



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

"ARAGÓN"

INGENIERÍA CIVIL

26
2 e/

DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

JOSÉ ROBERTO FERNÁNDEZ PÉREZ

ENEP



ARAGON

ASESOR: M. EN I. DANIEL VELAZQUEZ VAZQUEZ

ARAGÓN, EDO DE MÉXICO

1995

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

ÍNDICE

	página
INTRODUCCIÓN	
CAPITULO I ANTECEDENTES	1
CAPITULO II SOLICITACIONES DE CARGA	8
CAPITULO III ANÁLISIS ESTRUCTURAL A BASE DE LA COMPUTADORA	23
CAPITULO IV DISEÑO ESTRUCTURAL	54
CAPITULO V.-CONCLUSIONES	100
BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXO	

Integrantes del Jurado:

PRESIDENTE: ING MANUEL MARTÍNEZ ORTIZ
VOCAL: ING. ROMULO HERNÁNDEZ PÉREZ
SECRETARIO: ING. IGNACIO E. HERNÁNDEZ QUINTO
SUPLENTE: M. en I. DANIEL VELÁZQUEZ VÁZQUEZ
SUPLENTE: ING. ALEJANDRO ARECHIGA JURADO

Dedicatorias:

Con este Trabajo se pretende de alguna manera sencilla , reconocer la labor de la UNAM, que me brindo la oportunidad de desarrollarme en la carrera de Ingeniería Civil, dentro de las instalaciones de la ENEP ARAGÓN, como complemento de mi carrera, elabore esta tesis, la que brindo como tributo, ya que la realice con esfuerzo y dedicación, para que quien sienta ó tenga el interés de como realizar el análisis y diseño de una estructura de este tipo que no es tan común al menos en el área civil, pueda entenderla de una manera sencilla. Quiero también realizar la labor de aquellas personas que nunca me dejaron de impulsar e motivarme en que culminara mi trabajo, dentro de estas personas destacan dos:

Silvestre Fernández Luna
Felipa Pérez Navarro

Mis Padres, que me han brindado su apoyo durante toda mi vida.

Elvira
Mario
José Luis
María Graciela

Mis hermanos.

María Magdalena

Mi esposa.

Roberto

Mi hijo

Agradecimientos:

Al sentir que se logra una de las metas más deseadas, no sin antes pasar una serie de problemas y obstáculos que la vida misma nos tiene preparados y al volver la vista atrás, no puede uno más que valorar a las personas que de alguna forma o de otra a tenido el bien de apoyar y dar crédito a lo que cada uno puede lograr.

A MIS PADRES:

Como testimonio de gratitud por los múltiples sacrificios realizados en mi formación profesional, y con eterno agradecimiento por su apoyo, confianza y orientaciones brindadas durante el logro de mi meta fijada.

A MIS HERMANOS:

Quienes han sido estímulo constante en mi carrera y han participado de mis alegrías y tristezas. Para ellos, merecedores de todo mi cariño y comprensión.

A TODA MI FAMILIA:

Por su confianza, comprensión y apoyo que siempre me han brindado, eso para mí, es un gran estímulo para seguir adelante.

A MIS COMPAÑEROS:

Con quienes he convivido momentos de alegría, de estudio, de trabajo.

A LOS PROFESORES:

Por el esfuerzo, realizado en mi formación.

A LA ENEP ARAGÓN:

Que nos ofreció sus instalaciones.

A LA UNAM

A la institución que nos ofrece elevar nuestro conocimiento sin tomar en cuenta ninguna distinción.

INTRODUCCIÓN

Ante el desarrollo del mercado Eléctrico y más particularmente, con el proceso de nacionalización de la industria, a partir de 1960, se propició la expansión de una red constituida por Centrales de generación hidroeléctrica y termoeléctrica principalmente y regiones de transmisión, hasta llegar, en sucesivas etapas de interconexión, a constituirse un Sistema Interconectado Nacional.

Ha sido un esfuerzo grande que, sin embargo, tiene una característica que es importante destacar. Los componentes y equipos que constituyen el potencial de generación de las distintas Centrales tienen las más diversas especificaciones. Esto se explica, porque las Centrales generadoras se han instalado con diseños del exterior y a su realización, en México se han añadido la inventiva de los ingenieros y técnicos mexicanos, todo lo cual originó que se levantara paulatinamente una enorme infraestructura.

Fue así como la Comisión Federal de Electricidad, fue obteniendo su propia experiencia y observando el desarrollo de otros países, y con los contratos que se daban al exterior, que se tenían que aprobar aquí, se fue realizando una tarea ardua pero que en un futuro no lejano iba a realizar los frutos deseados, poder realizar los diseños estructurales aquí en México. Fue ahí donde La Comisión Federal de Electricidad fue obteniendo un crédito Nacional, siendo la segunda Paraestatal mas importante de México, solo por debajo de Petróleos Mexicanos.

Se definió un diseño con el nivel tecnológico adecuado a las condiciones generales del país, exento de sofisticaciones tecnológicas, a excepción de los sistemas de control automático. En toda empresa eléctrica son prioritarias: Seguridad en la Operación, optimización en el consumo de combustible enormes cantidades de energía primaria, prolongación de la vida útil de los equipos. Todo esto lleva a la búsqueda de una tecnología avanzada en sistema de control.

La búsqueda de un alta eficiencia requiere de mayores inversiones y éstas solo se justifican cuando el ahorro de combustible se traduce en substanciales decrementos en los costos de operación, por lo que, la toma de decisiones debe de guardar un equilibrio entre estos dos extremos.

Una central generadora de máxima eficiencia, por ejemplo, requiere de las más altas temperaturas y éstas a su vez, de la más avanzada metalurgia, lo que se traduce en la exigencia de una tecnología más avanzada, por parte del fabricante, todo lo cual tiene que ser ponderado cuando se fije el objetivo de asimilar tecnologías, con miras a la integración nacional.

Pero debido a los problemas que aquejan al País en estos momentos, y a lo reducido del presupuesto que se le da a la Comisión Federal de Electricidad han llevado como consecuencia, caer en un financiamiento por parte de la Empresas Constructoras que ahora se encargan desde el Análisis, Diseño y Construcción de las Diferentes Centrales. Siendo esto un problema porque ahora la Comisión Federal de Electricidad se le ha relegado y sólo se dedica a supervisar el procedimiento constructivo de las Nuevas Centrales. Siendo estas Propiedad de la Comisión, pero dejando que las Constructoras se hagan cargo del suministro de la Energía Eléctrica, en cuanto a los cobros, por un periodo de tiempo en el que recuperan su inversión y posteriormente se la entregan a la Comisión Federal de Electricidad.

Existen diferentes formas de generar Energía Eléctrica como se podrá ver más adelante y en cada una de ellas es indispensable contar con una Subestación para poder realizar la distribución de la Energía.

El presente trabajo de tesis tiene como finalidad de presentar la forma en que se diseña una Subestación Eléctrica en cuanto le corresponde al área civil, ya que una buena parte de su diseño le corresponde al área eléctrica, más que nada en cuanto a zonas de influencia para dar la separación necesaria y cantidad de los conductores para que dicha Subestación pueda rendir al grado óptimo para el que fue diseñada.

Este trabajo fue realizado con la esperanza de que las personas que se interesen en él, puedan consultar y tener una visión clara de como diseñar y tomar en cuenta todas las condiciones necesarias para su desarrollo.

La Subestación en que se desarrollo este trabajo se encuentra ubicada dentro de las instalaciones de la Central Termoeléctrica de San Luis Potosí, de Comisión Federal de Electricidad.

LOCALIZACIÓN

La Central Termoeléctrica SAN LUIS POTOSÍ, se encuentra localizada a 45 kilómetros al sureste de la Ciudad de San Luis Potosí, a 2.8 kilómetros al noreste de la Población de Villa de Reyes por la Carretera Federal No. 37 León-San Luis Potosí.

La Central Termoeléctrica San Luis Potosí, es una de las más importantes fuentes de generación en el centro del País.

Se integra al Sistema Interconectado Central, con dos unidades generadoras de 350 MW cada una, a través de sus líneas de transmisión en 230 KV, a las Subestaciones San Luis Potosí, Querétaro, San Luis II y San Luis de la Paz II.

Su generación cubrirá en forma importante la demanda de la Zona Industrial del Centro, que se comprende los Estados de San Luis Potosí, Aguascalientes, Zacatecas, Guanajuato y Querétaro.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA DE SAN LUIS POTOSÍ.

La Central está compuesta principalmente por dos unidades generadoras de 350 MW cada una con un total de 700 MW de capacidad instalada, las primeras unidades normalizadas del país, con las turbinas colocadas perpendicularmente al eje longitudinal de casa de máquinas.

La construcción es de tipo interperie para los generadores de vapor e interior para los turbogeneradores, con un edificio de casa de máquinas de 123 x 45 x 34 m. de altura, se cuenta además, con un cuarto de control central para las dos unidades.

Los generadores de vapor son de circulación controlada, con domo de vapor y hogar balanceado, recirculación de gases, sobrecalentador radiante y recalentador convectivo, 16 quemadores tangenciales repartidos en cuatro niveles, con una capacidad máxima continua por unidad de 1191.3 Ton/H de vapor sobrecalentado, a una presión de operación de 186 Kg/cm² y temperatura de 541 °C.

Está diseñado para operar indistintamente con el combustible conocido como Buncker "C" (Combustóleo) y , gas natural. Tiene una superficie de calentamiento de 189950 m², su consumo promedio de combustible por unidades de 2019 Ton/día a una presión de vapor de atomización de 10.5 Kg/cm².

CAPITULO I

ANTECEDENTES

Debido a que México necesita una gran producción de energía eléctrica, dada su enorme población y una alta tasa de crecimiento, aunado a esto, un desarrollo industrial cada vez más apremiante, la Comisión Federal de Electricidad ha elaborado y sigue elaborando diferentes tipos de Centrales Eléctricas como son: Hidroeléctricas, Termoeeléctricas, Geotérmicas y ha terminado la construcción de una Central Nucleoeléctrica.

Gracias a que la producción de energía eléctrica es relativamente simple, el hombre ha contado con ella desde fines del siglo pasado. En efecto, se puede obtener energía eléctrica con sólo mover una serie de espiras de cobre (bobina) en el seno del campo magnético producido por un imán. En las terminales de la bobina se generará un voltaje. Si conectamos un foco a ellas, veremos que su filamento se torna incandescente debido al paso de la corriente de electrones.

El conjunto que forman el campo magnético y la bobina se denomina generador y no es otra cosa que una máquina que transforma la energía mecánica, utilizada para mover la bobina, en electricidad.

De acuerdo con lo anterior, para producir energía eléctrica es necesario disponer de un generador y de suficiente energía mecánica para moverlo, de donde se desprende que la energía eléctrica no es más que energía mecánica transformada.

Basándose en este principio, desde hace tiempo el hombre ha podido obtener gran parte de la electricidad construyendo diferentes tipos de Centrales Eléctricas, las cuáles funcionan a grandes rasgos de la siguiente manera:

a) Centrales Hidroeléctricas.

En las Centrales Hidroeléctricas se aprovecha la fuerza hidráulica de una caída de agua, alimentando turboalternadores que producen en general una corriente trifásica a una tensión de aproximadamente 15000 volts. Este voltaje pasa por transformadores elevadores, que levantan la tensión a 60,000, 150,000 ó 220,000 volts, para enviar la corriente posteriormente a los centros de utilización, a veces muy alejados.

Las Centrales Hidroeléctricas pueden clasificarse en dos grupos: Centrales con presa de derivación y Centrales con presa de embalse. Las primeras utilizan el caudal momentáneo del curso del agua, en el que se interpone una presa mínimo de 20 m. de alto para formar la caída indispensable, para que tome fuerza y se han dirigidas a la turbina de la Central. El exceso de agua pasa por encima de la presa. Este tipo de Centrales conviene para ríos importantes, ya que así, se puede obtener una potencia considerable y regularizar el río para la navegación.

Las Centrales con presa de embalse permiten utilizar los ríos con caudal irregular. Se construye una represa alta, que permite crear un salto de agua importante (mayor de 200 m.) y una reserva de agua considerable.

Las represas se construyen en concreto armado ó en tierra compactada; según su forma, se distinguen las presas de gravedad, cuyo peso es suficiente para resistir el empuje de las aguas, y las presas de bóveda, que tienen forma de bóveda acostada, con la convexidad dirigida hacia las aguas y los extremos descargando el empuje de las mismas en las paredes del valle.

En las Centrales de gran caída, el sistema de alimentación comprende una ó varias presas de embalse, situadas a gran altura en las montañas, a veces unidas entre sí. El agua es llevada por el canal de conducción hasta la cámara de carga y desde ahí, por tuberías forzada a la casa de máquinas. Las Centrales comprenden varios grupos de turbo alternadores que pueden trabajar en paralelo y alimentan las barras principales que llevan la corriente hasta los elevadores de tensión.

Las hidroeléctricas, tienen costos de operación y mantenimiento muy bajos, pero necesitan de inversiones iniciales muy altas. Las principales Centrales Hidroeléctricas del País son: Peñitas, Malpaso, Angostura y Chicoasen en Chiapas; Infiernillo, La Virgen, El Humaya y El Novillo en Michoacán; Lerna en Campeche; Zimapán en Hidalgo; Aguamilpa en Nayarit, algunas de estas plantas están en etapa de construcción.

b) Centrales Termoeléctricas.

Las Centrales Termoeléctricas constan de dos partes principales; la parte de calderas que suministra el vapor y la parte de Casa de Máquinas. Las calderas para la producción de vapor están formadas por una serie de tubos que sometidos a la flama, producen vapor de alta presión. El vapor producido siempre es húmedo, ó sea contiene en suspensión gotas de agua que además de ser inútiles son muy dañosas. Para conducir el vapor producido, se le hace pasar a través de los recalentadores (series de tubos situados en el interior de la cámara de combustión) que los sobrecalientan, sin aumentar la presión. El vapor sobrecalentado tiene un comportamiento parecido al de los gases. Como combustibles se utilizan, en las Centrales Termoeléctricas modernas, los combustibles sólidos (polvo de carbón, obtenido de la trituración y la pulverización de diversos carbones incluso de baja calidad como el lignito) el combustible líquido (petróleo) ó bien el combustible gaseoso

(metano) que se inyecta en la cámara de combustión, con mucho aire, mediante quemadores especiales se lleva a cabo la combustión.

