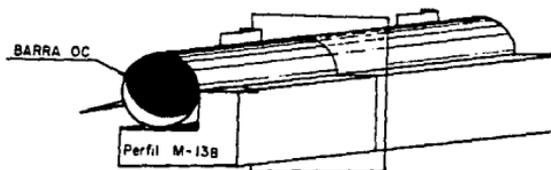
DESCRIPCION: El escantillón está formado por un perfil en forma de "L", denominado M-138 de Prolamsa -figura 7.1.-. En el cual se descansará cada barra como se muestra.

Adosada a uno de los extremos de este perfil va soldada una placa triangular, de preferencia un conector, cuidando que quede coplanar a la cara interior más ancha del perfil; a su vez en este conector-placa se solda un perno al orificio original del conector. Adicionalmente el escantillón lleva una barra a manera de tope para que una vez soldado el primer conector se gire la barra hasta llegar al tope, donde se ubicará el siguiente conector. Estos topes definen el ángulo entre conectores, que es el mismo que el ángulo entre barras.

Este escantillón deberá hacerse con sumo cuidado, comprobando todas las medidas antes de soldarse las partes y ya soldadas, para evitar cualquier tipo de error. La experiencia en este tipo de escantillones indica que es muy delicada esta actividad al parecer tan sencilla, ya que la soldadura "jala" las placas, por las contracciones y expansiones debidas a la acción del calor sobre los materiales.



CORTE DE ESCANTILLON



ISOMETRICO DE ESCANTILLON.

FIG. 7.1

CLAVE: A-01
ACTIVIDAD: SUMINISTRO Y MAQUILA DE CONECTORES.
TIEMPO ESTIMADO: 5 JORNADAS
COSTO: 386,498.00

DESCRIPCION: Los conectores son pequeñas placas triangulares del mismo calibre de la barra a la que van a ser soldadas, con el fin de estandarizar estos, todos se deberán de hacer en calibre 16. Sus dimensiones dependen del lugar donde van a ser colocados.

El corte de estas pequeñas placas requiere el uso de cortadoras especiales, por el gran número que se requieren (10 x 2 + 95 x 4 = 400 aprox.), es por esto que este trabajo, así como el suministro se encarga o se subcontrata a un laminador, al cual se le indican las dimensiones y geometría. Los conectores se mandan maquilar en los comercios que cortan lámina, donde se cortan en ángulos precisos e incluso se perforan.

CLAVE: A-02
ACTIVIDAD: SUMINISTRO DE TUBO DE 2".
TIEMPO ESTIMADO: 5 JORNADAS
COSTO: 252,286.00

DESCRIPCION: El suministro de las barras se pide a una ferreteria especializada en tubo comercial, indicándose las dimensiones y características de las barras. El siguiente cuadro muestra los diferentes tipos de barras que se necesitan con su respectiva longitud según las clasificamos.

Nom	Long	Núm	Cal
B 1	= 1216 mm	30	16
B 2a	= 1408 mm	30	16
B 2b	= 1408 mm	10	14
B 3	= 1439 mm	30	16
B 4	= 2816 mm	5	16

Los calibres que se proponen son "comerciales" y se surten en longitudes aproximadas de 6.4 m, debiéndose pedir ya cortados, con una exactitud de 1 mm, según la tabla anterior. El desglose de materiales es el siguiente:

Tramos	Cal	Longitud	Núm barras	Sobrante
3	14	1.408 m	12	3 / 0.75 m
6	16	1.216	30	6 / 0.32
8	16	1.408	32	8 / 0.75
8	16	1.439	32	8 / 0.63
3	16	2.816	6	3 / 0.75

CLAVE: A-03
ACTIVIDAD: FABRICACION DE BARRAS.
TIEMPO ESTIMADO: 5 días
COSTO: 660,472.00

DESCRIPCION: A todas las barras se les soldan 2 conectores en cada uno de sus extremos, utilizando la ayuda de los escantillones, cuidando que las contracciones debidas al calor de la soldadura no desplacen al conector de su posición. Se soldan primero los dos conectores de un extremo y luego los del otro. A continuación se "escorea" la soldadura, es decir se le dan pequeños golpes con el fin de quitar las costras que deja el recubrimiento de la soldadura.

CLAVE: A-04
ACTIVIDAD: PINTURA Y ACABADO FINAL DE BARRAS
TIEMPO ESTIMADO: 3 JORNADAS
COSTO: 259,951.00

DESCRIPCION: Casi cualquier recipiente plástico de dimensiones mayores a la barra sirve como cubeta de inmersión, pero es conveniente que la inmersión se haga en sentido vertical y no en el horizontal.

La barra se sujeta de uno de sus extremos y se introduce en el recipiente donde se ha vertido con anterioridad la base anticorrosiva. Unos cuantos segundos son suficientes para que la barra quede totalmente pintada; a continuación se cuelga la barra en un "tendedero" donde deberá secarse. El tiempo de secado depende de la temperatura ambiente y de la mezcla tinher-primer que se haya hecho.

El mismo procedimiento que se utiliza para aplicar la base anticorrosiva es la que se usa para el pintado final, siendo la única diferencia el tiempo que se debe dejar secar la pintura -más de 24 hrs.- para que quede firmemente adherida al metal de la barra.

DIVISION: CUBIERTA

EXPLICACION GENERAL: La cubierta de la estructura es la que le da su caracter de habitable. Esta cubierta está formada por paneles pentagonales u octogonales de acuerdo al entramado que se forma con el armado de las barras. Como ya mencionamos esta cubierta debe cumplir con ciertas características, siendo la principal el que sea lo más adiabática posible. La cubierta está formada de una doble capa de lámina, entre las cuales se coloca un corazón de espuma de poliuretano

rígida. El nombre comercial de este material es multipanel, sin embargo por las diferencias en la forma, pentágonos y exágonos necesarios para el proyecto contra placas rectangulares -forma comercial del producto- y por su alto costo de venta es más conveniente manufacturar un material similar con la forma específica de que requerimos.

Según el armado de las barras se pueden apreciar cinco hexágonos y seis pentágonos, y en la parte baja cinco medios hexágonos. Uno de los pentágonos se usará como entrada, y la parte superiores de los demás -excepto el superior- tendrán una parte de acrílico para que se pueda iluminar el interior del albergue, estas aberturas serán de acrílico, formando una doble capa.

CLAVE: B-00
ACTIVIDAD: FABRICACION DE LOS PANELES EXAGONALES
TIEMPO ESTIMADO: 7.5 JORNADAS
COSTO: 3'154,240.00

DESCRIPCION: Los paneles hexagonales se forman en realidad por dos partes, una superior y otra inferior, quedando cada parte como un trapecio, el empalme entre estas láminas se hace sobreponiendo la superior a la inferior. Esta división de los hexágonos es por las dimensiones que tienen los hexágonos originales.

Los paneles interiores se atienen a la misma consideración únicamente se les resta un centímetro por lado, siendo sus medidas: 142.9 cm. para dos de sus lados y 139.8 para el otro.

El número de paneles exteriores e interiores es de 40. Se utilizará lámina calibre 16 al igual que el multipanel.

Estos trapecios tienen marcados los triángulos que la forman, con pequeños dobleces para adquirir la forma general de la geodésica. Una vez marcados los triángulos se procede a hacerles las perforaciones que ubicarán los remaches en su posición final.

CLAVE: B-01
ACTIVIDAD: FABRICACION DE PANELES PENTAGONALES
TIEMPO ESTIMADO: 2 JORNADAS
COSTO: 1'157,022.00

DESCRIPCION: Los paneles exteriores que forman los pentágonos tienen las siguientes medidas: dos lados de 121.6 cm y uno de 140.8 cm, los paneles interiores tienen estas medidas: dos lados de 120.6 cm y uno de 139.8 cm.

El número de paneles exteriores e interiores es de 30.

Los barrenos se hacen de acuerdo al croquis anterior. A continuación se pintan por los dos lados las placas, para esto se utiliza pistola de aire. El tratamiento de la pintura es igual al de las barras, primero se le da una capa base de cromato de zinc y después la pintura acrílica.

CLAVE: B-02
ACTIVIDAD: FABRICACION DE PANELES DE ACRILICO
TIEMPO ESTIMADO: 6 JORNADAS
COSTO: 2'430,162.00

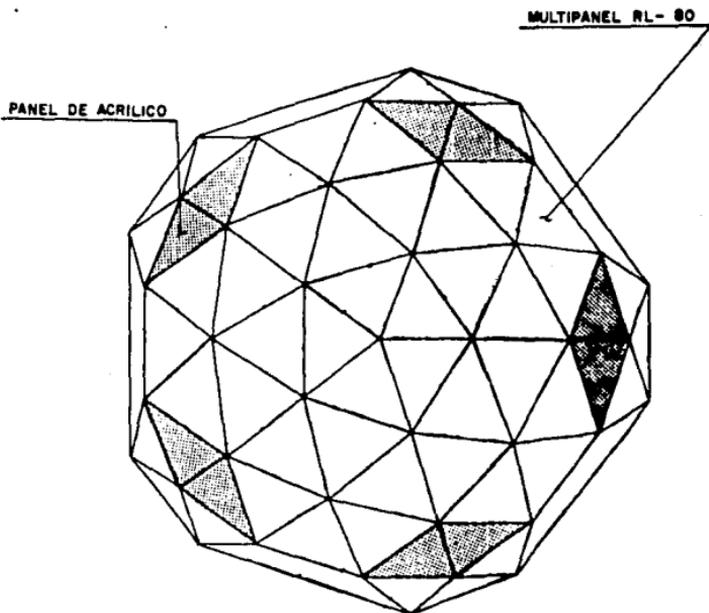
DESCRIPCION: Los paneles de acrílico son exactamente igual a los que forman los hexágonos, dos lados miden 143.9 cm y el otro 140.8 cm, las placas interiores tienen las siguientes medidas: 142.9 cm para dos de sus lados y 139.8 para el restante.

Al igual que las placas de metal también se remachan, siendo la ubicación de los barrenos la misma.

La ubicación de las placas de acrílico se muestra en la figura 7.2.

CLAVE: B-03
ACTIVIDAD: SUMINISTRO Y CORTE DE MATERIAL AISLANTE
TIEMPO ESTIMADO: 11.5 JORNADAS
COSTO: 4'510,527.00

DESCRIPCION: El poliuretano se vende en placas de 2m de ancho por un largo variable. Este material puede ser cortada en las dimensiones que se deseé, y también puede pegarse con cualquier pegamento de contacto.



ESTRUCTURA GEODESICA

FIG. 7.2

DIVISION: PISO

EXPLICACION GENERAL: El hecho de que el piso sea también manufacturado tiene por objeto principalmente el no tener que depender de los diferentes desniveles que puede tener el terreno. Así que este concepto está dividido en dos partes, el piso propiamente dicho y la estructura que soporta y nivela el piso.

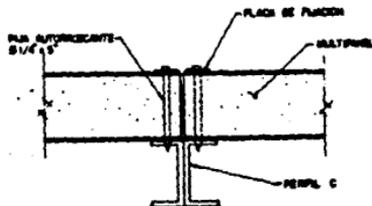
El piso también debe contar con las propiedades que lo hagan térmico, ya que muchas veces estará al contacto del aire y la nieve. Esta estructura estará formado por varios tableros en forma radial.

El contorno del piso sigue fielmente la forma de la base de la geodésica. Esta estructura está formada por cinco montenes o perfiles "C", distribuidos en forma radial a partir del centro, donde se unen en una especie de estrella que les da continuidad. Por otro lado, la colocación de los montenes no es perfectamente horizontal, teniendo todos una ligera pendiente hacia afuera, lo que servirá de drenaje.

CLAVE:	C-01
ACTIVIDAD:	HABILITACION DE LA ESTRUCTURA DEL PISO
TIEMPO ESTIMADO:	10 JORNADAS
COSTO:	5'816,456.00

DESCRIPCION: La estructura del piso estará formada por placas de multipanel cortada de acuerdo a las dimensiones necesarias.

Las uniones se harán utilizando tuercas y tornillos que van de las placas de multipanel a las vigas, figura 7.3.