El vapor sobrecalentado se introduce en las turbinas de vapor que son accionadas y estas a su vez al generador encargado de transformar la energía mecánica en eléctrica. Las Principales Centrales termoeléctricas del País, son: en Guanajuato, Salamanca; en Colima, Manzanillo I y II; en el Estado de Hidalgo,

Igo, Tula; en Guerrero, Atlixmra; en Sonora, Guaymas y Lerdo; en Nuevo León, Monterrey; en Sinaloa, Mazatlán y Topolobampo; en Veracruz, Dos bocas y Tuxpan; En Chihuahua, Juárez y Libertad; en Coahuila, Rio Escondido y Carbón; en San Luis Potosí, San Luis Potosí; en Quintana Roo, Valladolid; algunas de estas Centrales están en etapa de mantenimiento y otras en etapa de ampliación.

c) Centrales Geotérmicas.

En las Centrales Geotérmicas se utiliza el calor interior de la tierra que se manifiesta naturalmente, ya sea en forma violenta (volcanes) ó en alguna otra forma de ser aprovechada, como en los geiseres ó bien se capta mediante perforaciones en lugares adecuados. El vapor de agua almacenado en unos separadores, se lleva a presión a las turbinas que a su vez, mueven los dinamos productores de energía eléctrica. La Comisión Federal de Electricidad ha instalado una Central Geotérmica en Cerro Prieto, Baja California y otra en los Azufres Michoacán, además se hacen estudios para realizar otra Central Geotérmica en la región de Humeros, Puebla y la Primavera, Jalisco ó bien hacer una ampliación en Cerro Prieto, Baja California.

d) Centrales Nucleoeléctricas.

Estas Centrales tienen cierta semejanza con las Termoeléctricas convencionales, ya que también utilizan vapor a presión para mover los turbogeneradores, pero en lugar de emplear combustibles naturales para producirlo, aprovechan el calor que se obtiene al fusionar átomos del isótopo U^{235} en dispositivos denominados reactores.

Toda la materia del Universo está formada por moléculas que a su vez están constituidas por átomos, pequeñísimas unidades que durante mucho tiempo se consideraron indivisibles. En la actualidad sabemos que el átomo está constituido, fundamentalmente, por un núcleo compuesto de protones, neutrones y por electrones que giran alrededor de éste.

El protón y el neutrón tienen prácticamente la misma masa, pero se diferencian en que el primero posee una carga eléctrica positiva (+), mientras que el segundo carece de carga. Protones y Neutrones fuertemente unidos entre si integran, como se ha mencionado, lo que se denomina el núcleo del átomo, cuya masa es casi igual a la suma de las masas de los protones y neutrones que lo componen. La carga eléctrica total del núcleo es positiva y es igual a la suma de las cargas de sus protones.

El tercer tipo de partícula del átomo es el electrón el cual, aunque es 1840 veces más pequeño que el protón, posee una carga eléctrica negativa (-) equivalente a la de éste.

Los electrones se localizan girando alrededor del núcleo, formando lo que pudiéramos llamar una "nube". La cantidad de electrones de un átomo es igual al número de protones que contiene el núcleo, razón por la cual sus cargas eléctricas se encuentran balanceadas.

Un enorme vacío separa a los electrones del núcleo atómico. Esto se puede explicar recurriendo a la analogía entre el átomo de hidrógeno (el más simple que existe, pues sólo está formado por un protón y un electrón) y nuestro Sistema Solar. Si pudiéramos amplificar el protón que constituye el núcleo de este átomo al tamaño del Sol, su único electrón se encontraría girando a una distancia 30 veces mayor que la que existe entre este astro y la Tierra.

El número de protones que contiene el núcleo de un átomo se denomina número atómico y es igual al número de electrones.

La suma del número de protones y el de neutrones se conoce como número de masa. Este número proporciona una idea aproximada de la masa del átomo, ya que las masas de ambas partículas son aproximadamente iguales y la masa de los electrones es comparativamente despreciable.

En la naturaleza existen 325 átomos con distintos números de masa que dan lugar a los 106 elementos conocidos. Cada elemento está formado por átomos del mismo número atómico, pero que pueden tener diferente número de masa. Estos átomos de un mismo elemento reciben el nombre de isótopos. Así, el elemento uranio, con número atómico 92, por ejemplo, tiene fundamentalmente dos isótopos, cuyos números de masa son 235 y 238.

Los experimentos sobre la radiactividad de ciertos elementos como el uranio, el polonio y el radio, llevados a cabo a fines del siglo pasado por Henri Becquerel, por Pierre y Marie Curie, condujeron en 1902 al descubrimiento del fenómeno de transmutación de un átomo en otro diferente, a partir de una desintegración espontánea que ocurría con gran desprendimiento de energía.

Poco después, en 1905, los estudios de Einstein explicaron que dicho desprendimiento de energía era el resultado de la transformación de pequeñísimas cantidades de masa, de acuerdo con la equivalencia $E=mc^2$. (Energía es igual a la masa multiplicada por el cuadrado de la velocidad de la luz.)

Ambos hechos condujeron a la conclusión de que si se lograba desintegrar a voluntad los átomos de algunos elementos, seguramente se podrían obtener cantidades fabulosas de energía. En 1938 Hans Strassmann y Lise Meitner pudieron comprobar el fenómeno de la fisión nuclear, bombardeando con neutrones núcleos del isótopo del uranio 235. En esta reacción cada núcleo se parte en dos núcleos de masas inferiores, emite radiaciones, libera energía que se manifiesta en forma térmica y emite dos o tres nuevos neutrones.

Esta última circunstancia llevó al Físico Italiano Enrico Fermi a tratar de mantener y controlar una reacción nuclear, utilizando los neutrones producidos en la fisión de núcleos de U^{235} (uranio 235), para fusionar otros núcleos del mismo isótopo, en lo que se denomina una "reacción en cadena", que finalmente logró producir en diciembre de 1942; el control de la reacción en cadena se obtuvo mediante la absorción de neutrones por elementos como el boro y el cadmio.

Desafortunadamente, todos estos extraordinarios descubrimientos, tuvieron como primera aplicación la manufactura de bombas atómicas que fueron lanzadas sobre las Ciudades Japonesas de Hiroshima y Nagasaki. No fue sino hasta la primera mitad de la

década de los cincuenta, cuando por primera vez se empleó la energía nuclear para generar la electricidad.

Como se podrá observar las Centrales Nucleares son la esperanza del futuro, con lo que se podrá cubrir las necesidades de energía en todo el mundo, la Comisión Federal de Electricidad, ha terminado una Central denominada "laguna Verde" en Veracruz.

Como se puede comprobar con lo anterior, para la generación de energía eléctrica se emplean Centrales Hidroeléctricas, Termoeléctricas, Geotérmicas ó Nucleares, dependiendo de las necesidades del lugar en que se encuentre y de los recursos económicos y naturales con que se cuenta.

Ya que lo más conveniente es la construcción de Centrales Nucleoeléctricas, pues producen una gran cantidad de energía eléctrica, pero se debe tener un cuidado extremo ya que son sumamente peligrosas, al menor descuido, puede haber una fuga de radiación, la cuál es mortal, para toda clase de vida, por eso para la construcción de una Central se deben de considerar muchas alternativas (ventajas y desventajas).

SUBESTACIONES

Las subestaciones, son las estructuras que se encargan de soportar los conductores que reciben la energía eléctrica obtenida por los generadores de electricidad y una vez recibida, para poder transportar la energía eléctrica, la subestación por medio de transformadores, se encarga de disminuirla para que haya menos pérdidas por temperatura, ya que si se transporta con mucha corriente, los conductores se sobrecalientan y perderían energía por diferencia de temperatura con el medio ambiente y así poder distribuir la electricidad a los centros de consumo.

Generalmente las Subestaciones adecuan la energía eléctrica para conectarse a las líneas de transmisión, que son las que se encargan de abastecer a todo lo ancho y largo de la República Mexicana.

Existe otro tipo de Subestaciones que es la que se encarga de recibir la energía eléctrica generalmente de las líneas de transmisión y su misión es la de abastecer a todos los consumidores quienes la reciben a un voltaje bajo.

Las Subestaciones para que tengan un funcionamiento óptimo se procura que se encuentren en un terreno que reúnan ciertos requisitos por ejemplo, que sea un suelo firme, para poder soportar los cimientos, pero a su vez no muy duro, porque el suelo duro transmite vibraciones que pueden afectar a las estructuras con la resonancia, además de que se necesitaría maquinaria más costosa para hacer las excavaciones. También se busca que el terreno tenga caminos de acceso y que además sean despejados (100 m a la redonda como mínimo).

Para la localización de las Subestaciones, que se encargan de alimentar a los aparatos receptores, se debe contemplar el crecimiento desmesurado de las Ciudades que va siendo más problemático. Conforme las Ciudades crecen, crecen sus necesidades y con estas sus demandas de energía, porque para buscar el lugar adecuado, hay que tomar en cuenta factores como el incremento de demanda, distancia de las líneas de transmisión, tipo del terreno, accesibilidad y facilidades para la construcción, ya que con todo esto dará rapidez y economía para la construcción, además se debe tener muy en cuenta que pueda alimentar la mayor parte posible de usuarios, sin que les ocasione problemas con su localización.

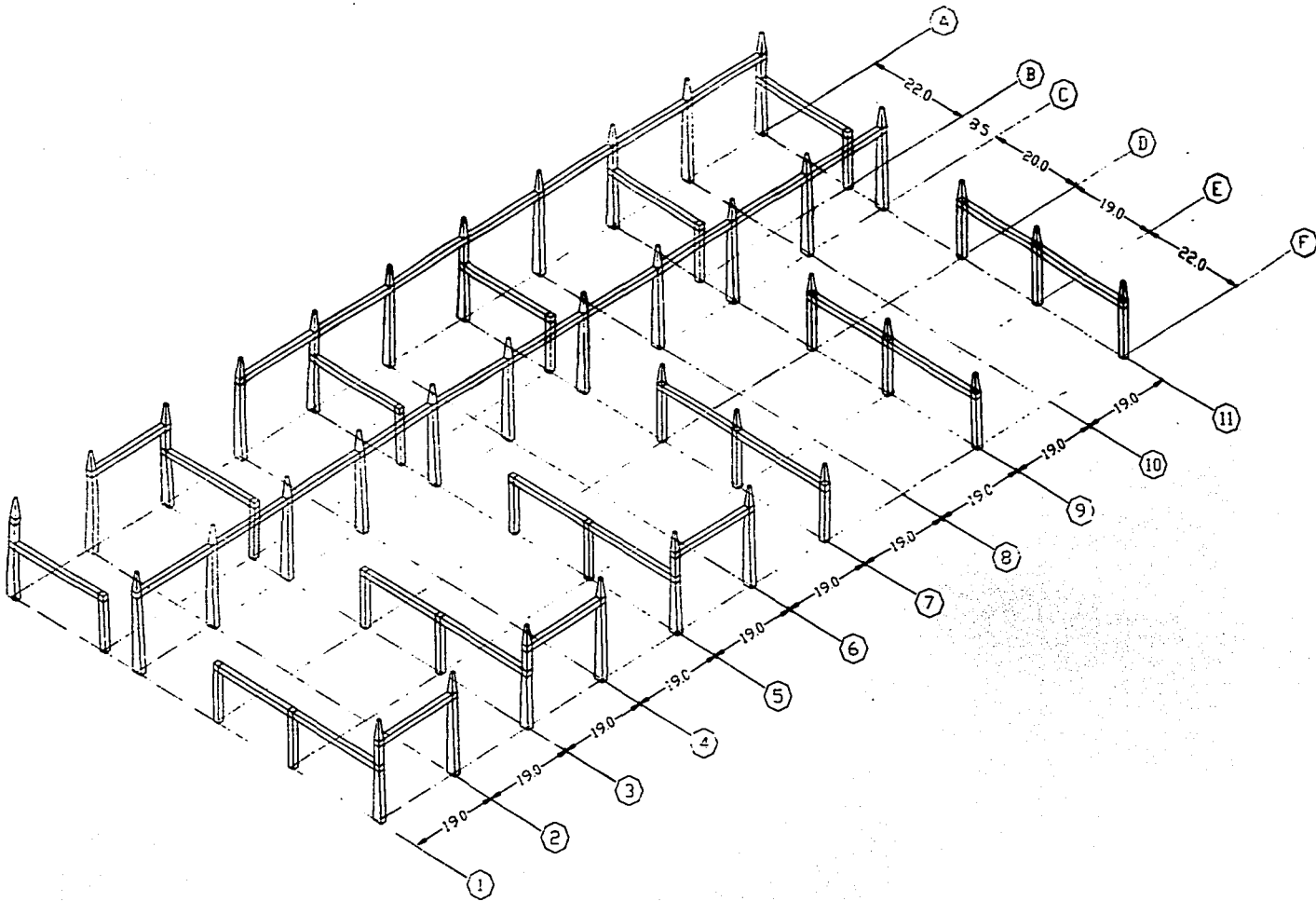
En el terreno de la Subestación no debe haber ningún obstáculo alto, como construcción, árboles, etc., que pueda afectar el rendimiento de dicha fuente de distribución y al mismo tiempo no poner en peligro la integridad física de los usuarios.

Las Subestación deberá quedar localizada en una área libre de inundaciones, alejado a un nivel superior de las máximas conocidas de los ríos ó arroyos, lagunas, lagos, pantanos, ó debiendo elegir zonas bajas, desfiladeros ó barrancas, ni crestas de cadenas montañosas, áreas donde periódicamente se acumule nieve ó hielo por varias semanas con más de 10 cm. de espesor.

También deberán quedar fuera de las zonas que pudieran estar expuestas a destrucción ó incendio en caso de un accidente, como pueden ser depósitos de materiales muy inflamables ó explosivos; sobre cavernas naturales ó minas y alejados de las áreas asignadas para polígonos de tiro ó pruebas de carácter peligroso ó destructivo.