FIJACION DEL PANEL A LA ESTRUCTURA

FIG. 7.3

CLAVE: C-02
ACTIVIDAD: FABRICACION DE LA ESTRUCTURA DEL PISO
TIEMPO ESTIMADO: 5 JORNADAS
COSTO: 2'552,856.00

DESCRIPCION: La estructura del piso esta formada por perfiles canal de 4" x 2", calibre 14 cuya descripción comercial es 4EPI4, su peso es de 3.44 kg/m². Se usarán diez de estos perfiles colocados en pareja alma contra alma, para formar 5 perfiles I. Cada uno de estos montenes llevará varios barrenos colocados según el siguiente croquis:

Los montenes llevan además soldado una pequeña placa de 20 cm de largo y 20 cm de ancho en uno de los extremos. Esta placa deberá tener una perforación de 2.54 cm de diámetro al centro, la cuál será igual a la que llevará el montén en ese mismo extremo. Este barreno servirá de eje a la articulación de las columnas de apoyo.

7.2 TRANSPORTE AL LUGAR

CLAVE: E-00
 ACTIVIDAD: FLETE GENERAL
 TIEMPO ESTIMADO: 1 JORNADA
 COSTO: 791,959.00

DESCRIPCION: El flete de los materiales se basa en dos conceptos; el peso y el volumen de los materiales. Una vez fabricados los elementos de la estructura se pueden agrupar de una forma más o menos uniforme, así por ejemplo las vigas del piso se consideran separadamente de las láminas que forman los paneles y también del conjunto de las barras, formando un volumen particular por cada tipo de agrupación importante; de esta forma hemos obtenido la siguiente tabla:

TABLA DE PESOS Y VOLUMENES		
CONCEPTO	VOLUMEN	PESO
	M3	KG
ACRILICO	.14	132
LAMINA CAL 16	.15	1,055
MULTIPANEL	6.38	896
PERFIL "U" 4" x 2"	.16	480
POLIURETANO	4.43	355
TUBULAR REDONDO 2"	.50	505
T O T A L E S	11.76	3,423

El objetivo de esto es cuantificar tanto el volumen como el peso para poder escoger un transporte que satisfaga ambos conceptos; con los datos anteriores el subcontratista determina que tipo de transporte es el que nos puede rentar y cual es su monto, ese es el caso de la cantidad mostrada en el precio unitario al que se refiere el costo de este flete. El lugar está relativamente cerca del D.F. así para fines prácticos se alquila el camión por día.

CLAVE: E-01
ACTIVIDAD: ASCENSION DE MATERIALES Y EQUIPO
TIEMPO ESTIMADO: 3 JORNADAS
COSTO: 1'847,939.00

DESCRIPCION: El peso calculado de la estructura y el equipo es de 3.7 toneladas aproximadamente; no existen muchas posibilidades para tratar de subir este peso hasta el lugar que hemos determinado; tal vez la primera alternativa sería intentar subirlo por medio de gente, pero esto resultaría sumamente difícil; la segunda y tal vez más barata sería tratar de utilizar animales de carga, y la tercera, que es la que proponemos, es la de utilizar la ayuda de un vehículo de doble tracción. Este se rentaría por dos o tres días, con lo cual bastará para subir todo el material.

CLAVE: E-02
ACTIVIDAD: CONSTRUCCION DE ZAPATAS DE CIMENTACION
TIEMPO ESTIMADO: 6 JORNADAS
COSTO: 6'245,238.00

DESCRIPCION : La mampostería se desplantará sobre una plantilla de mortero o concreto que permita obtener una superficie plana. En las primeras hiladas se colocarán las piedras de mayores dimensiones y las mejores caras de las piedras se aprovecharán para los paramentos. Las piedras deberán humedecerse antes de colocarlas y se acomodarán de manera de llenar lo mejor posible el hueco formado por las otras piedras, los vacíos se llenarán completamente con piedra chica y mortero. Deberán usarse piedras a tizón que ocuparán por lo menos una quinta parte del área del paramento y estarán distribuidas en forma regular.

7.3 ARMADO DE LA ESTRUCTURA.

CLAVE: D-00
 ACTIVIDAD: ARMADO DE PRUEBA DE LA ESTRUCTURA
 TIEMPO ESTIMADO: 6.5 JORNADAS
 COSTO: 286,050.00

DESCRIPCION: Armado de la estructura del piso.
 La geodésica se arma empezando por la estructura del piso; es necesario atornillar alma contra alma los montenes. Utilizando la placa central se acoplan en forma radial las vigas así formadas, rigidizándolas con los tensores que se deberán colocar entre ellas. A continuación se procede a colocar los paneles del piso, los cuales también llevan preparaciones para ser atornillados, es necesario empezar por las plantillas centrales y terminar con las extremas.

Hasta aquí se puede considerar que se ha armado la estructura del piso; la diferencia entre esta actividad y la que se debe realizar en el lugar de la obra consiste en que tanto la placa central como las vigas radiales van sujetas mediante birlos ahogados a las zapatas de mampostería que se deben preparar en sitio escogido.

Ensamble de barras. El acoplamiento de las barras se empieza siempre por la parte baja de la estructura. A partir de las preparaciones que existen en los extremos de las vigas radiales se comienzan a atornillar los conectores, primero a las preparaciones y luego entre sí a medida que se va avanzando, es indistinto el orden en que se tomen las vigas para empezar a armar, pero si es conveniente empezar las barras al mismo nivel, es decir no avanzar de manera vertical hasta que no se cierre la circunferencia en el sentido horizontal. Al pentágono correspondiente a la localización de la entrada no se le colocan las barras centrales, pero en cambio es preciso hacer el armado de barras del portal.

Cuando la altura entre el nivel de armado y el piso es mayor a la estatura del armador es necesario hacer uso de una pequeña escalera; la parte más alta está al centro de la estructura, donde el desnivel es de 3.5 m y es ahí donde se cierra el ensamble de las 105 barras.

Al atornillar los conectores entre sí lo más recomendable es no darle un torque definitivo, sino hasta que halla sido armada la totalidad de la

estructura, esto se hace para que las barras no tengan una rigidez innecesaria a la hora del armado. Es probable que en los últimos ensambles la coincidencia entre los centros de los conectores se haga difícil, si es necesario hay que forzar estos para que coincidan. Una vez que se han terminado de ensamblar las barras se procede a darles el apriete final a los tornillos.

Colocación de los paneles de revestimiento. Una vez terminado el ensamble de barras se procede al armado de los paneles, aquí existe una diferencia importante entre el prearmado y el armado final y esta se debe a que en el prearmado se utilizarán pijas para sujetar las placas de lámina y acrílico, mientras que en el armado final se utilizarán remaches.

Un panel consiste en dos hojas de lámina que contienen entre sí una placa de material aislante; la separación entre las láminas está determinada por el diámetro de las barras, así que esta separación es de 5.08 cm (2 pulgadas); la placa de poliuretano no va pegado a ninguna de las láminas, únicamente va sobrepuesta, por esta razón la secuencia del armado de un panel empieza colocando la placa interior a la estructura, para que sobre ella se pueda recargar la placa del material aislante, el cual es lo suficientemente rígido como para que no se doble por su propio peso y pudiera correrse hacia abajo en las puertas, donde su colocación casi es perpendicular al piso. Una vez que el panel ha sido colocado se cierra el panel al poner la lámina faltante -la exterior- sobre las barras correspondientes.

Al igual que con las barras las láminas de los paneles se empiezan a colocar de abajo hacia arriba, siguiendo siempre el mismo criterio de avance, ya sea de izquierda a derecha o viceversa, para las láminas interiores, pero una vez que ha sido establecido el sentido no se debe cambiar; para las láminas superiores el criterio en cuanto al sentido se debe invertir, así si para las interiores fue hacia la derecha para las exteriores será hacia la izquierda; la idea es que al ir traslapando las uniones de los paneles se eviten las filtraciones de agua por las juntas, formando así una membrana aceptablemente impermeable. En la parte correspondiente a la entrada no se debe colocar ningún tipo de panel.

La colocación de los paneles, como mencionamos previamente, se hace por medio de pijas, cuando se trata del prearmado y de remaches cuando se hace el armado final; los barrenos en la lámina deben coincidir con los que existen en las barras; cada remache o pija debe sujetar dos distintas láminas a la barra, si no es así

no se debe colocar el elemento ya que posteriormente habría que quitarlo para corregir la anomalía.

Las láminas de acrílico reciben el mismo trato que los paneles de revestimiento, solo que estas no llevan ningún material aislante entre si. Para la colocación de las láminas superiores es necesario colocar una escalera, cuidando que estas se apoye en las barras y no en las láminas que aún no han adquirido su rigidez final.

Una vez que se ha colocado la placa central superior se puede considerar que ha terminado el armado de prueba.

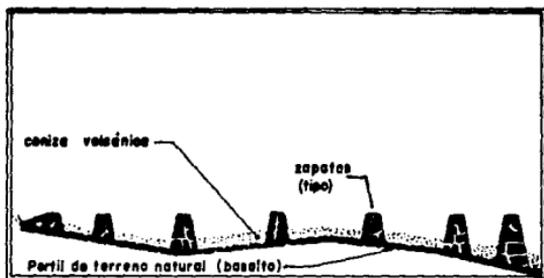
CLAVE: F-00
 ACTIVIDAD: ARMADO FINAL DE LA ESTRUCTURA
 TIEMPO ESTIMADO: 5 JORNADAS
 COSTO: 2'695,873.00

DESCRIPCION: El armado final tiene pequeñas variantes con respecto al armado de prueba, en primer lugar las condiciones ambientales serán hasta cierto punto hostiles, aún que se considere que el armado se hará en los meses en que la temperatura es más benigna. Cada día de armado significará subir y bajar desde la altura del emplazamiento hasta Tlamacas, lo que significa un esfuerzo considerable. Las pequeñas variaciones son las siguientes:

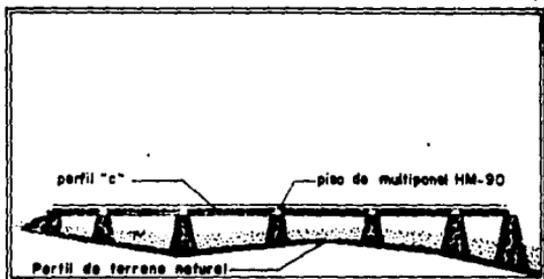
El armado deberá hacerse a partir de las zapatas de cimentación desde donde se colocarán las vigas que previamente se deberán haber armado.

En lugar de usar pijas para el revestimiento se deberán usar remaches, considerando que no se volverá a desarmar la estructura por lo menos en un tiempo largo. Los tornillos para el ensamble de las barras se seguirán usando de la misma forma.

El armado no termina al colocar la placa central superior, como en el armado de prueba, es necesario aplicar un sellador en las juntas y protegerlas con una cinta adhesiva especial, el calafateo empezará por las placas superiores, debiéndose dar un mantenimiento posterior a este sello cada que sea necesario para garantizar la impermeabilidad del interior. Al acabar de aplicar y proteger el sellador se habrá terminado de construir la estructura, sólo bastará regresar el equipo, figura 7.4.

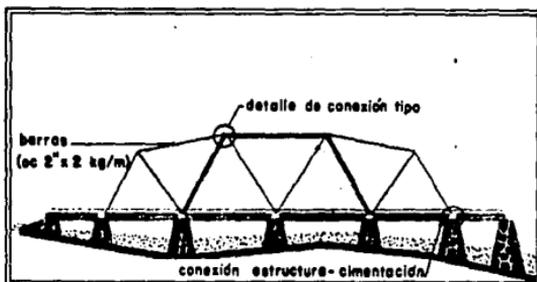


DESPLANTE DE CIMENTACION

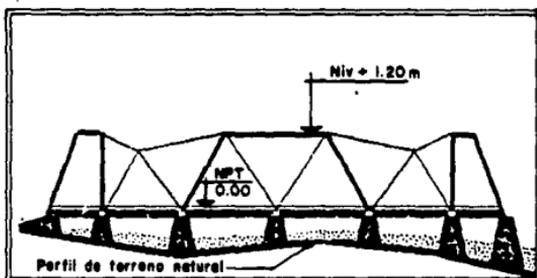


COLOCACION DE VIGAS PARA LA SUSTENTACION DEL PISO

FIG. 7.4

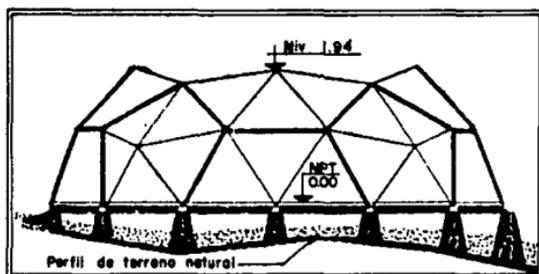


1ª ETAPA DE ARMADO DE BARRAS

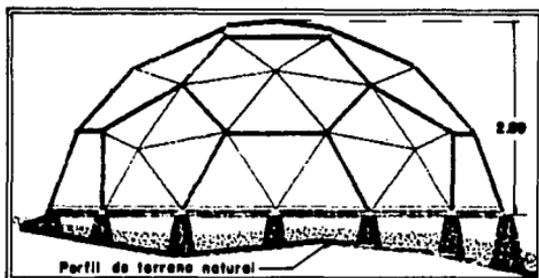


2ª ETAPA DE ARMADO DE BARRAS

FIG. 7.4 A



3re ETAPA DE ARMADO DE BARRAS

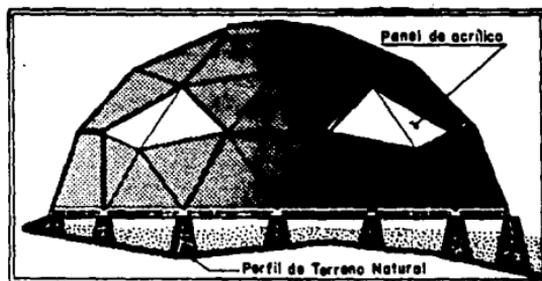


ULTIMA ETAPA DE ARMADO DE BARRAS

FIG. 7.4B



PRIMERA ETAPA DE COLOCACION DE PANELES



SEGUNDA ETAPA DE COLOCACION DE PANELES

FIG. 7.4C

7.6 RUTA CRITICA.

El método de la ruta crítica es una técnica que permite planear y administrar una gran cantidad de proyectos de una manera racional. Este método proporciona un procedimiento sistemático para correlacionar los efectos del costo y del tiempo, a fin de llegar a una solución óptima de todo problema de construcción.

Un diagrama de flechas o red, que represente correctamente la secuencia de actividades de un proyecto, en el que se adicione el método de la ruta crítica, es esencialmente un modelo matemático lógico del proyecto, basado en el tiempo óptimo para cada elemento de trabajo relacionado con el uso mas económico de los recursos disponibles (mano de obra, equipo, financiamiento, etc.).

La gran aleatoriedad del tiempo estimado para realizar una actividad en la construcción hace que difícilmente una secuencia de actividades planeadas se pueda cumplir al pie de la letra; este hecho, aunado a los laboriosos cálculos que requiere el método han hecho que éste último sea poco utilizado, y más aún en México, donde la actitud hacia la planeación es muy pobre y donde solo lo improvisado parece tener aceptación.

En este trabajo hemos establecido un pequeño cálculo de ruta crítica, considerando los aspectos más importantes dentro del procedimiento constructivo; así agrupamos una serie de actividades individuales en actividades generales, para un manejo más sencillo de la red.

La técnica de la ruta crítica consiste en construir un diagrama en forma de red en el cual se vea la dependencia que existe entre las actividades, así cada una de ellas debe estar en la misma posición relativa que ocupará dentro del proceso constructivo. A cada una de las actividades de esta red se le asocian los tiempos estimados mas probables para llevarse a cabo; determinándose así la secuencia de actividades cuya duración global determina la duración del proyecto. Esta secuencia es llamada Ruta Crítica y cada demora en ella significa un retraso en la obra en general. La técnica además, desarrollada con más detalle, nos permite encontrar otras rutas críticas en el mismo proyecto, lo que finalmente nos lleva a determinar el

costo y procedimiento óptimo de una obra, para nuestro caso nos limitaremos a mostrar un primer cálculo de esta red.

La técnica de la ruta crítica se ha desarrollado paralelamente con los "Diagramas de Gantt" o diagramas de barras, los cuales permiten ver claramente el paralelismo entre las actividades ya distribuidas en un calendario. Estas gráficas nos permiten seguir el orden en una obra de una manera muy fácil, lo que resulta sumamente útil, y más si se trata de una obra con muchos conceptos diferentes.

En la actualidad existen una gran cantidad de programas para computadora que permiten el manejo de ambas técnicas de una manera recíproca, actualizando de manera inmediata cualquier cambio de la ruta crítica en el diagrama de barras. En este proyecto se ha utilizado uno de estos programas.

Para nuestro trabajo hemos dividido el procedimiento constructivo en diecisiete actividades, y seis nodos, contando el nodo inicial y el final. Algunas de estas actividades se pueden hacer simultáneamente, o por lo menos se deben iniciar al mismo tiempo -ver ruta crítica-, como es el caso de la fabricación de escantillones "ESCANT", la maquila de conectores "CONECTOR", la compra y corte de los tubos "TUBOS" y la fabricación de la estructura del piso "EST PISO"; estas cuatro actividades se pueden empezar al mismo tiempo ya que ninguna depende de otra para poderse iniciar. Los tiempos que se llevan cada una de estas actividades son diferente por lo que sus terminaciones son también diferentes. Con excepción de estas primeras actividades las demás son dependientes de alguna manera, así por ejemplo la actividad de fabricación de barras "BARRAS" depende de que se haya terminado la fabricación de escantillones "ESCANT", la maquila de conectores y el corte de tubos -"CONECTOR" y "TUBOS"-, las actividades que utilizan más tiempo de estas tres son "CONECTOR" y "TUBOS", por lo que la fabricación de barras "BARRAS" dependerá de que se acaben estas dos actividades. Esta es la forma básica en que funciona una ruta crítica.

En nuestro diagrama se pueden ver tres datos debajo de cada actividad: la duración de esta, su inicio más cercano, así como su terminación más temprana también. Debajo de cada nodo se muestra la fecha en que deben converger las actividades.

La ruta crítica se muestra como una doble línea entre actividades. Las actividades críticas son las siguientes: INICIO - EST PISO - MULTPAN - A2 - RECUBRIM - A3 - ARM EKAG - PRUEBA - DESARME - A4 - FLTES - ARMADO - LIMPIEZA y FINAL. Un retraso en cualquiera de estas actividades significa un retraso en el tiempo total de la obra, por lo que se les debe poner una atención especial. Las demás actividades tienen cierta holgura. Esta se puede ver en el diagram de barras como una línea delgada que continúa después de algunas barras.

La fecha de inicio - 21 de marzo - corresponde a la del inicio de la Primavera. Esta fecha por supuesto, es arbitraria, pudiéndose iniciar los trabajos en un rango recomendado que va de fines de marzo a fines de mayo, para contar con las mejores condiciones climáticas. Según la ruta el "ARMADO" en el lugar se debe iniciar en mayo, que es uno de los meses más calurosos del año.

RUETA CRITICA CON DURACION DE ACTIVIDADES

25-Oct-1991

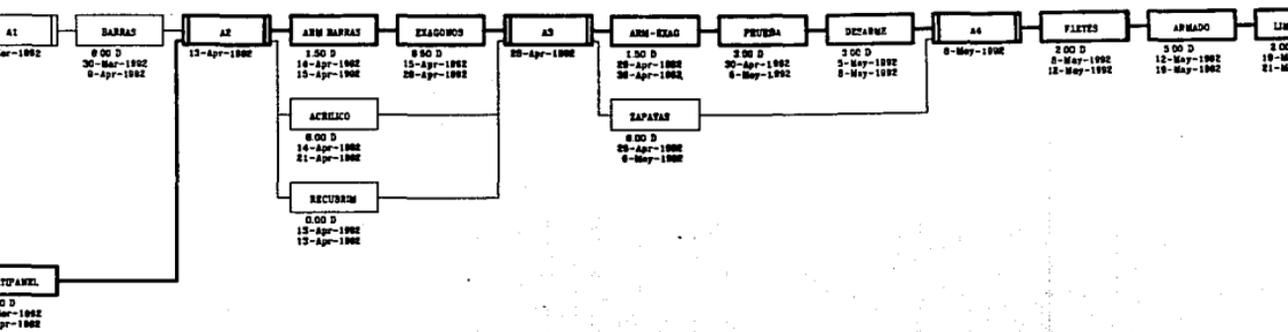


DIAGRAMA DE BARRAS

25-Oct-1991

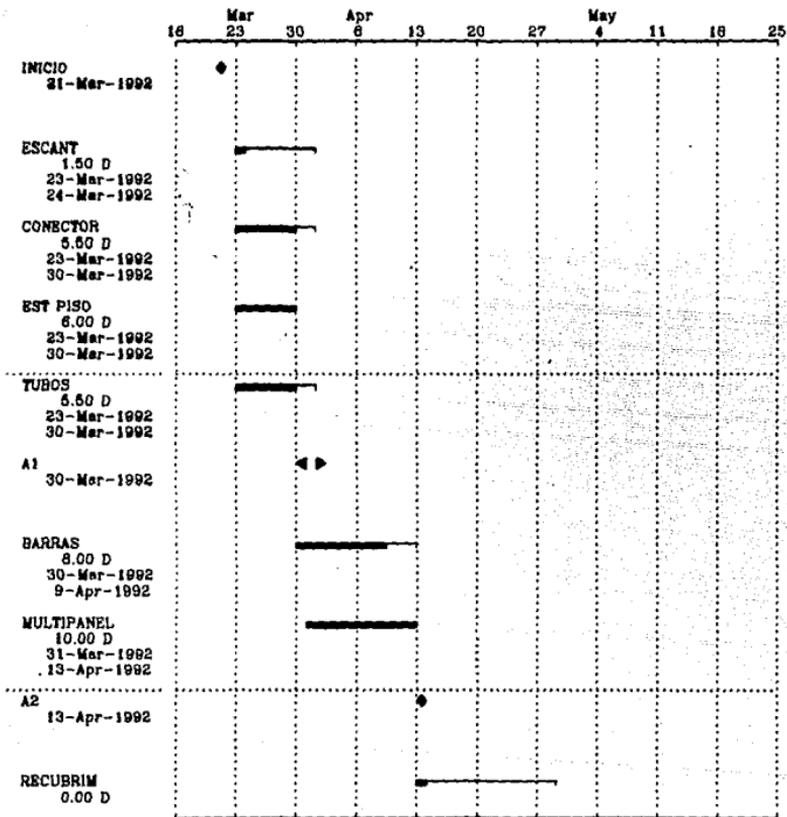


DIAGRAMA DE BARRAS

118

25-Oct-1991

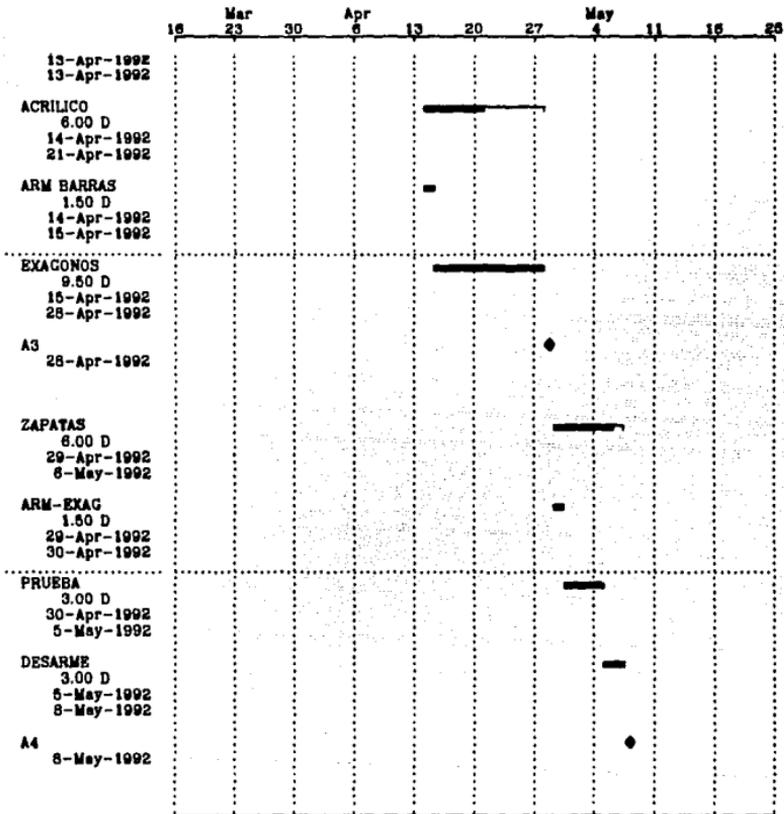
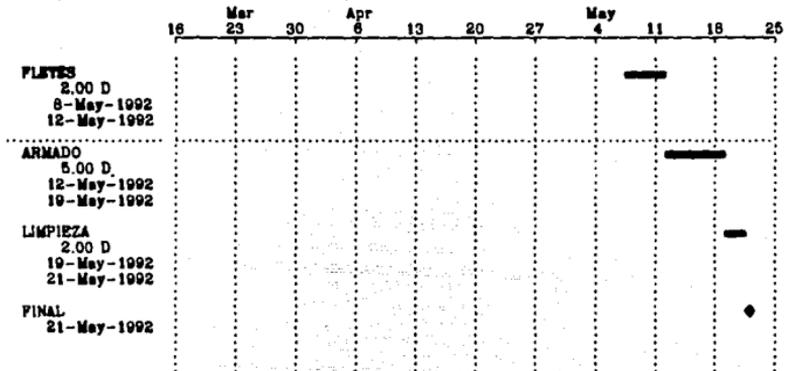


DIAGRAMA DE BARRAS

25-Oct-1991



8 ANALISIS DE COSTO

En la construcción de cualquier proyecto de Ingeniería Civil siempre intervienen "ciertos elementos, susceptibles de agruparse en tres grandes grupos: materiales, mano de obra y equipo" a los cuales se les llama también recursos o insumos.