Adicionalmente es conveniente que haya algunos servicios municipales aprovechables en las cercanías, como: energía eléctrica para la construcción, agua, drenaje, gas, combustible, transporte, teléfono, telegrafo y correo.

ARREGLO GENERAL DE LA SUBSTACION A DISEÑAR



FALLA DE ORIGEN

CAPITULO II

SOLICITACIONES DE CARGA

Las principales sollicitaciones ó acciones exteriores a que puede estar sujeta una estructura son: cargas estáticas debidas al peso propio, cargas vivas y a cargas dinámicas impuestas por un sismo, por la presión de un viento ó por la aplicación repetida de cargas vivas. También se consideran como sollicitaciones, las deformaciones de la estructura inducidas por asentamientos, contracción, flujo plástico y cambios de temperatura.

Al estimar las sollicitaciones, es necesario prever las condiciones más desfavorables en que la estructura puede llegar a encontrarse, así como el tiempo que sufrirá estas condiciones desfavorables. Para hacer un análisis riguroso sería necesario conocer las variaciones probables en la intensidad y distribución de las cargas a lo largo de la vida útil de la estructura, cosa difícil de lograr.

Al tratar del diseño estructural se ha hecho hincapié en el desarrollo de métodos de análisis de estructuras, pero se han llevado a cabo estudios limitados sobre valores probables de las cargas que actúan. Es aquí donde se pueden cometer los mayores errores y donde nuestro conocimiento es más exíguo.

La estimación de las cargas debidas al peso propio puede hacerse con relativa precisión: los errores no serán mayores del 20 por ciento, si se han evaluado con cuidado los volúmenes de los materiales y los pesos volumétricos.

En lo que respecta a carga viva, los errores en la estimación pueden ser del 100 por ciento ó aún mayores. La carga viva esta especificada comúnmente en los reglamentos de construcción, como carga uniformemente repartida equivalente, con distintas intensidades de

acuerdo con el uso considerado ó bien, si se trata de puentes ó viaductos como carga móvil idealizada. Estos valores equivalentes especificados se basan en estudios limitados. Los efectos de las cargas equivalentes en la estructura pueden ser muy diferentes de los efectos de las cargas reales.

La estimación de cargas laterales debidas al viento ó al sismo esta sujeta aún a mayores incertidumbres. fácilmente se cometen errores mucho mayores que los anteriores en la estimación de los efectos de estas sollicitaciones.

En el estado actual de nuestro conocimiento puede esperarse solamente que, con base a la experiencia, se especifique un tipo de carga tal que unido a procedimientos adecuados de diseño y construcción, proporcione una estructura que se comporte satisfactoriamente.

DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La estructura de una subestación consta de una serie de subestructuras denominadas "bahías" constituidas a su vez por marcos ortogonales o contenidos en un solo plano. La función estructural de cada una de estas bahías es soportar equipo eléctrico diverso tal como transformadores, cuchillas, aisladores, etc. y además el peso y tensiones de cables conductores e hilos de guarda, tendidos desde la última torre de transmisión de la línea (torre remate) pasando por la Subestación y de aquí a la Casa de Máquinas.

ESTRUCTURACIÓN

SUBESTRUCTURAS (Bahías)

Cada una de las bahías de la Subestación se resolverán a base de marcos rígidos ortogonales o contenidos en un sólo plano, con traveses y columnas de alma abierta (armaduras) de sección constante las primeras y variable en su mayoría. Para fines de análisis se modelaran tantos marcos como sea necesario, representativos de todos los existentes.

MARCOS RÍGIDOS

Se propone dar continuidad entre traveses y columnas para garantizar la adecuada rigidez que asegure una distribución eficiente de las cargas que solicitan a la estructura.

MÉTODO DE DISEÑO Y ESPECIFICACIONES

Método de Diseño

Se adoptará el método de diseño de Resistencia última o del factor de carga en donde:

"Cualquier miembro de una estructura sometida a diversas combinaciones de cargas de servicios multiplicadas por un factor de carga, se seleccionará de tal manera que las fuerzas en el miembro no excedan las resistencias últimas especificadas".

En este caso la estructura se analiza elásticamente pero bajo cargas de servicio multiplicadas por un factor de carga.

ESPECIFICACIONES

El criterio de diseño estructural se basará totalmente en el MANUAL DE OBRAS CIVILES DE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD, en su capítulo 3 "ESTRUCTURAS PARA TRANSMISIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA", en donde se cubren aspectos tales como distancias de aislamiento, cargas sobre la estructura, combinaciones de carga, fórmulas para el dimensionamiento de los miembros, lineamientos para el ensayo de prototipos y algunas recomendaciones cuya finalidad es asegurar un comportamiento satisfactorio de las torres de transmisión. Adicionalmente se recurrirá a: The Guide for Design of Steel Transmission Towers del A.S.C.E.; el manual of Steel Construction del A.I.S.C. 8^a edición; y a las especificaciones del A.W.S. en todos aquellos aspectos que no cubran el M.D.O.C.

ESFUERZOS EN MATERIALES

Acero Estructural (A.S.T.M. A-36) en perfiles laminados, placas y redondo liso para anclas.	$F_y = 2530 \text{ Kg/cm}^2$
Acero en herrajes (Bayonetas, argolas, etc) (A.S.T.M. A-307)	$F_y = 2320 \text{ Kg/cm}^2$
Tornillos A-394 (con rosca incluida en el plano de corte)	$F_u = 4219 \text{ Kg/cm}^2$ $F_v = 0.75 F_u$ $F_v = 3164 \text{ Kg/cm}^2$
Soldadura Automática	Alambre y Fúndente
Soldadura manual	Electrodos E - 70XX

ARREGLO GENERAL

Para el funcionamiento adecuado de una subestación deben cumplirse condiciones determinadas durante el diseño eléctrico, los cuáles definen entre otros requisitos, los niveles de aislamiento y la protección contra descargas atmosféricas que debe tener la línea. Estas disposiciones se traducen para el diseño de las estructuras de soporte, en una serie de restricciones geométricas, principalmente en cuanto a las distancias y posición relativa entre cables, conductores y de guarda, estructuras de soporte y terreno circundante; restricciones que determinan básicamente la configuración de la estructura y de la línea completa. La tensión mecánica de los cables de guarda, deberá coordinarse con la tensión de los conductores a fin de llenar los requisitos de separación entre ambos y conservar los ángulos de blindaje apropiados en todo el claro.

El arreglo general de la subestación se hará de acuerdo a las características del terreno y sobre todo al espacio en el cuál se distribuirá la subestación, de esta manera se adecuan los marcos necesarios para obtener el voltaje requerido, para posteriormente conducirlo a las líneas de transmisión que se encargan de distribuirlo a toda la República Mexicana.

La localización, la altura de columnas y de traveses la proporcionará el área eléctrica, ya que ellos se encargan de determinar las zonas de influencia de los conductores, con ello se obtiene la separación requerida tanto de los conductores, como el ancho necesario de las traveses.

Una vez determinada la cantidad de voltaje que se va a manejar, se obtienen los conductores necesarios para la distribución de energía eléctrica.

TIPO DE ESTRUCTURACIÓN

Las columnas y traveses de la estructura principal, serán metálicas, con estructuración de celosía, 4 ángulos de lados iguales formando una armadura, conectados por diagonales a 45 grados aproximadamente, que también serán de ángulos, cuya separación será rigida por la relación de esbeltez de los miembros principales.

La conexión de los miembros se hará con tornillos de alta resistencia, debiéndose tomar en cuenta lo indicado en la especificación de materiales, relativo al acero estructural.

CARGAS ACCIDENTALES

El análisis y el diseño de los diferentes marcos tomará en cuenta las cargas accidentales, debidas al viento, ruptura de cables y el sismo que por tratarse de celosía, no se tomará en cuenta, ya que será una estructura muy ligera y es mucho más desfavorable el arrastre del viento.

SOLICITACIONES Y FACTORES DE CARGA

Las solicitudes de carga se enumeran a continuación se han hecho en base a requerimientos del problema y se han considerado la mayoría de ellos. Los factores de carga que deben de considerarse para la estructura principal son los anotados en la tabla de combinaciones de carga.

1) PESO PROPIO DE ESTRUCTURA (PPE)

La estructura de la subestación, es la que se encarga de soportar los aisladores que a su vez sostienen cables que conducirán la energía eléctrica y debido a esto, la altura debe de ser muy alta para que la corriente no brinque a tierra.

La estructura estará compuesta por traveses y columnas, como ya se menciono anteriormente a base de 4 ángulos de lados iguales, las columnas en su mayoría llevan en la parte superior un capitel que tiene encima una bayoneta que sirve de pararrayos y en el capitel también esta el tensado de un cable llamada hilo de guarda, que protege a los cables de descargas eléctricas en la atmósfera.

2) PESO DE EQUIPO ELÉCTRICO (PE)

Algunas traveses además de sostener los cables, soportan las cuchillas desconectoras de corriente, que vienen siendo la única carga vertical, además del peso propio de los cables y sus aisladores.

3) TENSIÓN EN HILOS DE GUARDA (THG)

4) TENSIÓN EN CONDUCTORES (TC)

Las tensiones tanto de hilos de guarda como de los conductores son proporcionados por el área eléctrica, ellos obtienen las tensiones a partir del módulo de elasticidad de los cables en función de los claros, el viento y temperatura del medio ambiente existente en la localidad.

5) VIENTO

Las cargas de viento se calcularán de acuerdo con el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad y de acuerdo con ese Manual se harán las siguientes consideraciones:

CONSIDERACIONES GENERALES

Los efectos del viento en las estructuras pueden, en ocasiones, ser importantes y hacer que se violen los requisitos de seguridad y servicio establecidos para ellas. El viento, entonces debe considerarse como una acción en el diseño estructural.

Esencialmente el viento es aire en movimiento, y al igual que cualquier otro fluido, produce distintos efectos sobre objetos que se interponen. Todas las fuerzas debidas al viento son dinámicas en el sentido que son producidos por un fluido en movimiento; sin embargo, bajo determinadas circunstancias, es válido tratar estas fuerzas como cargas estáticas. Esta aproximación resulta satisfactoria dado que en general la relación entre la variación del viento en el tiempo y la frecuencia natural de la estructura es tal que se genera básicamente una respuesta estática. De cualquier manera, aún en estos casos, es necesario estar consciente del carácter dinámico del problema.

CLASIFICACIÓN DE ESTRUCTURAS

De acuerdo con su destino las construcciones se clasifican teniendo en cuenta su importancia y las consecuencias que su falla provocaría. Para fines de 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 LAS ESTRUCTURAS SEGÚN SU DESTINO

Las solicitudes que se adopten para diseño por viento de una estructura deben ser función del grado de seguridad aconsejable para ella. Esta a su vez, depende de la gravedad de las consecuencias de una falla eventual y de como varía el costo de la estructura en función de su resistencia.

Atendiendo a la seguridad aconsejable, las estructuras se clasifican en 4 grupos, como se indica a continuación:

GRUPO A

Pertenecen a este grupo aquellas estructuras que, en caso de fallar, causarían pérdidas directas ó indirectas excepcionalmente altas en comparación con el costo necesario para aumentar su seguridad. Tal es el caso de plantas termoelectricas, casas de máquinas, compuertas, obras de toma, torres de transmisión, subestaciones, centrales telefónicas, estaciones terminales de transporte, estaciones de bomberos, hospitales, escuelas, estadios, salas de espectáculos, templos y locales que alojen equipos especialmente costosos en relación con la estructura.

GRUPO B

Pertenece a este grupo las estructuras en las que el cociente entre el costo de una falla y el costo de incrementar la resistencia es de magnitud moderada. Este es el caso de presas, plantas industriales, bodegas ordinarias, gasolineras, comercios, restaurantes, casas para habitación privada, hoteles, edificios de apartamentos y oficinas, bardas cuya altura excede de 2.5 m y todas aquellas estructuras cuya falla por viento pueden poner en peligro a otras construcciones de este grupo ó del grupo A.

GRUPO C

Pertenece a este grupo estructuras en las que no es justificable incrementar su costo para aumentar su resistencia, ya que su falla por viento no implica graves consecuencias, ni puede normalmente, causar daño a estructuras de los dos grupos anteriores. Ejemplos: bardas con altura menor de 2.5 m, bodegas provisionales para la construcción de obras pequeñas, etc.

CASOS ESPECIALES

En obras muy especiales, como las plantas nucleares, el cociente de pérdidas por una falla entre el incremento en costo debido a un incremento en resistencia es tan alto, que estas estructuras quedan fuera de la clasificación que antecede. En el diseño por viento de las mismas siguen criterios especiales.

CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS POR LAS CARACTERÍSTICAS DE SUS RESPUESTAS ANTE EL VIENTO

Atendiendo a la naturaleza de los principales efectos que el viento puede ocasionar en las estructuras, estas se clasifican en cuatro tipos:

TIPO 1

Abarca estructuras poco sensibles a las ráfagas y a los efectos dinámicos del viento. Se incluyen explícitamente las siguientes construcciones:

- a) Edificios de habitación oficinas con altura menor de 60 m.
- b) Bodegas, naves industriales, teatros, auditorios y otras construcciones cerradas, techadas con sistemas de arcos, traveses, armaduras, losas, cascarones u otros sistemas de cubiertas rígidas; es decir, que sean capaces de tomar las cargas debidas a viento sin que varíe esencialmente su geometría. Se excluyen las cubiertas flexibles, como las del tipo colgante a menos que mediante la adopción de geometría adecuada, la aplicación

de presfuerzo ó el empleo de otra medida conveniente se logre limitar la respuesta estructural dinámica.

- c) Puentes y viaductos constituidos por losas, trabes, armaduras simples ó continuas, ó arcos.

TIPO 2

Pertencen a este tipo las estructuras cuya esbeltez ó dimensiones reducidas las hace esencialmente sensibles a las ráfagas de corta duración, y cuyos periodos naturales largos favorecen la ocurrencia de oscilaciones importantes. Se cuentan en este tipo las torres atirantadas ó en voladizo para líneas de transmisión, arbotantes para iluminación, antenas, tanques elevados, bardas, parapetos, anuncios y en general, las estructuras que presentan una dimensión muy corta paralela a la dirección del viento. Se excluyen las estructuras con periodo fundamental mayor de 2 seg. y las que explícitamente se mencionan como pertenecientes al tipo.