La adecuada combinación y transformación de los recursos a través de ciertos procesos, para obtener una obra completamente terminada constituye, como ya mencionamos, el proceso constructivo

El proceso constructivo se puede representar como un conjunto de conceptos de obra que permiten llevar a cabo una obra; los conceptos o unidades de obra son actividades de fácil medición para el efecto del pago y cobro de la cantidad de obra ejecutada, el costo de cada una de estas actividades se nombra Precio Unitario.

Siguiendo la estructura básica de las licitaciones públicas este capítulo está compuesto del análisis de cada uno de los precios unitarios; de una "explosión de insumos" en lugar de los "Catálogos" de materiales, mano de obra y equipo, ya que dicha explosión muestra las cantidades totales de los insumos que se usarán; y por último el presupuesto con el costo total de la obra, considerando el costo directo únicamente.

8.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

La forma generalmente más utilizada para el análisis de precios unitarios, de acuerdo a la práctica y a las normas, del Gobierno de México, expresadas en el Reglamento de la Ley de Obras Públicas se componen de los siguientes conceptos:

- + COSTOS DIRECTOS
- + COSTOS INDIRECTOS
- + UTILIDAD
- + CARGOS ADICIONALES

A continuación explicamos cada uno de estos rubros:

8.1.1 El COSTO DIRECTO es aquel cargo que es imputable de forma inmediata e indubitable con una unidad de obra específica; este esta dividido en:

COSTO DIRECTO	{	Costo por Mano de Obra
		Costo por materiales
		Costo por herramienta o equipo

Adicionalmente se puede considerar el costo de un subcontrato, un acarreo o un destajo en una división aparte, pero esto solo se hace ocasionalmente.

El costo de los materiales debe incluir los fletes y las maniobras necesarias para suministrarlos, pero deben ser excluidos los impuestos, el caso más común es el IVA, ya que estos impuestos se cargan al monto total de la obra, a no ser que se trate de un concepto exento de este. Es necesario considerar dentro de las cantidades de materiales las mermas o desperdicios que se presentarán en las diferentes partes del proceso constructivo. El monto por el costo de los materiales se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Costo x Materiales} = \sum [\$ \text{ Material (i)} \times \text{Cantidad (i)}]$$

El costo de la mano de obra es aquel que se eroga directamente para el pago de los salarios de las personas que ejecutan los conceptos de obra, estos costos se pueden manejar por hora o por jornal, para ello se deben considerar todas las prestaciones sociales que marca la ley federal del trabajo, así como los tiempos inactivos. Esto quiere decir que normalmente se manejan dos costos, el costo que se le paga directamente a la persona y el costo que eroga el patrón por dicha persona. Resumiendo, el costo que eroga el patrón no es igual al salario de la mano de obra, sino que es más alto. Así, el costo más alto, el que eroga el patrón debe considerar algunos conceptos extras; a este costo se le denomina Costo Real y se determina mediante un análisis de los conceptos que engloba la Ley Federal del Trabajo, obteniéndose así un factor o porcentaje con respecto al salario que recibe el personal, a este factor se le conoce como Factor de Salario Real.

Para nuestro caso la determinación del factor del salario real es la siguiente:

El costo por mano de obra es igual al salario real por el recíproco del rendimiento, expresado matemáticamente:

$$\text{\$ Mano de obra} = E [\text{Salario real}(i) / \text{rendimiento}(i)]$$

Para el manejo de el costo del equipo y la maquinaria es necesario mencionar el concepto del Costo Horario; La mayoría de los equipos en la construcción generalmente ahorran una gran cantidad de mano de obra, es decir en muy poco tiempo hacen lo que la mano de obra haría en un tiempo mucho más largo, por supuesto este equipo es mucho más caro; su costo se determina haciendo intervenir varios conceptos hasta obtener el costo horario de la máquina en cuestión, se le llama costo horario por que este se determina por horas.

El cargo directo unitario por maquinaria se determina como el cociente del costo horario directo de la máquina entre el rendimiento por hora de dicha máquina. La ecuación que representa este costo es:

$$\text{\$ Maquinaria} = E [C. \text{Horario} (i) / \text{Rendimiento} (i)]$$

8.1.2 COSTOS INDIRECTOS son los gastos generados por la organización técnica y administrativa de la empresa o constructora. Este costo se representa como un porcentaje del costo directo, y suele variar de un 20 a

un 35 % en la generalidad de las empresas. Un error en el cálculo de este factor puede hacer poco competitiva a una empresa en el caso de ser muy alto, o la utilidad puede ser mermada significativamente en el caso contrario.

Los aspectos que constituyen el costo indirecto son:

COSTO INDIRECTO	[Administración central
		Administración de campo
		Imprevistos
		Costo financiero
]	Costo por Mano de Obra

Para nuestro caso no se han calculado los costos indirectos ya que solo se trata de un proyecto teórico, que solo en caso de construirse se podrían calcular los aspectos correspondientes al costo directo.

8.1.3 La Utilidad. Para las empresas su razón de existir esta en este fin; este concepto promueve la Iniciativa Privada y es el pago que obtienen los accionistas o dueños de las empresas por arriesgar su dinero en la inversión que representa la industria de la construcción. Este rango es muy variable y depende de la ley de la oferta y la demanda, en los mercados generales, donde la competencia es estable varía de un 6 a un 10 %; nosotros no consideramos en los costos este factor ya que depende de cada empresa.

Los costos por Mano de Obra se tomaron de los salarios mínimos calificados para enero de 1991, más un porcentaje del 40 % debido a lo calificado del trabajo que se requiere. Este porcentaje que podría parecer alto es un índice normal que se pone en práctica al contratar destajos con soldadores, esto se debe a que dentro de la mano de obra que se utiliza en la construcción los soldadores y paileros forman un grupo muy particular algo propenso a las demandas laborales; este hecho hace que sean un poco mejor pagados que la mayoría de los empleados de la construcción.

Para el costo por materiales se tomó, en la mayoría de los casos, un promedio de varias casas comerciales, considerando inclusive desperdicios.

El costo del equipo que se utiliza se obtuvo en base a sus costos horarios.

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Análisis de Precios Unitarios

Clase : A-00

FABRICACION DE ESCAMILLONES PARA LA CORRECTA COLOCACION DE
LOS CONECTORES EN LAS BARRAS.

UNIDAD :	PIA	3.0000
CANTIDAD :		154,570.15
PRECIO UNITARIO :		509,140.26
TOTAL :		

Insumo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Materiales					
PERFIL ANSA #300 PIEZA DE 8,1 m	0.1447	PIA	27,000.00	4,500.90+	2.81
PERFIL ANSA #100 PIEZA DE 8,9 m	0.1997	PIA	15,000.00	2,500.50+	1.62
TORNILLO 3/8 TORNILLO ESTANDAR	4.0000	PIA	1,200.00	4,800.00+	3.11
LAMINA CAL 16 HERRA CON UN PESO DE 12.2 Kg/m2	1.9298	Kg	1,620.00	3,125.95+	2.02
VARILLA DE 3/16 VARILLA DE ACERO SIN CONSUMIR DE 3/16 DE	1.0000	ML	900.00	900.00+	0.52
SOLDADURA 60-10 EN 3/16" DE DIAMETRO	2.0000	ES	4,700.00	9,400.00+	6.00
Total Materiales (16.26%)				25,127.35	
Mano de Obra					
CUADRILLA 20 1 OFICIAL HERRERO + 1 AYUDANTE	1.5000	Jor	55,540.42	83,340.63+	53.92
OFICIAL HERRERO	1.5000	Jor	32,520.00	48,780.00+	31.54
AYUDANTE DE HERRERO	1.5000	Jor	23,040.42	34,560.63+	22.36
Total Mano de Obra (53.92%)				83,340.63	
Equipo y Herr.					
EQUIPO DE SOLDADURA DE ARCO ELECTRICO, MARCA MILLER, 250 AMP	6.0000	HR	5,245.56	41,144.48+	27.15
PULIDORA BOSH 2500 RPP	2.0000	HR	1,657.13	3,304.26+	2.14
HERR	0.0100	(3)MO	83,340.63	833.41+	0.54
Total Equipo y Herr. (29.83%)				46,102.15	

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Análisis de Precios Unitarios

Ítem	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	1
Costo Directo :				154,570.13	
Indirectos (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				154,570.13	
Financiamiento (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				154,570.13	
Utilidad (0.00%) :				0.00	
Total :				154,570.13	

154 570.13 PESOS

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Ciave: A-01

SUMINISTRO Y MAQUILADO DE CONECTORES.

ESTE PRECIO INCLUYE EL COSTO POR EL MATERIAL Y MAQUILA DE
LOS CONECTORES. CONSIDERAMOS LA PERFORACION QUE LLEVA AL
CENTRO CADA UNO, Y EL FLETE CON EL SUBCONTRATISTA.

UNIDAD :	KG
CANTIDAD :	100.0000
PRECIO UNITARIO :	2,136.10
TOTAL :	213,610.00

Nombre	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Materiales					
LAMINA CAL 16 NEGRA CON UN PESO DE 12.2 Kg/m ²	1.0300	Kg	1,620.00	1,668.60	78.11
Total Materiales (78.11%) :				1,668.60	
Mano de Obra					
AYUDANTE GENERAL	0.0010	Jor	16,994.00	16.99	0.00
Total Mano de Obra (0.80%) :				16.99	
Equipo y Herr.					
HER	0.8300	(LIND)	16.99	0.51	0.02
Total Equipo y Herr. (0.02%) :				0.51	
Subcontratos (21.07%) :				450.00	
Costo Directo :				2,136.10	
Indirectos (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				2,136.10	
Financiamiento (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				2,136.10	
Utilidad (0.00%) :				0.00	
Total :				2,136.10	

DOS MIL CIENTO TREINTA Y SEIS PESOS 10/100

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Análisis de Precios Unitarios

Clave: 4-02

SUMINISTRO DE TUBO DE 2" CORTADO EN LAS LONGITUDES PERJERIDAS PARA LA FABRICACION DE BARRAS.

ESTE CONCEPTO INCLUYE AMBOS CALIBRES -16 Y 14-, CORTES, DESPERDICIOS Y FLETE.

UNIDAD :	M.
CANTIDAD :	148.0500
PRECIO UNITARIO :	1,704.62
TOTAL :	252,283.76

Ítem	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Materiales					
TUBO PESADO 2"	1.1000	M.	1,043.50	1,147.85	67.34
TUBO INDUSTRIAL CAL.14					
Total Materiales (67.34%) :				1,147.85	
Mano de Obra					
AYUDANTE GENERAL	0.0045	Jor	16,994.00	76.48	4.49
Total Mano de Obra (4.49%) :				76.48	
Equipo y Herr.					
HERR	0.0200	(1)MO	76.48	2.29	0.13
Total Equipo y Herr. (0.13%) :				2.29	
Subcontratos (28.04%) :				478.00	
Costo Directo :				1,704.62	
Indirectos (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				1,704.62	
Financiamiento (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				1,704.62	
Utilidad (0.00%) :				0.00	
Total :				1,704.62	

UN MIL SETECIENTOS CUATRO PESOS 62/100

Construcción de Alberque de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Clave : A-03

FABRICACION DE BARRAS PARA LA ESTRUCTURA. CONSIDERANDO LA

ADICION DE TUBO Y CONECTORES.

ESTE CONCEPTO INCLUYE EL DESENERASE DEL MATERIAL POR MEDIO

DE SOLVENTES -THIMER-. EL ESMERILADO DE LAS REBARAS QUE

PRODUCE EL CORTE, EL DEPOSITO DE SOLDADURA ENTRE LA BARRA Y

EL CONECTOR, ASI COMO LA BARRERACION DE LAS MISMAS.

UNIDAD :	PZA
CANTIDAD :	105.0000
PRECIO UNITARIO :	4,290.21
TOTAL :	660,472.05

Insumo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Materiales					
THIMER	0.1000	LT	1,594.00	159.40+	2.53
BARRA 3/16" PARA METAL, DE 3/16" DE DIAMETRO	0.0500	PZA	1,530.00	76.50+	1.22
SOLDADURA 60-10 EN 3/16" DE DIAMETRO	0.3500	KG	4,790.00	1,685.00+	26.15
DISCO DE DESPASTE PARA POLIDOR	0.0200	PZA	15,000.00	310.00+	5.02
Total Materiales (34.93%)				2,196.90	
Mano de Obra					
OFICIAL HERRERO	0.0417	da-	32,520.00	1,356.00+	21.56
AYUDANTE DE HERRERO	0.0417	Jor	23,040.42	960.78+	15.27
AYUDANTE GENERAL	3.0279	Jor	16,994.88	472.44+	7.51
Total Mano de Obra (44.34%)				2,789.33	
Equipo y Herr.					
POLIDORA BOSH 2500 RPP	0.0833	HR	1,652.13	137.62+	2.19
TALADRO TALADRO B&B	0.0833	HR	2,500.00	208.25+	3.21
EQUIPO DE SOLDADURA DE ARCE ELECTRICO, MARCA MILLER, 250 AMP	0.1667	HR	5,245.56	874.43+	13.70
HERA	3.0300	(2)MP	2,789.33	81.68+	1.33
Total Equipo y Herr. (20.73%)				1,303.98	

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Análisis de Precios Unitarios

Insumo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	1
Costo Directo :				6,290.21	
Indirectos (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				6,290.21	
Financiamiento (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				6,290.21	
Utilidad (0.00%) :				0.00	
Total :				6,290.21	

04 SEIS MIL DOSCIENTOS NOVENTA PESOS 21/100 04

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Análisis de Precios Unitarios

Clave : A-04

PINTURA Y ACABADO FINAL DE LAS BARRAS.

ESTE CONCEPTO INCLUYE EL ESCORDO Y LIMPIEZA DE LAS SOLDADURAS, ASÍ COMO UNA CAPA DE PRIMAPIO EPOXICO -PRIMER-, Y DOS CAPAS DE PINTURA ACRILICA.

UNIDAD : PZA
 CANTIDAD : 105.000C
 PRECIO UNITARIO : 2,475.72
 TOTAL : 259,950.60

Insumo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Materiales					
THINNER	0.0300	LT	1,594.00	47.82*	1.93
EPONATO DE ZINC PRIMAPIO ANTICORROSIVO	0.0430	LT	2,200.00	94.60*	3.82
PINTURA ACRILICA PARA SUPERFICIES METALICAS	0.1118	LT	8,270.00	924.59*	37.35
Total Materiales (43.10%) :				1,067.01	
Mano de Obra					
CUADRILLA 21 1 OFICIAL PINTOR + 1 AYUDANTE GENERAL	0.0208	Jor	40,035.30	832.73*	33.64
OFICIAL PINTOR	0.0208	Jor	23,046.42	479.24	19.36
AYUDANTE GENERAL	0.0208	Jor	16,994.80	353.49	14.28
Total Mano de Obra (33.64%) :				832.73	
Equipo y Herr.					
TANQUE DE INMERSION RECIPIENTE DE PLASTICO RIGIDO DE 1.80 :	0.0095	PZA	58,000.00	331.00*	22.28
HERR	0.0300	Q/RO	832.73	24.98*	1.01
Total Equipo y Herr. (23.27%) :				575.98	

Costo Directo : 2,475.72
 Indirectos (0.00%) : 0.00
 Subtotal : 2,475.72
 Financiamiento (0.00%) : 0.00
 Subtotal : 2,475.72
 Utilidad (0.00%) : 0.00
 Total : 2,475.72

DOS MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y CINCO PESOS 72/100

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Análisis de Precios Unitarios

Clave : B-00

SURTIENDO Y MAQUILA DE LAMINA PARA FORMAR LOS MEDIOS EIA-
GOMOS QUE SERAN PARTE DE LAS PAREDES DE LA ESTRUCTURA.
ESTE PRECIO INCLUYE EL DESENGRASE, CORTADO, PINTADO Y BARRE-
NADO DE LAS PIEZAS; ASI COMO EL SUBCONTRATO POR LOS DOBLAJES
DEL MATERIAL.

UNIDAD : PIA
CANTIDAD : 30.0000
PRECIO UNITARIO : 105,141.22
TOTAL : 3,154,237.90

Insumo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Materiales					
LAMINA CAL. 20	21.6700	FB	1,620.00	35,105.40+	33.39
LAMINA NEGRA DE 0.9 mm DE ESPESOR					
THINNER	0.3000	LT	1,594.00	478.20+	0.45
BROCA 3/16"	0.0500	PIA	1,530.00	76.50+	0.07
PARA METAL, DE 3/16" DE DIAMETRO					
CRONATO DE ZINC PRIMARIO ANTICORROSIVO	0.5300	LT	2,200.00	1,183.60+	1.13
PINTURA ACRILICA PARA SUPERFICIES METALICAS	1.3900	LT	8,270.00	11,568.00+	11.00
THINNER	0.3766	LT	1,594.00	600.70+	0.57
Total Materiales (46.62%)				49,012.08	
Mano de Obra					
CUADRILLA 20 1 OFICIAL HERRERO + 1 AYUDANTE	0.7500	Jer	55,560.42	41,670.32+	39.63
OFICIAL HERRERO AYUDANTE DE HERRERO	0.7500	Jer	32,520.00	24,390.00	23.70
CUADRILLA 21 1 OFICIAL PINTOR + 1 AYUDANTE GENERAL	0.2000	Jer	23,040.42	17,280.31	16.44
OFICIAL PINTOR AYUDANTE GENERAL	0.2000	Jer	40,035.30	8,007.06+	7.62
OFICIAL PINTOR	0.2000	Jer	23,040.42	4,608.08	4.39
AYUDANTE GENERAL	0.2000	Jer	16,994.58	3,398.98	3.23
Total Mano de Obra (47.25%)				49,677.38	
Equipo y Herr.					
CALADOPA PARA CORTE EN LAMINA	1.0000	HR	200.00	200.00+	0.19
COMPRESORA BOMBA DE AIRE Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO	0.6667	HR	3,542.13	2,361.54+	2.25
HERO	0.0200	(LINO)	49,677.38	1,490.32+	1.42
Total Equipo y Herr. (3.85%)				4,051.86	

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Item	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	l
Subcontratos (2.2%) :				2,400.00	
Costo Directo :				105,141.32	
Indirectos (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				105,141.32	
Financiamiento (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				105,141.32	
Utilidad (0.00%) :				0.00	
Total :				105,141.32	

NO CIENTO CINCO MIL CIENTO CUARENTA Y UN PESOS 32/100 00

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Análisis de Precios Unitarios

Clave: B-1A

SUMINISTRO Y MANO DE OBRERA DE LAMINA QUE FORMA LA PARTE BAJA DE LOS PENTAGONOS QUE SIVEN DE PAREDES A LA ESTRUCTURA.

ESTE PRECIO INCLUYE EL DESENGRASE, CONTADO, PINTADO Y BARRERADO DE LAS PIEZAS. INCLUYE ADERAS EL SUBCONTRATO POR LOS DOMICILIOS DEL MATERIAL.

UNIDAD :	PIA
CANTIDAD :	10,000
PRECIO UNITARIO :	97,222.28
TOTAL :	972,222.80

Item	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Materiales					
LAMINA CAL. 20	17,200	KB	1,620.00	27,912.60*	28.62
LAMINA NEGRA DE 0.9 mm DE ESPESOR					
BROCA 3/16"	0.0500	PIA	1,530.00	76.50*	0.08
PARA METAL, DE 3/16" DE DIAMETRO					
THINNER	0.4280	LT	1,394.00	602.23*	0.70
CROMATO DE ZINC	0.4560	LT	2,200.00	1,003.20*	1.03
PRIMARIO ANTICORROSIVO					
PINTURA ACRILICA	1.7120	LT	8,270.00	14,158.24*	14.52
PARA SUPERFICIES METALICAS					
THINNER	0.4280	LT	1,394.00	602.23*	0.70
Total Materiales (45.65%) :				44,515.00	
Mano de Obra					
AYUDANTE GENERAL	0.2000	Jor	16,994.88	3,398.98*	3.49
CUADRILLA 20	0.7000	Jor	55,560.42	38,892.29*	39.88
1 OFICIAL HERRERO + 1 AYUDANTE					
OFICIAL HERRERO	0.7000	Jor	32,520.00	22,764.00*	23.34
AYUDANTE DE HERRERO	0.7000	Jor	23,040.42	16,128.29*	16.54
CUADRILLA 21	0.2000	Jor	40,035.30	8,007.06*	8.21
1 OFICIAL PINTOR + 1 AYUDANTE GENERAL					
OFICIAL PINTOR	0.2000	Jor	23,040.42	4,608.08*	4.73
AYUDANTE GENERAL	0.2000	Jor	16,994.88	3,398.99*	3.49
Total Mano de Obra (51.58%) :				50,298.33	
Equipo y Herr.					
CALADORA	1.0000	HR	200.00	200.00*	0.21
PARA CORTE EN LAMINA					
TALADRO	0.4000	HR	2,500.00	1,000.00*	1.03
TALADRO DAB					
HERA	0.3100	CIPO	50,298.33	1,568.95*	1.55

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Analisis de Precios Unitarios

Item	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	
Total Equipo y Herr. (2.78%)	:			2,708.95	
Costo Directo				97,522.28	
Indirectos (0.00%)				0.00	
Subtotal				97,522.28	
Financiamiento (0.00%)				0.00	
Subtotal				97,522.28	
Utilidad (0.00%)				0.00	
Total				97,522.28	

NO NOVENTA Y SIETE MIL QUINIENTOS VEINTIDOS PESOS 20/100 00

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Análisis de Precios Unitarios

Clave : 9-19

SURTINISTRO Y MAQUILA DE LAMINA PARA LA PARTE ALTA DEL
PENTAGONO SUPERIOR DE LA PARED DE LA ESTRUCTURA.
ESTE PRECIO INCLUYE EL DESENGRASE, CORTADO, PINTADO Y BAÑE-
MADO DE LAS PIEZAS. INCLUYE ADEMÁS EL SUBCONTRATO POR LOS
DOLCECES DEL MATERIAL.

UNIDAD : PZA
CANTIDAD : 2.0000
PRECIO UNITARIO : 90,899.29
TOTAL : 181,798.58

Itemo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Materiales					
LAMINA CAL. 20	21.6700	KG	1,620.00	35,105.40*	38.62
LAMINA NEGRA DE 0.9 mm DE ESPESOR					
BROCA 3/16"	0.0230	PZA	1,530.00	35.19*	0.04
PARA METAL, DE 3/16" DE DIAMETRO					
THINNER	0.2000	LT	1,594.00	318.80*	0.35
PRYNER	0.2860	LT	1,594.00	455.88*	0.50
PRYNER EPOXICO ROJO					
PINTURA ACRILICA PARA SUPERFICIES METALICAS	0.7450	LT	8,270.00	6,161.15*	6.78
THINNER	0.1000	LT	1,594.00	159.40*	0.18
Total Materiales (46.46%)				42,235.82	
Mano de Obra					
CUADRILLA 21	0.8000	Jor	40,035.30	32,028.24*	35.23
1 OFICIAL PINTOR + 1 AYUDANTE GENERAL					
OFICIAL PINTOR	0.8000	Jor	23,040.42	18,432.34	20.28
AYUDANTE GENERAL	0.8000	Jor	16,994.88	13,595.90	14.96
CUADRILLA 20	0.2500	Jor	55,560.42	13,890.11*	15.28
1 OFICIAL HERRERO + 1 AYUDANTE					
OFICIAL HERRERO	0.2500	Jor	32,520.00	8,130.00	8.94
AYUDANTE DE HERRERO	0.2500	Jor	23,040.42	5,760.10	6.34
AYUDANTE GENERAL	0.0667	Jor	16,994.88	1,133.56*	1.25
Total Mano de Obra (51.76%)				47,051.91	
Equipo y Herr.					
CALADORA PARA CORTE EN LAMINA	1.0000	HR	200.00	200.00*	0.22
HERR	0.0300	(E/MD)	47,051.91	1,411.56*	1.55
Total Equipo y Herr. (1.77%)				1,611.56	

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

.....
 Análisis de Precios Unitarios

..... Ítem Cantidad Unidad Precio Unitario Total I
Costo Directo :				90,899.29	
Indirectos (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				90,899.29	
Financiamiento (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				90,899.29	
Utilidad (0.00%) :				0.00	
Total :				90,899.29	

NOVENTA MIL OCHOCIENTOS NOVENTA Y NUEVE PESOS 29/100

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Análisis de Precios Unitarios

Clave: B-02

SUMINISTRO Y MAQUILA DE PANELES DE ACRILICO PARA LA ILUMINACION INTERIOR DE LA ESTRUCTURA.