TIPO 3

Estas estructuras reúnen todas las características de las del tipo 2, salvo que la forma de su sección transversal propicia la generación periódica de vórtices ó remolinos con ejes paralelos a la mayor dimensión de la estructura. Los vórtices ocasionan fuerzas transversales periódicas, susceptibles de sufrir ampliación dinámica excesiva. Se incluyen en este grupo estructuras aproximadamente cilíndricas ó prismáticas, tales como chimeneas, cables en líneas de transmisión, puentes ó tuberías colgantes, con periodos naturales menores de 2 seg.

TIPO 4

Son de este tipo las estructuras que presentan problemas aerodinámicos especiales. Entre ellas se hallan las siguientes:

- a) Formas aerodinámicamente inestables: líneas de transmisión en zonas sujetas a heladas, antenas parabólicas, etc.
- b) Estructuras flexibles con varios periodos naturales entre sí: cubiertas y puentes colgantes.
- c) Estructuras flexibles con varios periodo natural mayor de 2 seg.

VELOCIDADES DE DISEÑO

Los principales parámetros que determinan la velocidad del viento de diseño son los siguientes:

- a) Localización geográfica.
- b) Probabilidad de excedencia.
- c) Topografía en la vecindad de la estructura.
- d) Características de la estructura.

REGIONALIZACIÓN EÓLICA DE LA REPÚBLICA MEXICANA

Para fines de diseño por viento, la República Mexicana se ha dividido en varias zonas, según se muestra en figura 1 y posteriormente viendo la tabla 1 se obtiene la velocidad regional.

VELOCIDAD BÁSICA

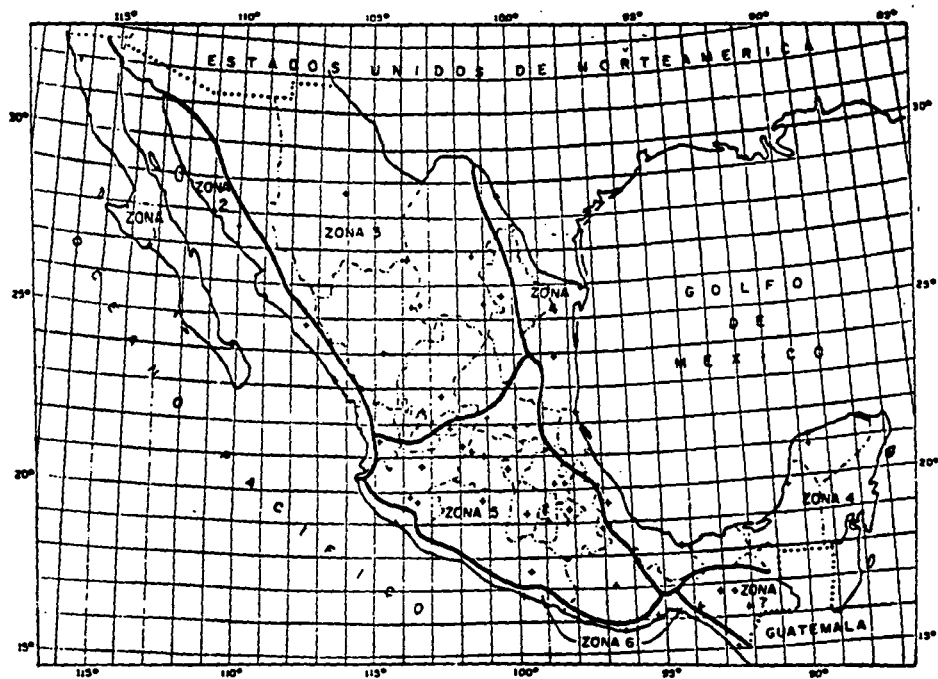
La velocidad básica del viento, V_B , se obtiene a partir de la velocidad regional, de acuerdo con la expresión:

$$V_B = KV_R$$

Donde K, es un factor que depende de la topografía del sitio y se tomará de acuerdo a la tabla 2.

ZONA EÓLICA (FIG. 1)	VELOCIDAD REGIONAL (Km/hora)	
	ESTRUCTURAS GRUPO B ($T_R = 50$ años)	ESTRUCTURAS GRUPO A ($T_R = 200$ años)
1	90	105
2	125	150
3	115	125
4	160	185
5	80	90
6	160	170
7	80	95

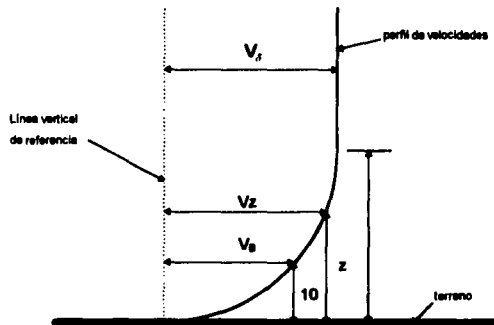
TABLA 1. VELOCIDADES REGIONALES V_R



Regionalización Eólica de la República Mexicana

TOPOGRAFÍA	FACTOR K
a) Muy accidentada, como en el centro de ciudades importantes.	0.70
b) Zonas arboladas, lomeríos barrios residenciales ó industriales.	0.80
c) Campo Abierto. Terreno plano.	1.00
d) Promontorios.	1.20

TABLA 2. FACTOR DE TOPOGRAFÍA



V_g = velocidad gradiente
= altura gradiente

V_z = velocidad a una altura z

z = altura sobre el terreno

V_0 = velocidad básica (a 10 metros sobre el terreno)

Fig. 2 Variación de la velocidad del viento con la altura.

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD CON LA ALTURA

La velocidad del viento varía con la altura sobre el terreno según se muestra esquemáticamente en la fig. 2. Para fines de diseño, se supondrá que la velocidad del viento a la altura z , V_z , está dada por las expresiones:

$$\begin{aligned} V_z &= V_\delta \left(\frac{z}{10}\right)^{0.14} && \text{para } 10 < z < \delta \\ V_z &= V_\delta && \text{para } z \leq 10 \text{ m} \\ V_z &= V_\delta && \text{para } z \geq \delta \end{aligned}$$

Las unidades de z y δ son metros y Km/hr las de las velocidades. V_δ es la velocidad que se obtiene al hacer $z = \delta$. Los valores de V_δ y δ son función de la topografía del lugar y se tomarán de la tabla 3.

TABLA 3. VALORES DE α Y δ
TIPO DEL TERRENO ALTURA GRADIENTE

		δ (m)
a) Litoral	0.14	200
b) Campo abierto (interior)	0.14	275
c) Terrenos suburbanos	0.22	400
d) Centro de grandes ciudades	0.33	460

VELOCIDADES DE DISEÑO. FACTOR DE RÁFAGA.

Para obtener la velocidad de diseño, V_D , se tomará en cuenta el efecto de ráfagas en la estructura, multiplicando la velocidad de viento, V_z , obtenida en el inciso anterior por un factor de ráfaga, F_R , esto es:

$$V_D = F_R V_z$$

El factor de ráfaga será de 1.0 para cables y estructura, solamente cuando la torre tenga altura mayor de 60 m. y se considere actuando viento medio se tomará para la estructura $F_R = 1.3$

DETERMINACIÓN DE LA SOLICITACIÓN POR VIENTO

EFFECTOS DEL VIENTO

Para el diseño de estructuras sometidas a la acción del viento, de los siguientes efectos, deberán tomarse en cuenta aquellos que sean más importantes en función del tipo de estructura:

- a) Empujes estáticos (presiones y succiones) tanto interiores como exteriores, y tanto locales (para el diseño de un elemento estructural en particular) como generales (para el diseño de la estructura de conjunto).
- b) Vibraciones causadas por turbulencia, esto es, empujes dinámicos paralelos y transversales a la dirección del viento debidos a fluctuaciones en la velocidad del viento.
- c) Vibraciones transversales al flujo, causadas por el desprendimiento de vórtices alternantes.

Para el diseño de las estructuras del tipo 2 se considerarán además de los empujes estáticos, los efectos dinámicos causados por turbulencia en el viento. Estos últimos se tomarán en cuenta mediante la aplicación del factor de ráfaga.

Las estructuras del tipo 3 deberán diseñarse de acuerdo a lo anteriormente establecido para las del tipo 2, pero además revisarse su comportamiento ante los efectos dinámicos producidos por los empujes transversales ocasionados por la generación de vórtices alternantes.

EMPUJES ESTÁTICOS

Área Expuesta.

Por área expuesta se entenderá:

- a) El área total de la superficie, en superficies planas llenas.
- b) La proyección vertical de la construcción, en construcciones tipo torre de sección circular ó aproximadamente circular.
- c) El 20 por ciento del área limitada por las aristas exteriores de las armaduras en estructuras reticulares de este tipo.

FUERZAS DEBIDAS AL VIENTO

El empuje sobre elementos de sección transversal pequeña. Para efectos de diseño local de elementos de dimensiones transversales pequeñas en comparación con su longitud tales como cables ó tirantes, perfiles estructurales de armaduras planas ó espaciales que satisfagan los requisitos dinámicos, el empuje de viento sobre ellos se definirá por las componentes de la fuerza debida a viento por unidad de longitud del elemento.

Para viento actuando normalmente al eje de la pieza, los valores de dichos componentes se calcularán de acuerdo con las ecuaciones siguientes:

$$F_L = 0.0048 G C_L B V_D^2$$

$$F_T = 0.0048 G C_T B V_D^2$$

donde:

F_L Empuje en la dirección del viento, por unidad de longitud del elemento, en Kg/m.

F_T Empuje transversal por unidad de longitud del elemento estructural, en Kg/m.

$G = \frac{8+h}{8+2h}$, Factor de reducción de densidad de la atmósfera a la altura h en Km, sobre el nivel del mar.

C_L Coeficiente de arrastre (sin dimensiones)

C_T Coeficiente de empuje transversal (sin dimensiones)

B Ancho de la superficie expuesta, en m.

V_D Velocidad de diseño, Km/h.

6) ROTURA DE HILOS DE GUARDA (RHG)

7) ROTURA DE UN CONDUCTOR (RC)

Se tomará el hilo de guarda ó el conductor que produzca los efectos más desfavorables sobre cualquier parte de la estructura.

Dependiendo de la dirección que se trate durante la tensión, el viento ó rotura se tomará la x ó z , según corresponda al sistema de ejes globales de referencia.

COMBINACIONES DE CARGA Y DEFORMACIONES PERMISIBLES

Se entenderá como combinación de carga la superposición de aquellas condiciones básicas de carga que se consideran, tienen una alta probabilidad de ocurrir simultáneamente.

En la tabla siguiente se muestran las diversas combinaciones de carga afectadas de sus respectivos factores de carga y adicionalmente las deformaciones permisibles propuestas por la C.F.E..

**TABLA DE COMBINACIONES DE CARGA
CONDICIONES DE CARGA**

T.C.	COMBINACIÓN	FACTOR DE CARGA	C.V.	P.O.	T.H.G.	V.C.	V.E.	VEL. DISEÑO	TENSIÓN	DEFORMACIONES PERMISIBLES	
								CABLES Y ESTRUCTURA	EN CABLES	TRAVES	COLUMNAS
2.0	NORMAL	2.0	2.0	2.0					NORMAL ¹	L/600	L/250
1.5	VIENTO MAX	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	MAX	NORMAL ¹	L/300	L/200
1.5	TENS MAX	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	MED	MAX ²	L/300	L/200
1.1	MONTAJE		1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	MED	NORMAL ¹	L/200	L/125

NOTA:

1

INDICA QUE DEBE USARSE TENSIÓN NORMAL

2

LAS TENSIONES MÁXIMAS CORRESPONDEN A UNA TEMPERATURA DE 0°

CAPITULO III

ANÁLISIS ESTRUCTURAL A BASE DE LA COMPUTADORA

INTRODUCCIÓN.

Los primeros métodos que programaron fueron los mismos que se usaban manualmente, con la ayuda de la regla de cálculo y de la sumadora de escritorio. Dichos métodos tradicionales son anticuados e inadecuados en general para usarse con computadora, ya que se tenía el mismo proceso sólo que más rápido. Un ejemplo es la aplicación del método de H. Cross para el análisis de estructuras. Otro ejemplo lo constituyen los distintos métodos aproximados para el análisis de marcos con carga lateral, que son simplificaciones del problema como resultado de la experiencia en este campo, pero no tiene sentido su programación debido a las características de la computadora.

Los nuevos enfoques hacen uso de las características de las computadoras, que tienen la capacidad para almacenar grandes cantidades de información, operar a alta velocidad, efectuar una serie de operaciones especificadas, realizar decisiones lógicas, y obtener resultados correctos. El álgebra matricial utiliza con ventaja estas características, y de ahí la aplicación actual de los métodos matriciales.

Esto a producido un cambio en la enseñanza, que se ha concentrado, en el enfoque matricial de los problemas, con peligro de perder el sentido físico de los mismos, elemento valioso en la ingeniería civil. La aplicación de las computadoras ha desarrollado también nuevos tópicos como los métodos numéricos para computadoras, en donde el análisis numérico y las matemáticas proporcionan métodos susceptibles para programarse en la máquina.

En lo que se refiere al diseño estructural, las computadoras se usan con ventaja en la enseñanza y en la práctica. En principio, para diseñar se tiene que efectuar una serie de cálculos que pueden ser laboriosos, para obtener las dimensiones de las secciones. Esta cantidad de operaciones limita el número de diseños que pudiera ser deseable considerar, con el auxilio de la computadora es factible considerar una infinidad de condiciones de manera que se puede realizar un trabajo más eficiente e instructivo en el diseño estructural. Al hacer referencia al diseño estructural con métodos manuales, se pensaba únicamente en el análisis de los esfuerzos. Con la computadora se pueden considerar etapas más avanzadas, como la optimización de las estructuras.

Las aplicaciones han seguido el progreso de los lenguajes de programación. El lenguaje más elemental es el de máquina ó absoluto y su uso eficiente implica un programador con características de ingenio y buena memoria. Aún para problemas sencillos la programación es bastante laboriosa.

La etapa siguiente la constituyen los lenguajes simbólicos, que permiten indicar las operaciones en forma abreviada y que tienen características que facilitan la programación, comparados con los lenguajes de máquina. Si los lenguajes no hubieran superado esta etapa, las aplicaciones no hubieran alcanzado el grado de desarrollo actual, debido a la dificultad de la programación y a la falta de programadores eficientes en dichos lenguajes. Los lenguajes de procedimiento han facilitado enormemente la programación. Ejemplos de estos lenguajes son las distintas versiones de FORTRAN, ALGOL, COBOL y PL-1, que permiten la especificación de operaciones en unidades de procesamiento denominados proposiciones. La gran mayoría de las aplicaciones están relacionadas con alguno de estos lenguajes de procedimiento, que han influido poderosamente en el uso cada vez más general de las computadoras.

Finalmente, existen los lenguajes orientados a problemas ó superlenguajes, que utilizan en la programación la terminología establecida en ese problema. De esta manera, el problema se describe a la computadora básicamente en los mismos términos en los que se le describiría a una persona conocedora del tema, haciendo más eficiente y sencilla la relación entre el hombre y la máquina. Dos lenguajes orientados a problemas que han tenido un gran impacto en ingeniería son 'COGO Y STRESS', el primero se aplica a topografía y problemas geométricos y el segundo al análisis de estructuras. Se ha desarrollado con éxito un medio de comunicación con la máquina, en el lenguaje del ingeniero, estableciéndose un sistema eficiente en una gran gama de problemas. Sin embargo, no se logró que estos sistemas fueran de fácil ampliación y han permanecido con algunas limitaciones, debido al equipo y a los sistemas operativos. STRESS tiene limitaciones en los datos de entrada cuando se trata de una serie de problemas que se repiten. Su aplicación es ideal para estructuras especiales. Un programa semejante, que ha ampliado y considerado el diseño de los elementos de una estructura es el AMECO. Se han desarrollado también programas de fines específicos, como FRAME, para análisis y diseño de torres de transmisión, considerándolas como estructuras especiales.

APLICACIONES DE LAS COMPUTADORAS

Las aplicaciones de las computadoras son prácticamente ilimitadas, como puede observarse en las revistas, libros, congresos, etc., sobre este tema. En un principio existió una fuerte tendencia hacia los métodos de análisis de las estructuras, programándose desde los métodos tradicionales manuales, no adecuados en general para computadoras, hasta los nuevos métodos que usan eficientemente las computadoras.

A continuación se desarrollaron métodos para el diseño estructural, aprovechando las características de poder tomar decisiones con la máquina. Con esta característica se desarrolló el diseño estructural para obtener la optimización de las estructuras, es decir, la combinación de propiedades geométricas y físicas, de manera que la estructura cumpla su finalidad y sea la más económica posible. Esta optimización puede automatizarse con la máquina y para problemas complejos es la única manera de resolverlos. Los criterios han sido el del mínimo peso de las estructuras y del diseño al límite; si no son los apropiados se considera la estructura de costo mínimo, pudiendo tenerse también un criterio de deformaciones. Pueden utilizarse técnicas iterativas, de programación lineal y no lineal, añadiéndose otros conceptos. Por ejemplo, al concepto de diseño al límite se pueden añadir frecuencias resonantes alternativas, como es el caso de una armadura espacial que contiene varios satélites, los que se pondrán en órbita simultáneamente, investigándose distintas configuraciones de dicha armadura.

SISTEMA INTEGRADO

El avance en equipo y lenguajes ha permitido la elaboración del Sistema Integrado de Ingeniería Civil (1967) denominado ICES, y que consiste en una serie de subsistemas cada uno de ellos a una disciplina particular, con la característica de poder combinarlos. Esta diseñado como un sistema dinámico de módulos, en donde los subsistemas se pueden modificar, ampliar, añadir ó substituir por versiones mejoradas. Se necesitan estructuras dinámicas de arreglos para una mayor eficiencia de sistema supervisándose el espacio disponible de memoria, reorganizándolo y creando archivos de datos en memoria secundaria si fuera necesario.

Los subsistemas disponibles son: STRUDL, para el análisis y diseño de estructuras en dos y tres dimensiones y es más flexible y poderoso que STRESS; COGO, para problemas geométricos y de topografía; TABLE, para manejo y almacenamiento de información tabulada, que puede usarse en combinación con cualquier subsistema. SEPOL, para analizar los esfuerzos en suelos y los asentamientos de estructuras; SLOPE, para estimar el factor de seguridad en la estabilidad de taludes; ROADS, para la localización y diseño de carreteras y vías de ferrocarril; BRIDGE, es aplicable al diseño de puentes, intersecciones de carreteras, pasos a desnivel y problemas similares; TRANSET, para predicción y análisis de flujos en redes de transporte, aplicable también a redes eléctricas; PROJECT, para ayudar en la planeación y control de proyectos de construcción; HYDRO, para problemas de hidráulica; DYNAL, para el análisis dinámico de estructuras complejas

tridimensionales como edificios, tuberías, plataformas de perforación y varias estructuras aeroespaciales.

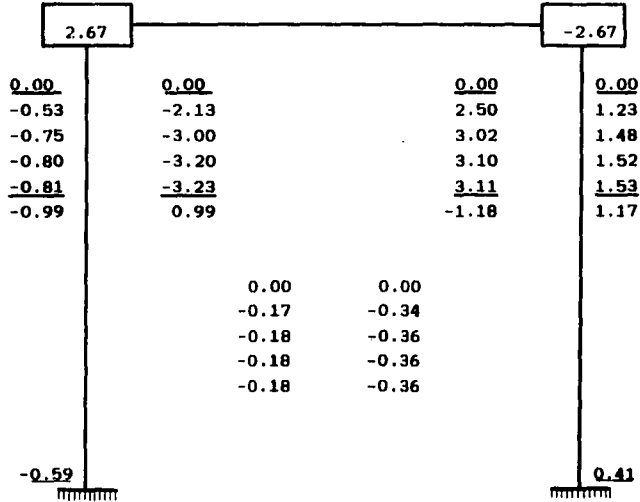
El programa que se va a emplear para el análisis de la Subestación, será el STAAD III, el cual tiene los mismos atributos que el STRUDL, únicamente que este paquete que se maneja en CFE, tiene sus propias terminales y computadora, que por no ser pc ya se quedo fuera del alcance de todo usuario. Y al contrario el STAAD III es compatible con cualquier pc y es uno de los paquetes mas usados en la ingeniería para el análisis y diseño de las diferentes estructuras que se analizan.

REQUERIMIENTOS MÍNIMOS PARA USAR EL STAAD III

1. Subsistema Título
2. Tipo de Estructura
3. Coordenadas de los nudos
4. Identificación de los miembros
5. Propiedades de los miembros
6. Constantes
7. Sistemas posibles de carga
8. Tipo de Análisis
9. Combinaciones de carga consideradas
10. Resultados deseados

El análisis estructural, se hará en base al arreglo de marcos propuestos por el área eléctrica, ya que ellos se encargan de proponer las alturas necesarias, para que en los brincos de corriente eléctrica, no se vayan alcanzar las zonas de influencia y se produzcan cortos circuitos. Además el área eléctrica, proporciona la cantidad de cables necesarios en cada uno de los marcos y las tensiones máximas de los conductores.

Las tensiones máximas consideradas se anotan de acuerdo a las diferentes trabes y están consideradas en la tabla correspondiente.



$$\Delta_{izq.} = (-0.18 \times 4^2)/6EI = -0.48/EI$$

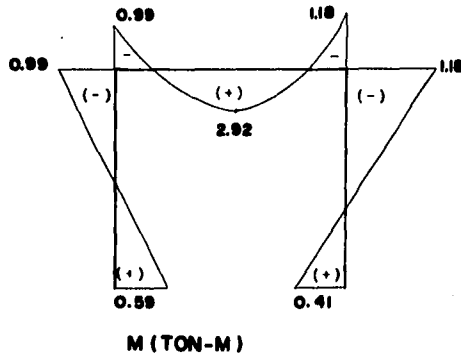
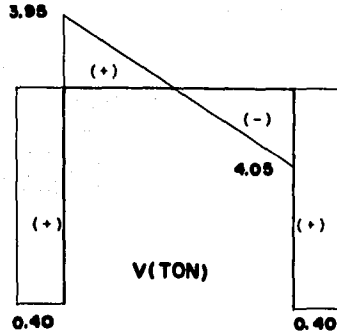
$$\& 2-1 = (-0.81 \times 4)/4EI = -0.81/EI$$

$$\& 2-3 = (-3.23 \times 4)/(4 \times 4EI) = -0.81/EI$$

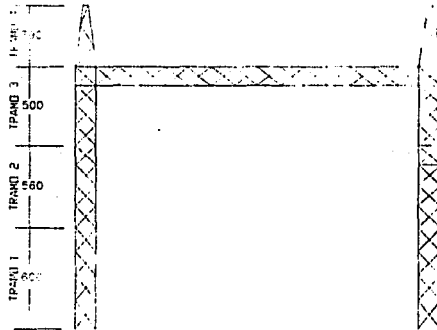
$$\Delta_{der.} = (-0.36 \times 4^2)/(6 \times 2EI) = -0.48/EI$$

$$\& 3-2 = (3.11 \times 4)/(4 \times 4EI) = 0.78/EI$$

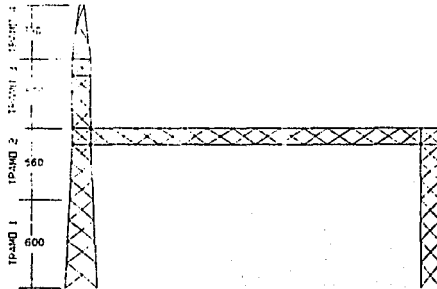
$$\& 3-4 = (1.53 \times 4)/(4 \times 2EI) = 0.77/EI$$



MARCO TIPO (EJE LETRAS)



MARCO TIPO (EJE NÚMEROS)



CALCULO DE SOLICITACIONES

1) PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA.

TRAMO 1

COL. ANGS. 4 X 3/8 $W_1 = 14.58 \text{ Kg/m}$
DIAG. ANGS. 2 X 3/16 $W_2 = 3.63 \text{ Kg/m}$

$$WT_1 = 4 \times 14.58 = 58.32 \text{ Kg/m} = 0.5832 \text{ Kg/cm}$$

$$DIAG = \frac{(2)(4)(3.63)}{100 \text{ sen } 45^\circ} = 0.4110 \text{ Kg/cm}$$

$$0.9942 \text{ Kg/cm}$$

TRAMO 2,3

COL. ANGS. 4 X 1/2 $W_1 = 9.82 \text{ Kg/m}$
DIAG. ANGS. 2 X 3/16 $W_2 = 3.63 \text{ Kg/m}$

$$WT_2 = 4 \times 9.82 = 39.28 \text{ Kg/m} = 0.3928 \text{ Kg/cm}$$

$$DIAG = \frac{(2)(4)(3.63)}{100 \text{ sen } 45^\circ} = 0.4110 \text{ Kg/cm}$$

$$0.8038 \text{ Kg/cm}$$

TRAMO 4

COL. ANGS. 2 1/2 X 3/16 $W_1 = 4.61 \text{ Kg/m}$
DIAG. ANGS. 1 1/2 X 3/16 $W_2 = 2.68 \text{ Kg/cm}$

$$WT_3 = 4 \times 4.61 = 18.44 \text{ Kg/m} = 0.1844 \text{ Kg/cm}$$

$$DIAG = \frac{(2)(4)(2.68)}{100 \text{ sen } 45^\circ} = 0.3032 \text{ Kg/cm}$$

$$0.4876 \text{ Kg/cm}$$

TRABE

CUERDA 4 X 1/4
DIAG ANGS. 2 X 3/16

W₁ = 9.82 Kg/cm
W₂ = 3.63 Kg/cm

$$WT = 4 \times 1/4 \times 39.28 \text{ Kg/m} = 0.3928 \text{ Kg/cm}$$

$$DIAG = \frac{(2)(4)(3.63)}{100 \sin 45^\circ} = 0.4110 \text{ Kg/cm}$$

$$0.8038 \text{ Kg/cm}$$

2) PESO DE EQUIPO ELÉCTRICO.

Para obtener el peso de equipo ver el marco correspondiente ya que sólo algunas traveses tienen carga de equipo.

3) TENSIÓN EN HILOS DE GUARDA.

4) TENSIÓN EN CONDUCTORES.

Para tensiones tanto de Hilos de Guarda como de Conductores, se consideró la tensión normal y la tensión de montaje, ya que son las condiciones más desequilibrantes, se obtuvo del marco respectivo.

5) CARGAS DE VIENTO.