UNIDAD : PZA
 CANTIDAD : 10.0000
 PRECIO UNITARIO : 243,095.58
 TOTAL : 2,430,955.58

Insumo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Materiales					
ACRILICO	2.1450	m ²	87,073.00	186,771.58*	76.83
PLACAS DE 6 mm DE ESPESOR					
Total Materiales (76.83%)				186,771.58	
Subcontratos (23.17%)				56,324.00	
Costo Directo :				243,095.58	
Indirectos (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				243,095.58	
Financiamiento (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				243,095.58	
Utilidad (0.00%) :				0.00	
Total :				243,095.58	

84 DOSCIENTOS CUARENTA Y TRES MIL NOVENTA Y CINCO PESOS 58/100 88

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

.....
 Análisis de Precios Unitarios

Clave : B-03

SURTIMISTRO Y CORTE DEL MATERIAL AISLANTE QUE SE COLOCARÁ ENTRE LAS LAMINAS QUE FORMARÁN LAS PAREDES EN AMBOS TIPOS DE PANELES.

UNIDAD : M2
 CANTIDAD : 115.9000
 PRECIO UNITARIO : 39,221.97
 TOTAL : 4,510,526.55

Insumo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Materiales					
POLIURETANO	1.9100	M2	32,794.00	33,121.90+	84.45
FIELTRO AISLANTE RIGIDO					
PEGAMENTO DE CONTACTO	0.0500	LT	20,000.00	1,000.00+	2.55
Total Materiales (87.00%)				34,121.94	
Mano de Obra					
OFICIAL HERRERO	0.1000	Jor	32,520.00	3,252.00+	8.29
AYUDANTE GENERAL	0.1000	Jor	16,994.88	1,699.49+	4.33
Total Mano de Obra (12.62%)				4,951.49	
Equipo y Herr.					
HERR	0.0300	(LMO)	4,951.49	148.54+	0.38
Total Equipo y Herr. (0.38%)				148.54	
Costo Directo				39,221.97	
Indirectos (0.00%)				0.00	
Subtotal				39,221.97	
Financiamiento (0.00%)				0.00	
Subtotal				39,221.97	
Utilidad (0.00%)				0.00	
Total				39,221.97	

TREINTA Y NUEVE MIL DOSCIENTOS VEINTIUN PESOS 97/100

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Clave: B-04

SUMINISTRO Y HABILITADO DEL MULTIPANEL QUE SE UTILIZA PARA
FORMAR EL MARCO, LA CUBIERTA Y LA PUERTA DE ENTRADA.

UNIDAD : M2
CANTIDAD : 11.000
PRECIO UNITARIO : 241,772.53
TOTAL : 2,659,497.83

Insumo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Materiales					
MULTIPANEL	1.0000	M2	110,000.00	110,000.00*	45.50
SUJECIONES ESPECIALES PARA SOPORTAR EL MULTIPANEL	10.0000	PIA	2,000.00	20,000.00*	8.27
BISAGA PARA EL AJUSTAMIENTO DE LA PUERTA	6.0000	PIA	2,000.00	12,000.00*	4.76
ACRILICO PLACAS DE 6 mm DE ESPESOR	0.1600	M2	87,973.00	13,931.68*	5.76
Total Materiales (64.50%) :				155,931.68	
Mano de Obra					
CUADRILLA 20 1 OFICIAL HERRERO + 1 AYUDANTE	1.5000	Jor	55,560.42	83,340.63*	34.47
OFICIAL HERRERO	1.5000	Jor	32,520.00	48,780.00	20.18
AYUDANTE DE HERRERO	1.5000	Jor	23,040.42	34,560.63	14.29
Total Mano de Obra (34.47%) :				83,340.63	
Equipo y Herr.					
HERR HEER	0.0300	ESIND	83,340.63	2,500.22*	1.03
Total Equipo y Herr. (1.03%) :				2,500.22	
Costo Directo :				241,772.53	
Indirectos (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				241,772.53	
Financiamiento (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				241,772.53	
Utilidad (0.00%) :				0.00	
Total :				241,772.53	

241,772.53 DOSCIENTOS CUARENTA Y UN MIL SETECIENTOS SETENTA Y DOS PESOS 53/100 18

Construcción de Alberque de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Análisis de Precios Unitarios

Clave : C-01

SUMINISTRO Y HABILITADO DEL MULTIPANEL QUE FORMA LA ESTRUCTURA DEL FISO. ESTE CONCEPTO INCLUYE EL CORTE DEL MULTIPANEL PARA OBTENER LAS DIMENSIONES PERJERIDAS.

UNIDAD : PZA
 CANTIDAD : 1.0000
 PRECIO UNITARIO : 5,816,454.47
 TOTAL : 5,816,454.47

Insumo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Materiales					
MULTIPANEL	51.8000	M2	110,000.00	5,698,000.00*	97.98
Total Materiales (97.96%) :				5,698,000.00	
Mano de Obra					
CUADRILLA 20	2.0000	Jor	55,540.42	111,120.84*	1.91
1 OFICIAL HERRERO + 1 AYUDANTE					
OFICIAL HERRERO	2.0000	Jor	32,520.00	65,040.00	1.12
AYUDANTE DE HERRERO	2.0000	Jor	21,040.42	42,080.84	0.79
Total Mano de Obra (1.91%) :				111,120.84	
Equipo y Herr.					
CALADORA PARA CORTE EN LAMINA	20.0000	HR	200.00	4,000.00*	0.07
HERR	0.0200	(S)MO	111,120.84	3,333.63*	0.06
Total Equipo y Herr. (0.13%) :				7,333.63	
Costo Directo :				5,816,454.47	
Indirectos (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				5,816,454.47	
Financiamiento (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				5,816,454.47	
Utilidad (0.00%) :				0.00	
Total :				5,816,454.47	

SE CINCO MILLONES OCHOCIENTOS DIEZ Y SEIS MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO PESOS 47/100 00

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Análisis de Precios Unitarios

Clave : C-02

HABILITACION DEL MATERIAL DE LA ESTRUCTURA DEL PISO.

INCLUIE: A) CORTES Y SOLDADURAS DE PERFILES CANAL DE 4" x 2"

B) TIRANTES DE SOPORTE DEL MULTIPANEL

C) PINTURA

UNIDAD :	PZA	
CANTIDAD :		1.0000
PRECIO UNITARIO :		3,362,853.67
TOTAL :		3,362,853.67

Ítem	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Materiales					
PERFIL "U" 4" x 2"	480.0000	KG	1,700.00	816,000.00*	24.27
PLACAS DE 3/16" DE ESPESOR EN 20 x 40 cm PARA	10.0000	PZA	5,400.00	54,000.00*	1.61
BUILDOS DE 1" x 12" PARA SUJETAR LAS PLACAS A LA	44.0000	PZA	12,500.00	550,000.00*	16.36
ANGULO 2.5" x 3/16" DE PESO = 4.6 Kg/m	0.0000	KG	1,800.00	0.00*	0.00
TORNILLOS 1/2" x 2" PARA ARRIAR LAS VIGAS	22.0000	PZA	2,500.00	55,000.00*	1.64
PLACA CENTRAL PARA EL APOYO AL CENTRO DE LAS VIGAS	1.0000	PZA	20,000.00	20,000.00*	0.59
BUILD 1/2" x 6" PARA LA SUJECION DEL MULTIPANEL A LAS	180.0000	ML	5,000.00	900,000.00*	26.76
Total Materiales (71.22%) :				2,395,000.00	
Mano de Obra					
CUADRILLA 20 1 OFICIAL HERRERO + 1 AYUDANTE	16.0000	Jor	55,540.42	555,647.20*	16.52
OFICIAL HERRERO	10.0000	Jor	32,520.00	325,200.00	9.67
AYUDANTE DE HERRERO	10.0000	Jor	23,640.42	236,404.20	6.85
OFICIAL PINTOR	2.0000	Jor	23,640.42	46,080.84*	1.37
AYUDANTE GENERAL	2.0000	Jor	16,994.88	33,989.76*	1.01
Total Mano de Obra (18.90%) :				635,674.80	
Equipo y Herr.					
EQUIPO DE SOLDADURA DE ARCO ELECTRICO, MARCA MILLER, 250 AMP	40.0000	HR	5,245.56	209,822.40*	6.24
PULIDORA BOSH 2500 RPM	12.0000	HR	1,652.13	19,825.56*	0.59

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Análisis de Precios Unitarios

Inscrito	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
COMPRESORA	11.0000	HR	3,542.13	38,963.43*	1.18
POMPA DE AIRE Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO					
MEPR	0.1000	(TIPO)	635,674.00	63,567.40*	1.89
Total Equipo y Herr. (9.88%) :				332,178.87	

Costo Directo :	3,362,853.67
Indirectos (0.00%) :	0.00
Subtotal :	3,362,853.67
Financiamiento (0.00%) :	0.00
Subtotal :	3,362,853.67
Utilidad (0.00%) :	0.00
Total :	3,362,853.67

** TRES MILLONES TRESCIENTOS SESENTA Y DOS MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y TRES PESOS 67/100 **

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Clave : 9-00
 ARMADO DE PRUEBA DE LA ESTRUCTURA EN TALLER, INCLUYE DESAR-
 MADO Y EMBALAJE DE LAS PIEZAS.

UNIDAD : PZA
 CANTIDAD : 1.0000
 PRECIO UNITARIO : 286,050.42
 TOTAL : 286,050.42

Insumo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Mano de Obra					
OFICIAL HERRERO	3.0000	Jor	32,520.00	97,560.00+	34.11
AYUDANTE DE HERRERO	4.5000	Jor	23,040.42	103,681.89+	36.25
AYUDANTE GENERAL	4.5000	Jor	16,994.88	76,476.96+	26.74
Total Mano de Obra (97.09%) :				277,718.85	
Equipo y Herr.					
HERR	0.0300	(3)NO	277,718.85	8,331.57+	2.91
Total Equipo y Herr. (2.91%) :				8,331.57	
Costo Directo :				286,050.42	
Indirectos (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				286,050.42	
Financiamiento (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				286,050.42	
Utilidad (0.00%) :				0.00	
Total :				286,050.42	

11 DOSCIENTOS OCHENTA Y SEIS MIL CINCUENTA PESOS 42/100 11

Construcción de Albergue de Alta Montaña
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

.....
Análisis de Precios Unitarios
.....

Ciave : E-00
FLETE GENERAL DE MATERIALES, MANO DE OBRA Y EQUIPO DEL
TALLER -D.F.-, AL PIC DEL VOLCAN.

UNIDAD : COM
CANTIDAD : 1.0000
PRECIO UNITARIO : 791,959.04
TOTAL : 791,959.04

Insumo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Mano de Obra					
AYUDANTE GENERAL	8.0000	Jor	16,994.88	135,959.04*	17.17
Total Mano de Obra (17.17%) :				135,959.04	
Equipo y Herr.					
CAMION	8.0000	HR	25,000.00	200,000.00*	25.25
Total Equipo y Herr. (25.25%) :				200,000.00	
Auxiliares					
TRANSPORTACION	8.0000	VIAJE	22,000.00	176,000.00*	22.22
Traslado de la Ciudad de Mexico al lugar de la obra					
VIATICOS	8.0000	DIA	35,000.00	280,000.00*	35.34
Total Auxiliares (57.58%) :				456,000.00	
Costo Directo :				791,959.04	
Indirectos (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				791,959.04	
Financiamiento (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				791,959.04	
Utilidad (0.00%) :				0.00	
Total :				791,959.04	

84 SETECIENTOS NOVENTA Y UN MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y NUEVE PESOS 04/100 84

Construcción de Albergue de Alta Montaña
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Clave: E-01

FLETE DEL MATERIAL Y EQUIPO DEL PIE DEL VOLCAN A LOSAR DE
REEMPLAZO DE LA ESTRUCTURA -TRES CRUCES-

UNIDAD : COMJ
CANTIDAD : 1.0000
PRECIO UNITARIO : 1,847,938.56
TOTAL : 1,847,938.56

Insumo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Mano de Obra					
AYUDANTE GENERAL	12.0000	Zor	16,914.86	203,938.56*	11.04
Total Mano de Obra (11.04%) :				203,938.56	
Equipo y Herr.					
REP TIPO DE AGUILE TRACCION	24.0000	HR	42,000.00	1,008,000.00*	58.44
Total Equipo y Herr. (58.44%) :				1,080,000.00	
Auxiliares					
HOSPERAJE EN EL ALBERGUE DE PLANICAS	12.0000	DIA	12,000.00	144,000.00*	7.79
VIATICOS	12.0000	DIA	25,000.00	300,000.00*	22.73
Total Auxiliares (30.52%) :				544,000.00	
Costo Directo :				1,847,938.56	
Indirectos (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				1,847,938.56	
Financiamiento (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				1,847,938.56	
Utilidad (0.00%) :				0.00	
Total :				1,847,938.56	

18 UN MILLON OCHOCIENTOS CUARENTA Y SIETE MIL NOVECIENTOS TREINTA Y OCHO PESOS 56/100 18

Construcción de Albergue de Alta Montaña
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

.....
Análisis de Precios Unitarios
.....