De acuerdo al Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad. Las Subestaciones pertenecen al Grupo A (ZONA EÓLICA 5 CENTRO).

$$\begin{aligned} V &= 90 \text{ Km/hr DE LA TABLA 1.} \\ \text{Factor de Topografía } K_1 &= 1.2 & = 0.14 & \delta = 275 \text{ m} \\ &\text{DE TABLAS 2 y 3} \end{aligned}$$

VELOCIDAD BÁSICA

$$\begin{aligned} V_b &= K_1 V_n \\ V_b &= 1.2 \times 90 \text{ Km/hr} = 108 \text{ Km/hr} \end{aligned}$$

VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD CON LA ALTURA

$$V_z = V_b \left(\frac{z}{10}\right)^{0.14}$$

$$V_{z_1} = 108 \text{ Km/hr} \quad \text{cuando } z = 10.0 \text{ m}$$

$$V_{z_2} = 108 \left(\frac{16}{10}\right)^{0.14} = 115.3 \text{ Km/hr} \quad \text{cuando } z = 16.5 \text{ m}$$

$$V_{z_3} = 108 \left(\frac{20.5}{10}\right)^{0.14} = 119.4 \text{ Km/hr} \quad \text{cuando } z = 20.5 \text{ m}$$

FACTOR DE RÁFAGA

$$\begin{aligned} & \text{Estructuras tipo 2} & F_R = 1.0 \\ & V_D = F_R V_z \\ & V_{D1} = 1.0 \times 108 = 108.0 \text{ Km/hr} \\ & V_{D2} = 1.0 \times 115.3 = 115.3 \text{ Km/hr} \\ & V_{D3} = 1.0 \times 119.4 = 119.4 \text{ Km/hr} \end{aligned}$$

EMPUJES

$$F_L = 0.0048 G C_L B V_D^2$$

$$F_T = 0.0048 G C_T B V_D^2$$

donde:

$$G = \frac{8 + h}{8 + 2h} ; \quad G = \frac{8 + 1.881}{8 + 2(1.881)} = 0.840$$

$$h = 1.881 \text{ Km} \quad \text{asnm. de San Luis Potosí}$$

CUANDO LA ARMADURA ES CUADRADA

$$C = 1.8 \text{ (ARMADURA ANTERIOR)}$$

$$C = r x \text{ (ARMADURA POSTERIOR)}$$

$$C = 1.5 \times 1.0 = 1.5$$

donde:

$$r = 1.5 \text{ para armaduras o torres.}$$

$$C_{TOTAL} = 1.8 + 1.5 = 3.3 \quad \text{para armaduras de sección cuadrada.}$$

PARA ARMADURAS DE SECCIÓN VARIABLE

$$C = 1.8 \text{ (CARA ANTERIOR)}$$

$$C = X \ 1.5 = 1.0 \text{ (CARA POSTERIOR)}$$

$$C_{TOTAL} = 1.8 + 1.0 = 2.8$$

DIRECCIÓN (SECCIÓN VARIABLE)

$$\text{ANCHO PROMEDIO COLUMNA} = \frac{120 + 200}{2} = 160 \text{ cm}$$

$$\text{ANCHO PROMEDIO CAPITEL} = \frac{60 + 120}{2} = 90 \text{ cm}$$

FUERZAS DE VIENTO

$$F_1 = 0.0048 \times 0.84 \times 2.8 \times 1.6 \times 0.2 \times (108.0)^2 = 42.1 \text{ Kg/m}$$

$$F_2 = 0.0048 \times 0.84 \times 2.8 \times 0.9 \times 0.2 \times (119.4)^2 = 29.0 \text{ Kg/m}$$

DIRECCIÓN (SECCIÓN CONSTANTE)

$$F_3 = 0.0048 \times 0.84 \times 3.3 \times 1.2 \times 0.2 \times (108.0)^2 = 37.3 \text{ Kg/m}$$

TRABE

$$F_4 = 0.0048 \times 0.84 \times 3.3 \times 1.2 \times 0.2 \times (115.3)^2 = 42.4 \text{ Kg/m}$$

VIENTO EN HILOS DE GUARDA Y CONDUCTORES

$$\text{DIÁMETRO CONDUCTOR} = 3.2 \text{ cm}$$

$$\text{DIÁMETRO HILO DE GUARDA} = 1.0 \text{ cm}$$

PRESIÓN DE DISEÑO

$$P_D = 0.0048 \text{ CGV}_D^2$$

donde:

$$C = 0.5 \text{ (Según norma de CFE)}$$

$$G = 0.84 \text{ (Según se calculo anteriormente)}$$

$$P_D = 0.0048 \times 0.5 \times 0.84 \times V_D^2$$

h	V_D	V_D^2	P_D	$P_D \times 0.032$	$P_D \times 0.010$
Altura	velocidad de diseño		Presión	Conductor	H. Guarda
11	108.0	11664	23.51	0.75	
16	115.3	13294	26.80	0.86	
20.5	119.4	14256	28.74		0.29

En virtud de que las secciones de las columnas y de las traveses de los diferentes marcos son compuestos de 4 ángulos y además para unirlos entre si se colocaran diagonales, siendo estos también ángulos, se calcularan las propiedades de los elementos de acuerdo a las siguientes consideraciones:

MEMBER PROPERTIES

tramo 1; 4 X 3/8; A = 18.45 cm²; I_o = 181.5 cm⁴
 r_o = 3.12 cm; x = 2.89 cm
 B = 200 cm; b = 120 cm; H = 1100 cm

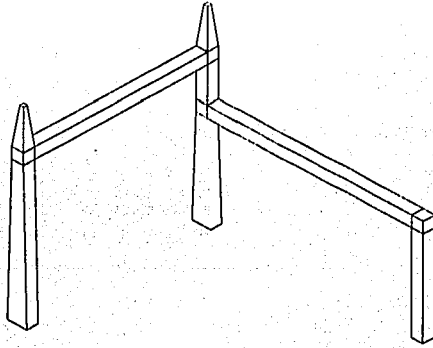
tramo 2; 4 X 1/4; A = 12.52 cm²; I_o = 124.9 cm⁴
 r_o = 3.18 cm; x = 2.77 cm

tramo 3; 4 X 1/4; A = 12.52 cm²; I_o = 124.9 cm⁴
 r_o = 3.18 cm; x = 2.77 cm

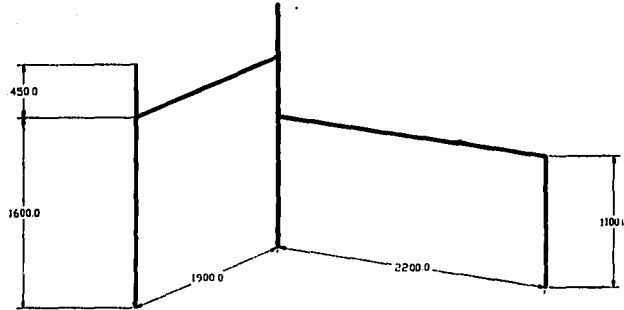
tramo 4; 2 1/2 X 3/16; A = 5.81 cm²; I_o = 22.89 cm⁴
 r_o = 1.9cm; x = 1.78 cm
 B = 120 cm; b = 30 cm; H = 450 cm

$$B_i = B - \left(\frac{B-b}{H}\right)h_i; \quad d = B_i - 2x; \quad I = 4A_o(r_o^2 + d_i^2); \quad d_i = \frac{d}{2}$$

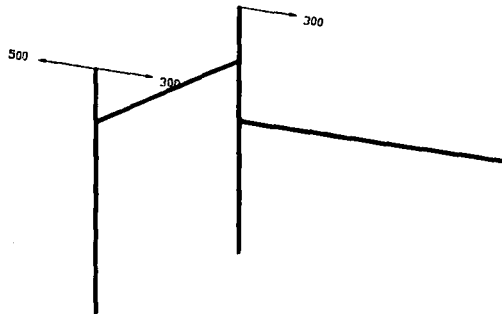
MARCO 1



DIMENSIONES DEL MARCO

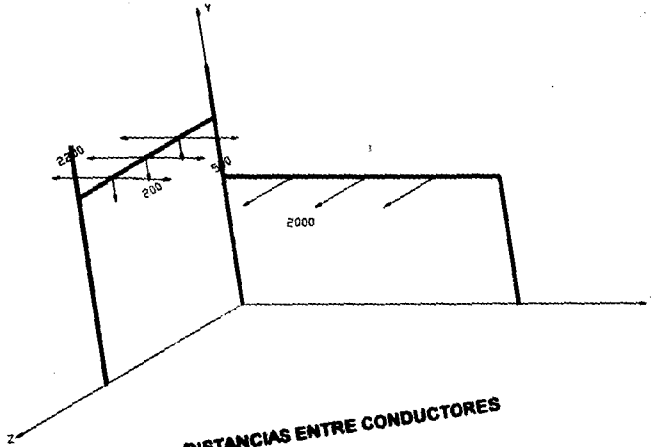


TENSIONES EN HILOS DE GUARDA

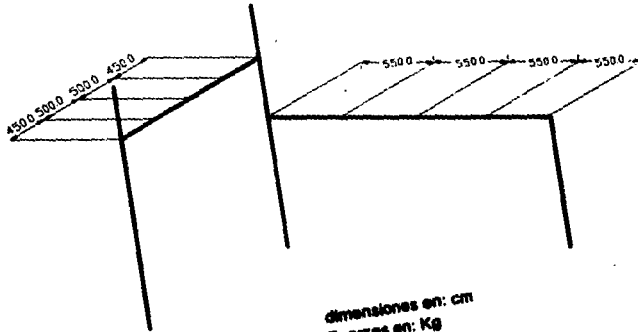


dimensiones en: cm
Fuerzas en: Kg

TENSIONES EN CONDUCTORES Y CARGA VERTICAL

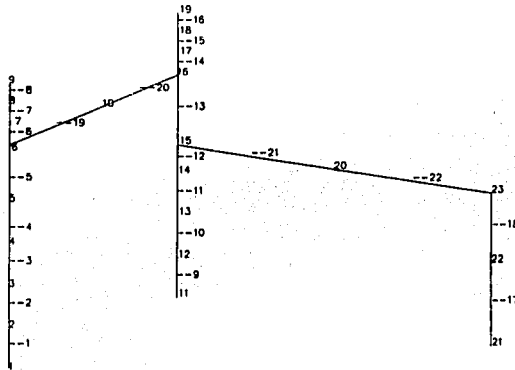


DISTANCIAS ENTRE CONDUCTORES



dimensiones en: cm
Fuerzas en: Kg

MARCO CON NODOS Y ELEMENTOS PARA ANALIZARLO



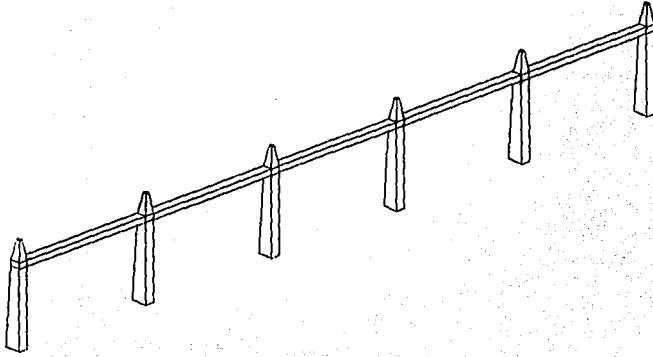
Números solos indica nodos
-- indica elementos

De acuerdo a los dibujos de la página 27 se calcularán las propiedades prismáticas de las barras que componen el marco 1.

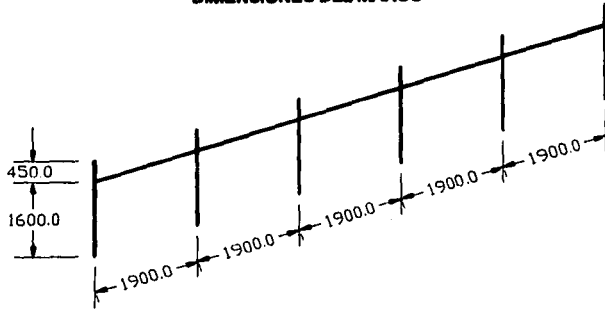
Las alturas de los tramos como se componen de una altura mayor al de las barras, se dividieron en varias secciones de acuerdo al tamaño de las barras que quedan dentro.

PROPIEDADES PRISMÁTICAS MARCO 1										
TRAMO	Secc.	hi	Bi	d	Iz	Sz	BI	d	Iy	Sy
1	1	150.0	189.1	183.3	620,091.7	6,565.0	120	114.2	241,420.9	4,023.7
	2	450.0	187.3	181.5	481,892.6	5,781.8	120.0	114.2	241,420.9	4,023.7
2	3	750.0	145.5	139.9	245,599.0	3,377.0	120.0	114.5	164,532.1	2,742.2
	4	1,000.0	127.3	121.7	188,038.5	2,923.5	120.0	114.5	164,532.1	2,742.2
traves	5		120.0	114.5	164,532.1	2,874.9	120.0	114.5	164,532.1	2,742.2
4	6	75.0	105.0	101.5	59,947.2	1,141.9	105.0	101.5	59,947.2	1,141.9
	7	225.0	75.0	71.5	29,793.3	794.5	75.0	71.5	29,793.3	794.5
	8	375.0	45.0	41.5	10,097.4	448.8	45.0	41.5	10,097.4	448.8