Clave : E-02

CONSTRUCCION DE JAPATAS DE CIMENTACION EN EL LUGAR DE DES-
PLANTE DE LA ESTRUCTURA.

UNIDAD : PZA
CANTIDAD : 10.0000
PRECIO UNITARIO : 624,523.81
TOTAL : 6,245,238.10

Insumo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Materiales					
MORTERO 1 : 1	0.3500	M3	124,617.60	41,123.81*	6.58
CEMENTO	168.3000	KG	186.76	31,465.37	5.04
ARENA	0.3630	M3	25,000.00	9,075.90	1.45
AGUA	0.0898	M3	6,500.00	583.70	0.09
Total Materiales (6.58%)				41,123.81	
Mano de Obra					
OFICIAL	2.0000	Jor	55,000.00	110,000.00*	17.61
PEON	2.0000	Jor	35,000.00	70,000.00*	11.21
Total Mano de Obra (28.82%)				180,000.00	
Equipo y Herr.					
HERR	0.0300	131M3	180,000.00	5,400.00*	0.86
Total Equipo y Herr. (0.86%)				5,400.00	
Auxiliares					
TRANSPORTACION Traslado de la Ciudad de Mexico al lugar de la obra	6.0000	VIAJE	22,000.00	132,000.00*	21.14
HOSPEDAJE EN EL ALBERGUE DE TLAMACAS	18.0000	DIA	12,000.00	216,000.00*	34.59
Total Auxiliares (55.72%)				348,000.00	
Acarreo (8.01%)				50,000.00	
Costo Directo :				624,523.81	
Indirectos (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				624,523.81	
Financiamiento (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				624,523.81	
Utilidad (0.00%) :				0.00	
Total :				624,523.81	

66 SEISCIENTOS VEINTICUATROS MIL QUINIENTOS VEINTITRES PESOS 61/100 88

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Clave: F-00

ANEXO FINAL DE LA ESTRUCTURA EN EL LUGAR ELEJIDO.

UNIDAD: PIA
 CANTIDAD: 1,0000
 PRECIO UNITARIO: 2,695,873.27
 TOTAL: 2,695,873.27

Ítem	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Mano de Obra					
OFICIAL HERRERO	4.0000	Jor	32,520.00	130,080.00*	4.83
AYUDANTE DE HERRERO	8.0000	Jor	22,040.42	176,323.36*	6.84
AYUDANTE GENERAL	8.0000	Jor	16,994.80	135,958.04*	5.04
Total Mano de Obra (16.71%) :				450,362.40	
Equipo y Herr.					
HERR	0.0300	UNID	450,362.40	13,510.87*	0.50
Total Equipo y Herr. (0.50%) :				13,510.87	
Auxiliares					
TRANSPORTACION	16.0000	VIAJE	22,000.00	352,000.00*	13.06
Traslado de la Ciudad de Mexico al lugar					
HOSPEDAJE	40.0000	DIA	12,000.00	480,000.00*	17.80
EN EL ALBERGUE DE TLAMACAS					
VIATICOS	40.0000	DIA	35,000.00	1,400,000.00*	51.93
Total Auxiliares (82.79%) :				2,232,000.00	
Costo Directo :				2,695,873.27	
Indirectos (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				2,695,873.27	
Financiamiento (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				2,695,873.27	
Utilidad (0.00%) :				0.00	
Total :				2,695,873.27	

88 DOS MILLONES SEISCIENTOS NOVENTA Y CINCO MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y TRES PESOS 27/100 88

Construcción de Albergue de Alta Montaña

Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Clave : F-01

LIMPIEZA DE LA OBRA Y RETIRO DE EQUIPO

UNIDAD : COMJ
 CANTIDAD : 1.0000
 PRECIO UNITARIO : 70,018.91
 TOTAL : 70,018.91

Insano	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Mano de Obra					
AYUDANTE GENERAL	4.0000	Jor	16,994.88	67,979.52	97.09
Total Mano de Obra (97.09%) :				67,979.52	
Equipo y Herr.					
HERR	0.0300	(1)MO	67,979.52	2,039.39	2.91
Total Equipo y Herr. (2.91%) :				2,039.39	
Costo Directo :				70,018.91	
Indirectos (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				70,018.91	
Financiamiento (0.00%) :				0.00	
Subtotal :				70,018.91	
Utilidad (0.00%) :				0.00	
Total :				70,018.91	

70 SETENTA MIL DÍEZ Y OCHO PESOS 91/100 00

Construcción de Albergue de Alta Montaña
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Explosión de Insumos					
Insumo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
Materiales					
ACRILICO PLACAS DE 6 mm DE ESPESOR	23.2100	M2	97.036.00	2,029,105.56	5.60
AGUA	3.8976	M3	6,500.00	5,334.40	0.02
ARBOL 2.3" x 3/16" DE PESO = 4.6 Kg/c	6.0000	KG	1,800.00	0.00	0.00
ARENA	7.6300	M3	25,000.00	19,750.00	0.25
BIRLO 1/2" x 6" PARA LA SUJECION DEL MULTIPANEL A LAS VIGAS.	15.0000	PC	5,000.00	70,000.00	0.25
BIRLOS DE 1" x 10" PARA SUJETAR LAS PLACAS A LA CIMENTACION	44.0000	PZA	12,500.00	550,000.00	1.52
BISAGRA PARA EL ABATIMIENTO DE LA PUERTA	56.0000	PZA	2,000.00	132,000.00	0.37
BROCA 3/16" PARA METAL. DE 3/16" DE DIAMETRO	7.2960	PZA	1,530.00	11,162.88	0.03
CEMENTO CEMENTO GRIS	1.683.0000	KG	186.76	314,653.66	0.87
CRÓMIO DE ZINC PRIMARIO ANTICORROSIVO	25.2150	LT	2,200.00	55,473.00	0.15
DISCO DE DESASTIE PARA PULIDORA	2.1000	PZA	15,800.00	33,180.00	0.09
LAPINA CAL 16 NEGRA CON UN PESO DE 12.2 Kg/m2	189.2592	kg	1,620.00	306,599.90	0.85
LAPINA CAL 26 LAPINA NEGRA DE 0.9 mm DE ESPESOR	365.7400	KG	1,620.00	1,402,498.80	3.89
MULTIPANEL	62.8000	M2	110,000.00	6,908,000.00	19.14
PESAJENTO DE CONTACT.	5.7500	LT	20,000.00	115,000.00	0.32
PERFIL "U" 4" x 2"	489.0000	KG	1,700.00	833,000.00	2.26
PERFIL ANSA C100 PIEZA DE 6.4 m	0.3334	PZA	15,000.00	5,001.00	0.01
PERFIL ANSA #300 PIEZA DE 6.1 m	3.3324	PZA	27,000.00	9,001.80	0.02

Construcción de Albergue de Alta Montaña
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Explosión de Insumos

Insumo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
PINTURA ACRILICA PARA SUPERFICIES METALICAS	72.3130	LT	8,278.00	598,028.51	1.66
PLACA CENTRAL PARA EL APOTD AL CENTRO DE LAS VIGAS RADIALES	1.0000	PIA	20,000.00	20,000.00	0.06
PLACAS DE 3/16" DE ESPESOR EN 20 x 40 cm PARA LA SECCION DE LOS NUDOS DE APOTD A LAS ZAPATAS.	10.0000	PIA	5,400.00	54,000.00	0.15
POLIURETANO FIELTRO AISLANTE RIGIDO	116.1500	M2	22,794.00	3,809,023.10	10.56
PRIMER PRIMARIO EPOLIDO ROJO	0.5720	LT	1,594.00	911.77	0.00
SOLDADURA 60-10 EN 3/16" DE DIAMETRO	40.7500	VE	4,700.00	191,525.00	0.53
SUJECIONES ESPECIALES PARA SOPORTAR EL MULTIPANEL EN FORMA DE ANGULO	110.0000	PIA	2,000.00	220,000.00	0.61
THIMMER	43.1080	LT	1,594.00	68,714.15	0.19
TORNILLO 3/8 TORNILLO ESTANDAR	8.0000	PIA	1,200.00	9,600.00	0.03
TORNILLOS 1/2" x 2" PARA ARMAR LAS VIGAS	22.0000	PIA	2,500.00	55,000.00	0.15
TUBO RIGIDO 2" TUBO INDUSTRIAL CAL.14	162.8000	ML	1,043.50	169,881.80	0.47
VARILLA DE 3/16 VARILLA DE ACERO SIN CORUSAR DE 3/16 DE DIAMETRO TIPO COLD ROLL	2.0000	ML	800.00	1,600.00	0.00
Total Materiales (50.06%)				18,063,545.85	
Mano de Obra					
AYUDANTE DE HERRERO	78.3785	Jor	23,040.42	1,805,873.56	5.00
AYUDANTE GENERAL	67.6824	Jor	16,954.86	1,150,254.27	3.19
OFICIAL	20.0000	Jor	55,000.00	1,100,000.00	3.05
OFICIAL HERRERO	64.3785	Jor	32,520.00	2,143,998.82	7.60
OFICIAL PINTOR	13.7440	Jor	23,040.42	317,589.15	0.88

Construcción de Alberque de Alta Montaña
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Explosión de Insumos

Item	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	%
PEON	29.0000	Jor	35.000.00	700.000.00	1.94

Total Meno de Obra (21.67%) : 7,817,705.61

Equipo y Herr.

MALASOPA PARA CORTE EN LANTAM	01.0000	HR	200.00	12,430.00	0.03
CAMION	3.0000	HR	25,000.00	250,000.00	0.55
COMPRESORA BOMBA DE AIRE Y TANQUE DE ALMACENAMIENTO	31.0010	HR	3,540.13	109,829.57	0.30
EQUIPO DE SOLDADURA DE ARCO ELECTRICO. MARCA MILLER, 250 AMP	12.5075	HR	5,745.56	718,547.02	1.07
HERN	1.0000	TRING	265,497.85	265,497.85	0.74
PULIDORA BOSH 2500 RPM	24.7465	HR	1,622.12	40,084.44	0.11
TALADRO TALADRO B&B	12.7465	HR	2,500.00	31,866.25	0.09
TANQUE DE INMERSION RECIPIENTE DE PLASTICO RIGIDO DE 1.80 x 0.20 x 0.40	1.9975	PZA	58,000.00	57,855.00	0.16
YEEP YEEP DE DOBLE TRACCION	24.0000	HR	45,000.00	1,080,000.00	2.99

Total Equipo y Herr. (6.05%) : 2,183,878.09

Auxiliares

HOSPEDAJE EN EL ALBERQUE DE TLMACAS	232.0000	DIA	12,000.00	2,784,000.00	7.72
TRANSPATACION Traslado de la Ciudad de Mexico al lugar de la obra	84.0000	VIAJE	22,000.00	1,848,000.00	5.12
VIATICOS	60.0000	DIA	35,000.00	2,100,000.00	5.82

Total Auxiliares (18.66%) : 6,732,000.00

** Subcontratos ** (2.18%) : 786,984.00

** Acarreos ** (1.39%) : 500,000.00

Construcción de Albergue de Alta Montaña
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Explosión de Insumos

Insumo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total	I
--------	----------	--------	-----------------	-------	---

Resumen

Materiales	1	18,063,545.85	50.66	1
Mano de Obra	1	7,817,705.51	21.57	1
Equipo y Herramienta	1	2,163,878.09	6.05	1
Asesores	1	6,722,050.00	18.66	1
Subcontratos	1	786,784.06	2.18	1
Acerreos	1	500,000.00	1.39	1

Construcción de Alberque de Alta Montaña
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Presupuesto

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Clave: A-00 (0.941)				
FABRICACION DE ESCANTILLONES PARA LA CORRECTA COLOCACION DE LOS CONECTORES EN LAS BARRAS.	*IA	2.000	154,570.13	309,140.26
Clave: A-01 (1.072)				
SUMINISTRO Y MANEJO DE CONECTORES. ESTE PRECIO INCLUYE EL COSTO POR EL MATERIAL Y MANEJO DE LOS CONECTORES, CONSIDERANDO LA PERFORACION QUE LLEVA AL CENTRO CADA UNO, Y EL FLETE CON EL SUBCONTRATISTA.	*B	180.000	2,124.10	382,458.00
Clave: A-02 (0.702)				
SUMINISTRO DE TUBO DE 2" CORTADO EN LAS LONGITUDES PEDI- DAS PARA LA FABRICACION DE BARRAS. ESTE CONCEPTO INCLUYE AMBOS CALIBRES -16 y 14-, CORTES, DES- PERDICIOS Y FLETE.	ML	148.000	1,704.62	252,283.76
Clave: A-03 (1.822)				
FABRICACION DE BARRAS PARA LA ESTRUCTURA, CONSIDERANDO LA ADICION DE TUBO Y CONECTORES. ESTE CONCEPTO INCLUYE EL DESENGRASE DEL MATERIAL POR MEDIO DE SOLVENTES -THINER-, EL ESPEJILADO DE LAS REBARBAS QUE PRODUCE EL CORTE, EL DEPOSITO DE SOLDADURA ENTRE LA BARRA Y EL CONECTOR, ASI COMO LA BARRERACION DE LAS MISMAS.	PIA	105.000	6,290.21	660,472.05
Clave: A-04 (0.721)				
PINTURA Y ACABADO FINAL DE LAS BARRAS. ESTE CONCEPTO INCLUYE EL ESCORFO Y LIMPIEZA DE LAS SOLDADU- RAS, ASI COMO UNA CAPA DE PRIMARIO EPITICO -PRIMER-, Y DOS CAPAS DE PINTURA ACRILICA.	PIA	105.000	2,475.72	259,950.40
Clave: B-00 (3.741)				
SUMINISTRO Y MANEJO DE LAMINA PARA FORMAR LOS MEDIOS EIA- GONOS QUE SERAN PARTE DE LAS PAREDES DE LA ESTRUCTURA. ESTE PRECIO INCLUYE EL DESENGRASE, CORTADO, PINTADO Y BARRER- ADO DE LAS PIEZAS; ASI COMO EL SUBCONTRATO POR LOS DOBLES DEL MATERIAL.	PIA	30.000	105,141.32	3,154,239.60
Clave: B-1A (2.701)				
SUMINISTRO Y MANEJO DE LAMINA QUE FORMA LA PARTE BAJA DE LOS PENTAGONOS QUE SIVEN DE PAREDES A LA ESTRUCTURA. ESTE PRECIO INCLUYE EL DESENGRASE, CORTADO, PINTADO Y BARRER- ADO DE LAS PIEZAS. INCLUYE ADEMAS EL SUBCONTRATO POR LOS DOBLES DEL MATERIAL.	PIA	10.000	97,522.28	975,222.80
Clave: B-1B (0.501)				
SUMINISTRO Y MANEJO DE LAMINA PARA LA PARTE ALTA DEL PENTAGONO SUPERIOR DE LA PARTE DE LA ESTRUCTURA. ESTE PRECIO INCLUYE EL DESENGRASE, CORTADO, PINTADO Y BARRER- ADO DE LAS PIEZAS. INCLUYE ADEMAS EL SUBCONTRATO POR LOS DOBLES DEL MATERIAL.	PIA	2.000	90,249.29	180,498.58

Construcción de Alberque de Alta Montaña
 Facultad de Ingeniería U.N.A.M.

Presupuesto

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio U.	Total
Claves P-02 (8.73%) SUNISTRIBO Y MANDILA DE PANELES DE ACRILICO PARA LA ILUMINACION INTERIOR DE LA ESTRUCTURA.	PZA	10.0000	243,616.22	2,430,162.20
Claves P-03 (12.50%) SUNISTRIBO Y MONTE DEL MATERIAL AISLANTE QUE SE COLOCARA ENTRE LAS LAMINAS QUE FORMARAN LAS PAREDES EN AMBOS TIPOS DE PANELES.	M2	115.0000	39,121.97	4,510,526.55
Claves E-04 (7.37%) SUNISTRIBO Y HABILITADO DEL MULTIPANEL QUE SE UTILIZA PARA FORMAR EL MARCO, LA CUBIERTA Y LA PUERTA DE ENTRADA.	M2	11.0000	241,766.61	2,659,432.71
Claves C-01 (16.12%) SUNISTRIBO Y HABILITADO DEL MULTIPANEL QUE FORMA LA ESTRUCTURA DEL PISO. ESTE CONCEPTO INCLUYE EL CORTE DEL MULTIPANEL PARA OBTENER LAS DIMENSIONES FERRETERIAS.	PZA	1.0000	5,816,454.47	5,816,454.47
Claves C-02 (7.07%) HABILITACION DEL MATERIAL DE LA ESTRUCTURA DEL PISO. INCLUYE: A) CORTES Y SOLDADURAS DE PERFILES CANAL DE 4" x 2" B) TIRANTES DE SOPORTE DEL MULTIPANEL C) PINTURA	PZA	1.0000	2,352,853.67	2,352,853.67
Claves D-00 (0.79%) ARMADO DE PRUEBA DE LA ESTRUCTURA EN TALLER, INCLUYE DESARMADO Y ENBLAJE DE LAS PIEZAS.	PZA	1.0000	206,050.42	206,050.42
Claves E-00 (2.19%) FLETE GENERAL DE MATERIALES, MANO DE OBRA Y EQUIPO DEL TALLER -D.F.- AL PIE DEL VOLCAN.	COMJ	1.0000	791,959.04	791,959.04
Claves E-01 (5.12%) FLETE DEL MATERIAL Y EQUIPO DEL PIE DEL VOLCAN AL LUGAR DE DESPLANTE DE LA ESTRUCTURA -TRES CRUCES-.	COMJ	1.0000	1,847,928.56	1,847,928.56
Claves E-02 (17.31%) CONSTRUCCION DE JAPATAS DE CIMENTACION EN EL LUGAR DE DESPLANTE DE LA ESTRUCTURA.	PZA	10.0000	624,523.81	6,245,238.10
Claves F-00 (7.47%) ARMADO FINAL DE LA ESTRUCTURA EN EL LUGAR ELESTICO.	PZA	1.0000	2,195,873.27	2,195,873.27
Claves F-01 (0.19%) LIMPIEZA DE LA OBRA Y RETIJO DE EQUIPO	COMJ	1.0000	70,018.91	70,018.91

9 CONCLUSIONES

La construcción de un albergue de alta montaña, tiene varios puntos importantes que no se pueden perder de vista para lograr un resultado adecuado y satisfactorio:

El primer punto es justificar su construcción, esto se hace en base a la relación beneficio/costo, sin embargo el "beneficio" es una cuestión hasta cierto punto subjetiva que depende del establecimiento de un "criterio de decisión". Esto es así, porque no se puede establecer de una forma monetaria el beneficio que puede tener la construcción de una obra como esta.

Para resolver el tipo de problemas planteado anteriormente se utiliza una herramienta matemática llamada "teoría de decisiones". El problema puede hacerse lo completo que uno quiera. Nosotros hicimos intervenir las variantes de posibles ubicaciones contra facilidad de construcción, número de usuarios beneficiados etc, dando como resultado el establecimiento del albergue en el lugar denominado "Tres Cruces".

La dimensión del albergue, fué también otro punto importante ya que hace intervenir muchos aspectos: el peso de la estructura, su adecuado funcionamiento estructural, el número de personas que pueden hacer uso de éste, etc.

El clima de el lugar nos hizo escoger entre varios materiales, que fueran resistentes a la acción de los factores climáticos y a la vez ligeros. El multipanel fué la solución escogida para dar las características de aislamiento térmico; el acero es el que dará consistencia estructural a la construcción, y la roca del lugar nos servirá para los basamentos. Con la combinación de estos tres materiales, la funcionalidad estructural de la construcción es satisfactoria.

Para el análisis estructural, se consideró esta estructura como una armadura en tres dimensiones, es decir, como una estructura espacial.

En su momento explicamos la necesidad del uso de computadora para este tipo de análisis. La búsqueda de la justificación de la forma, en cuanto a los requerimientos y solicitudes que tendría nos llevó a escoger una estructura geodésica de frecuencia 4, con 41 nodos y 105 barras, algunas de las cuales tienen diferentes calibres según los resultados arrojados por el cálculo.

El diseño del conector o nodo es patentado, por lo que su uso requiere autorización. En el cálculo consideramos una carga poco frecuente en nuestro medio, la ejercida por el peso de la nieve, vimos que no obstante su carácter transitorio los efectos que produce sobre los elementos son los más considerables, esta carga fue determinante en la forma de la estructura.

El diseño por compresión de las barras es determinante en esta estructura, dada la relación de longitud y radio de giro de las barras. En general concluimos que el análisis estructural es fundamental para el correcto diseño en estas estructuras y ocupó una parte importante de este trabajo.

El carácter de prefabricación de la estructura nos permitirá hacer un armado de prueba, que garantizará la impermeabilidad de la estructura y reducirá el tiempo de armado en el lugar del armado final, con la ventaja adicional de evitar posibles eventualidades.

La fecha de inicio de actividades es función del clima ya que las condiciones atmosféricas son excepcionalmente hostiles en esas altitudes, por lo que se debe elegir una temporada adecuada.

El costo de la estructura es aparentemente alto, ya que los materiales ligeros y resistentes son caros en comparación con los únicamente ligeros o los únicamente fuertes. Por supuesto los materiales adiabáticos son aún más caros; siendo este el concepto más elevado en el costo. Por otro lado las dificultades de construcción y su especialización hace que la mano de obra sea cara también, por lo que este tipo de estructuras no pueden ser consideradas como baratas. Sin embargo su costo no es prohibitivo si consideramos la utilidad y la reducción en costos de operación de un albergue de otras características. La seguridad que implicaría para los usuarios que llegarán hasta este sitio no tendría valor.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- ESTUDIOS DE VULCANISMO EN LA REP. MEXICANA
UNAM México 1965
- 2.- Registros Climatológicos
Observatorio Nacional México 1990
- 3.- Sistema de Información Geográfica S.A.
Carta topográfica - Valle de México -
- 4.- Springal G.R. HIDROLOGIA
Series del Instituto de Ingeniería No D-7
U.N.A.M. México 1970
- 5.- Lehmann GEOMETRIA ANALITICA
Ed. Hispanoamericana México 1968
- 6.- Luthé G.R. ANALISIS ESTRUCTURAL
Representaciones y Servicios de Ingeniería
México 1983
- 7.- Tepale D.J.R. ESTRUCTURAS DE ACERO
Tesis, Instituto Politécnico Nacional
México 1989
- 8.- Bowles J.E. DISEÑO DE ACERO ESTRUCTURAL
Editorial Limusa México 1984
- 9.- Normas Técnicas Complementarias para Diseño
y Construcción de Estructuras de Mampostería
Gaceta Oficial del D.D.F. México 1987
- 10.- Boletín Técnico Multipanel
San Nicolás de las Garzas N.L. México 1986
- 11.- Instituto Mexicano de la Construcción en Ace
(IMCA) MANUAL DE CONST. EN ACE
Ed. Limusa 1a. edición México 19
- 12.- Catálogo 21 PERFILES Y TUBOS PROLAMSA

- 13.- Rivera A. F. ESCUELA DE ALPINISMO Y ESQUI
Tesis profesional UNAM México 1965
- 14.- Comisión Federal de Electricidad
Manual de Diseño de Obras Civiles
Estructuras C.1.4 DISEÑO POR VIENTO
- 15.- M. Antill. J. METODO DE LA RUTA CRITICA
-y sus aplicaciones a la construcción-
Editorial Limusa México 1978
- 16.- Varela Leopoldo
COSTOS DE CONSTRUCCION PESADA Y EDIFICACION
Compuobras México 1990