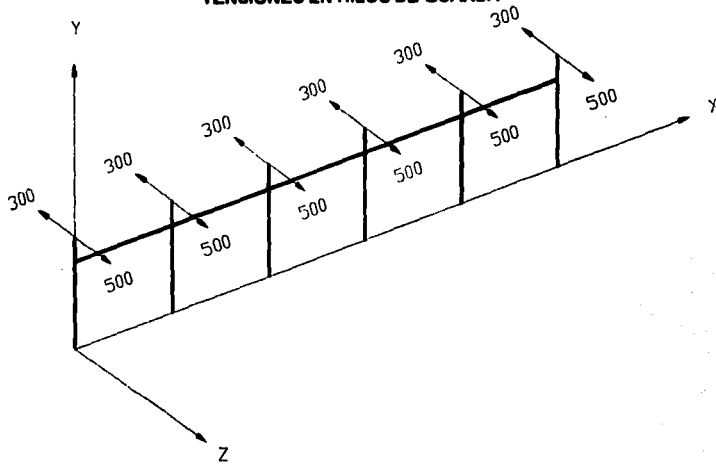
MARCO 2



DIMENSIONES DEL MARCO

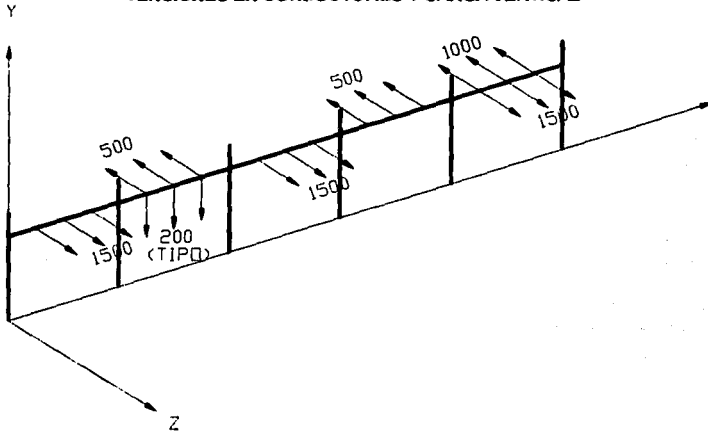


TENSIONES EN HILOS DE GUARDA

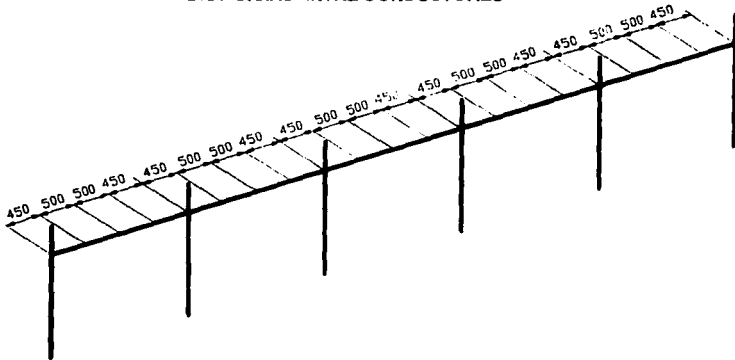


dimensiones en: cm
Fuerzas en: Kg

TENSIONES EN CONDUCTORES Y CARGA VERTICAL



DISTANCIAS ENTRE CONDUCTORES



dimensiones en: cm
Fuerzas en: Kg

MARCO CON NODOS Y ELEMENTOS PARA ANALIZARLO

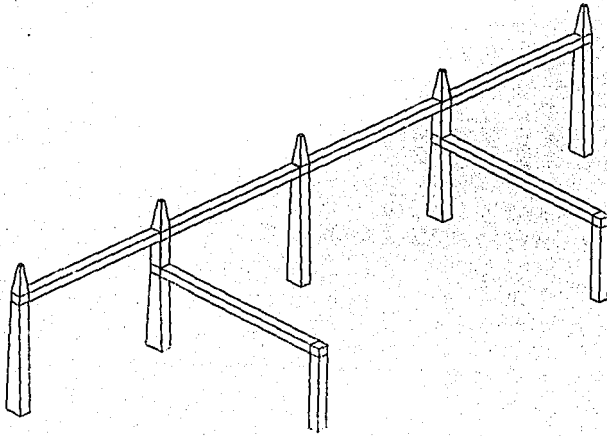
10	9	21	18	37	27	43	36	54	45	65	54
17	-9	20	17	31	26	42	36	53	44	64	54
8	-8	19	16	30	25	41	35	52	43	63	53
7	-7	18	15	29	24	40	34	51	42	62	52
6	-6	17	14	28	23	39	33	50	41	61	51
5	-5	16	13	27	22	38	32	49	40	60	50
4	-4	15	12	26	21	37	31	48	39	59	49
3	-3	14	11	25	20	36	30	47	38	58	48
2	-2	13	10	24	19	35	29	46	37	57	47
1	-1	12	9	23	18	34	28	45	36	56	46

**Números solos indica nodos
-- Indica elementos**

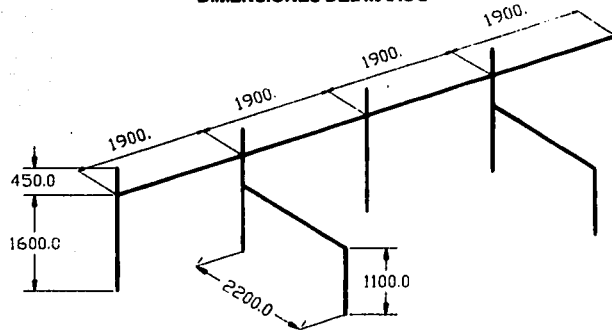
De acuerdo a los dibujos de la página 27 se calcularán las propiedades prismáticas de las barras que componen el marco 2.
 Las alturas de los tramos como se componen de una altura mayor al de las barras, se dividieron en varias secciones de acuerdo al tamaño de las barras que quedan dentro.

PROPIEDADES PRISMÁTICAS MARCO 2										
TRAMO	Secc.	h1	h2	d	ix	Sx	I1	d	Iy	Sy
1	1	150.0	192.5	198.7	643,965.8	6,590.6	120.0	114.2	241,420.9	4,023.7
	2	450.0	177.5	171.7	544,767.5	6,138.2	120.0	114.2	241,420.9	4,023.7
2	3	750.0	162.5	157.0	308,954.7	3,802.5	120.0	114.5	164,532.1	2,742.2
	4	1050.0	147.5	142.0	252,817.5	3,428.0	120.0	114.5	164,532.1	2,742.2
3	5	1300.0	135.0	129.5	210,340.3	3,116.2	120.0	114.5	164,532.1	2,742.2
	6	1500.0	125.0	119.5	179,175.5	2,866.8	120.0	114.5	164,532.1	2,742.2
4	7	75.0	105.0	101.5	59,947.2	1,141.9	105.0	101.5	59,947.2	1,141.9
	8	225.0	75.0	71.5	29,793.3	794.5	75.0	71.5	29,793.3	794.5
	9	375.0	45.0	41.5	10,097.4	448.8	45.0	41.5	10,097.4	448.8
trabes	10		120.0	114.5	164,532.1	2,742.2	120.0	114.5	164,532.1	2,742.2

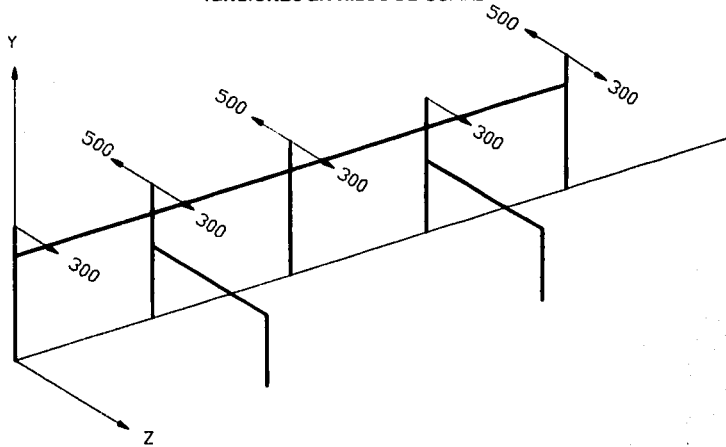
MARCO 3



DIMENSIONES DEL MARCO

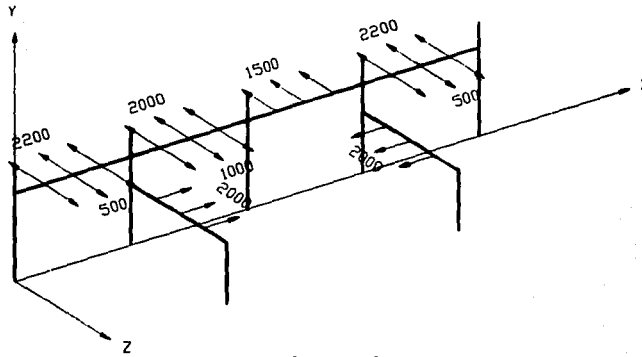


TENSIONES EN HILOS DE GUARDA

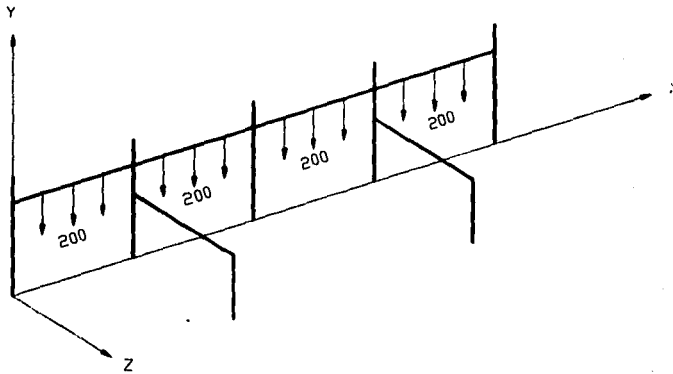


dimensiones en: cm
Fuerzas en: Kg

TENSIONES EN CONDUCTORES

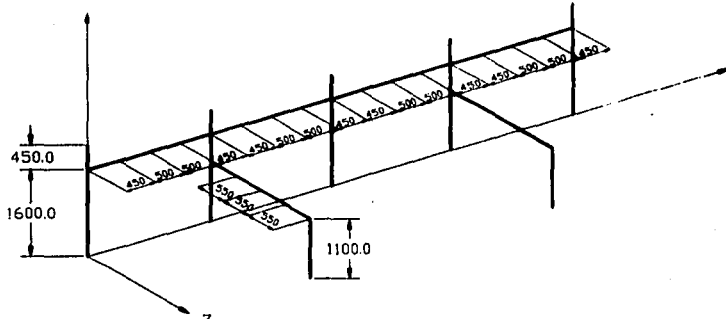


CARGA VERTICAL

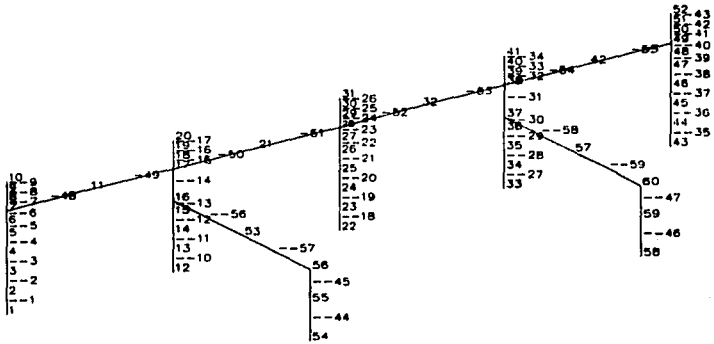


dimensiones en: cm
Fuerzas en: Kg

DISTANCIAS ENTRE CONDUCTORES



MARCO CON NODOS Y ELEMENTOS PARA ANALIZARLO



Números solos indica nodos

-- indica elementos

dimensiones en: cm

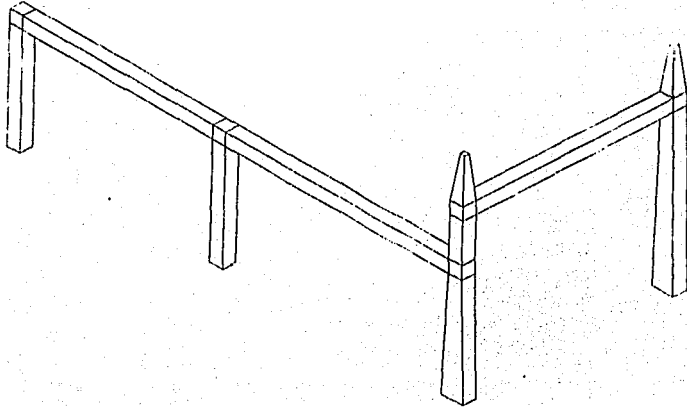
Fuerzas en: Kg

De acuerdo a los dibujos de la página 27 se calcularán las propiedades prismáticas de las barras que componen el marco 3.

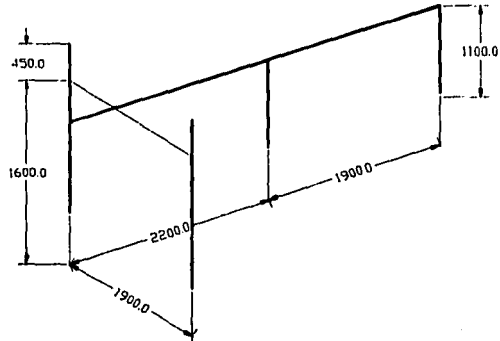
Las alturas de los tramos como se componen de una altura mayor al de las barras, se dividieron en varias secciones de acuerdo al tamaño de las barras que quedan dentro

PROPIEDADES PRISMÁTICAS MARCO 3										
TRAMO	Secc	hi	Bi	d	ix	Sx	Bi	d	Iy	Sy
1	1	150.0	192.5	186.7	643,965.8	8,660.6	120.0	114.2	241,420.9	4,023.7
	2	450.0	177.5	171.7	544,767.5	6,136.2	120.0	114.2	241,420.9	4,023.7
2	3	750.0	162.5	157.0	308,954.7	3,802.5	120.0	114.5	164,532.1	2,742.2
	4	1050.0	147.5	142.0	252,817.5	3,426.0	120.0	114.5	164,532.1	2,742.2
3	5	1300.0	135.0	129.5	210,340.3	3,116.2	120.0	114.5	164,532.1	2,742.2
	6	1500.0	125.0	119.5	179,175.5	2,866.8	120.0	114.5	164,532.1	2,742.2
4	7	75.0	105.0	101.5	59,947.2	1,141.9	105.0	101.5	59,947.2	1,141.9
	8	225.0	75.0	71.5	29,793.3	794.5	75.0	71.5	29,793.3	794.5
	9	375.0	45.0	41.5	10,097.4	448.8	45.0	41.5	10,097.4	448.8
trabes	10		120.0	114.5	164,532.1	2,742.2	120.0	114.5	164,532.1	2,742.2

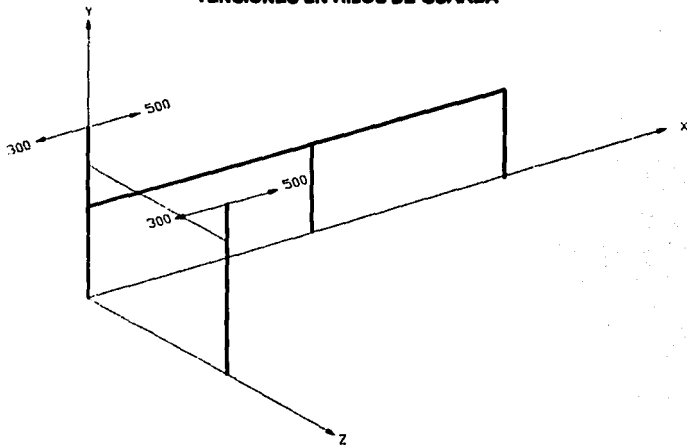
MARCO 4



DIMENSIONES DEL MARCO

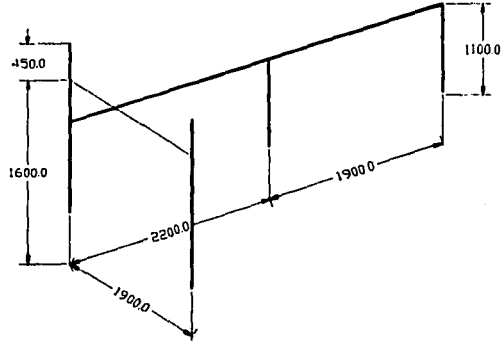


TENSIONES EN HILOS DE GUARDA

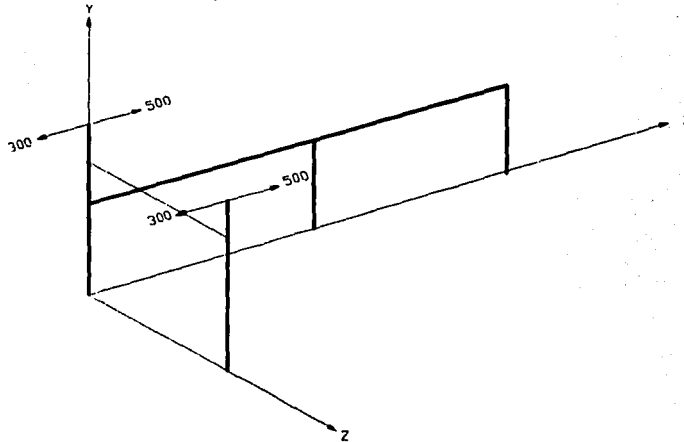


dimensiones en: cm
Fuerzas en: Kg

DIMENSIONES DEL MARCO

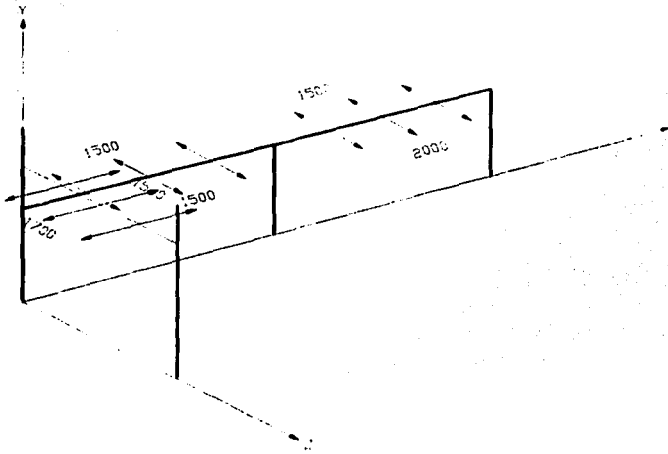


TENSIONES EN HILOS DE GUARDA

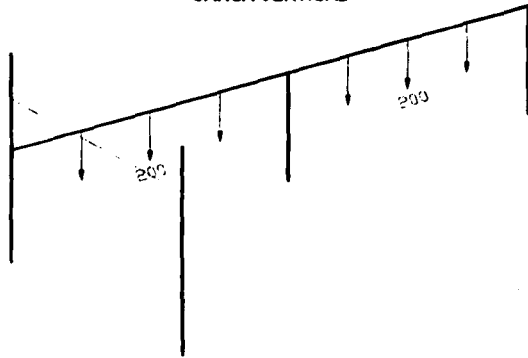


dimensiones en: cm
Fuerzas en: Kg

TENSIONES EN CONDUCTORES

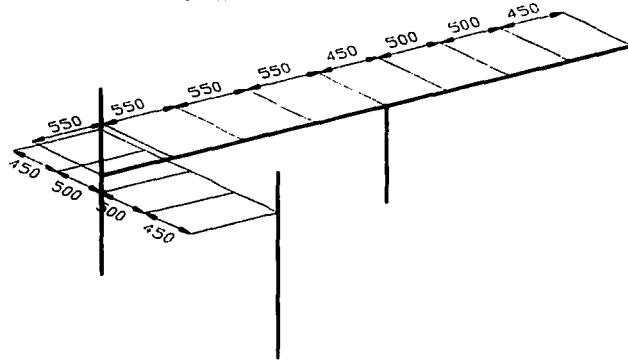


CARGA VERTICAL

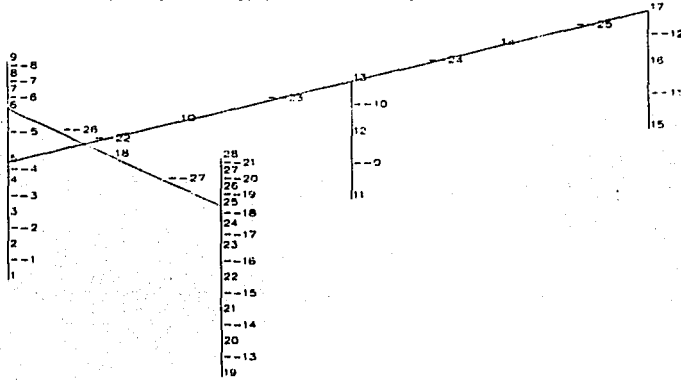


dimensiones en: cm
Fuerzas en: Kg

DISTANCIAS ENTRE CONDUCTORES



MARCO CON NODOS Y ELEMENTOS PARA ANALIZARLO



Números solos indica nodos
 - Indica elementos

Dimensiones en: cm
 Fuerzas en: Kg

De acuerdo a los dibujos de la página 27 se calcularán las propiedades prismáticas de las barras que componen el marco 4.

Las alturas de los tramos como se componen de una altura mayor al de las barras, se dividieron en varias secciones de acuerdo al tamaño de las barras que quedan dentro.

PROPIEDADES PRISMÁTICAS MARCO 4										
TRAMO	Secc.	N	SI	d	Ix	Sz	SI	d	Iy	Sy
1	1	180.0	189.1	163.3	820,891.7	8,685.0	120	114.2	241,420.9	4,023.7
	2	450.0	187.3	161.5	481,862.8	5,781.8	120.0	114.2	241,420.9	4,023.7
2	3	750.0	146.5	139.9	245,569.0	3,377.0	120.0	114.5	184,532.1	2,742.2
	4	1,000.0	127.3	121.7	186,036.5	2,923.5	120.0	114.5	184,532.1	2,742.2
traves	5		120.0	114.5	184,532.1	2,874.9	120.0	114.5	184,532.1	2,742.2
4	6	75.0	106.0	101.5	59,947.2	1,141.9	105.0	101.5	59,947.2	1,141.9
	7	225.0	75.0	71.5	29,793.3	794.5	75.0	71.5	29,793.3	794.5
	8	375.0	45.0	41.5	10,097.4	448.8	45.0	41.5	10,097.4	448.8

CAPITULO IV

DISEÑO ESTRUCTURAL

Al dimensionar los elementos de las estructuras de soporte se sugiere que se siga el criterio de estados límites, el cual establece en términos generales, que la resistencia del elemento, afectada por un factor de reducción de resistencia, debe ser mayor ó igual a las acciones inducidas en el elemento y que se han de multiplicar por sus factores de carga correspondientes.

En edición a los elementos mecánicos resultantes del análisis de las combinaciones de carga que no incluyan viento máximo, todos los miembros del cuerpo de la torre con inclinación con respecto a la vertical mayor de 45° , serán de sección suficiente para soportar una carga vertical máxima de 100 Kg concentrada en cualquier punto sin sufrir deformación permanente.

Las cargas resistentes de los miembros se calcularán con las expresiones que se presentan más adelante, estas cargas deberán ser mayores ó iguales a las calculadas en el análisis para las distintas combinaciones de carga multiplicadas por los factores de carga correspondientes.

CARACTERÍSTICAS DE LOS MIEMBROS ESTRUCTURALES

Para efecto de estas recomendaciones, se consideran, como miembros principales a aquellos que definen el contorno de la torre y su cimentación; tanto los miembros principales como los secundarios se diseñaran para resistir las fuerzas obtenidas del análisis. Los miembros redundantes son aquellos cuya función es limitar la relación de esbeltez de otros miembros en la estructura, su tamaño no se selecciona en función de cargas que deban resistir, sino para hacer cumplir ciertas restricciones, tales como la relación de esbeltez máxima, espesores mínimos, etc.

DIMENSIONES MÍNIMAS

El tamaño de las secciones que se empleen en los miembros principales del cuerpo de la torre y de la cruceta, tendrán una dimensión no menor de 38 mm. y un espesor mínimo de 4.7 (3/16"), al igual que todos aquellos miembros que vayan bajo la superficie del terreno y estén embebidas en concreto, si no están, deberán tomarse provisiones especiales para evitar corrosión.

En miembros secundarios el espesor mínimo será de 4 mm. mientras que en los redundantes su espesor no será menor de 3.2 mm. Las placas que se empleen para conectar los diversos miembros no tendrán un espesor menor de 4.8 mm.

En torres con retenidas, los cables que servirán de anclaje no deberán ser de diámetro menor que 6.4 mm.

Esbeltez

La relación de esbeltez de los miembros que componen la torre, no sobrepasará los valores de la siguiente tabla:

TABLA ESBELTEZ MÁXIMA PERMITIDA

RELACIÓN DE ESBELTEZ (KL/r)	ELEMENTOS
150	Principales de la cruceta y del cuerpo de la torre, trabajando a compresión.
200	Otros Miembros
250	Superfluos (redundantes)
400	En tensión excepto cables

donde:

L Longitud del miembro entre conexiones o apoyos.

r radio de giro.

K factor de longitud efectiva para los miembros, se tomará igual a la unidad excepto en los casos indicados en la tabla indicada, en los cuáles se consideran las posibles condiciones de sujeción del elemento.

CONEXIONES

Todos los miembros de las torres se unirán por medio de tornillos, utilizando cuándo menos dos de éstos en cada conexión entre miembros principales, además, ningún tornillo deberá unir a más de tres miembros, principales ó secundarios.

Las conexiones de los miembros deberán detallarse a modo de reducir a un mínimo la excentricidad, no obstante, si por alguna razón se introduce un momento flexionante de importancia en un miembro, éste se diseñará en flexocompresión.

En las conexiones no deben emplearse placas de asiento ó relleno salvo cuando sea estrictamente necesario, en cuyo caso se empleará una sola placa. Los rellenos múltiples no son recomendables.

En una sección transversal de dimensiones dadas, el diámetro máximo de los tornillos que podrán emplearse para conectar su lado mas pequeño, estará de acuerdo con la siguiente tabla:

TABLA. LADO MÍNIMO A CONECTAR

Diámetro ϕ del tornillo (mm)	Lado mínimo del elemento (mm)
13 (1/2")	30
16 (5/8")	38
19 (3/4")	45
22 (7/8")	50
más de 22 (7/8")	2.3 ϕ

EMPALMES

El diámetro mínimo de los tornillos será de 13 mm. (1/2") y su longitud que sobresale de las tuercas, una vez que estas han sido apretadas firmemente, no será menor de 6.4 mm. (1/4") ni mayor de 10 mm. (3/8").

A fin de simplificar el ensamble de la estructura y tener un fácil control de la tomillería conviene no usar más de 2 diámetros diferentes de tornillos y 4 longitudes distintas, estas características deberán estandarizarse en la medida que sea posible.

Se utilizarán roldanas de presión con espesor mínimo de 3.2 mm. (1/8") además, se deberán emplear contratuercas para prevenir el aflojamiento de las conexiones en la unión entre miembros principales, ó en conexiones donde se requiera una unión firme para posibles problemas por la transmisión de los cables.

AGUJEROS

Los agujeros para los tornillos se localizarán tan cerca del gramil del miembro como sea posible y su diámetro será de 1.6 mm (1/16") mayor de 25 mm., la holgura será de 3.2 mm.

La distancia mínima entre centros de agujeros y del centro de un agujero a cualquier canto estará de acuerdo con la siguiente tabla:

TABLA. DISTANCIAS MÍNIMAS. en mm.

Diámetro ϕ del tornillo, en mm.	Entre centros de agujeros	A un canto recortado	A un canto laminado
13	30	17	15
16	37	22	18
19	43	25	22
22	49	30	26
Más de 22	2.3 ϕ	1.35 ϕ	1.15 ϕ

Si el canto se cortó mediante soplete, esa distancia se incrementará en 10 por ciento.

Además, de los agujeros que la estructura requiere para armarla y sujetar los herrajes y accesorios, se requieren los siguientes agujeros especiales:

- a) Para sujetar los avisos de peligro.
- b) Para la conexión a tierra: cualquiera que sea el tipo de cimentación para las torres, estas deberán tener en cada pata un agujero adicional.
- c) Para la conexión efectiva del cable de guarda a la torre, localizado cerca de los puntos de sujeción de los cables de guarda.

GALVANIZADO

Todos los elementos metálicos que conforman la estructura, incluyendo la tornillería y en su caso los cimientos de parrilla de acero, deberán galvanizarse empleando el método de inmersión en caliente una vez que se hayan cortado y taladrado.

Todo lo relacionado con dicho galvanizado deberá realizarse de acuerdo con las normas ASTM correspondientes.

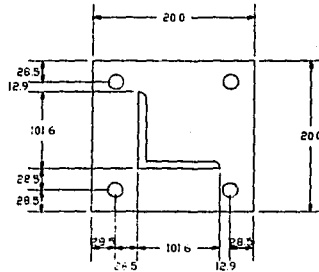
DISEÑO DEL MARCO 1

ORDEN	ÁREA m ²	COTE	POSICIÓN	ESP. ACTUANTE		LORDITUD		T _{med}	ESP. RESIST.		PORCENTAJE Esp. RESIST. P.C.
				kg/cm ²	kg	cm	cm		kg/cm ²	kg	
1	73.8	9	0.50	1888.0	29448.2	150.1	1.98		2072.1	38230.1	0.77
2	73.8	9	INICIO	1480.6	27317.1	150.1	1.98		2072.1	38230.1	0.71
		9	0.50L	1243.2	22837.0						0.60
3	50.1	9	INICIO	1629.0	20403.2	150.1	2.00		2081.2	28067.1	0.78
		9	0.50L	1250.9	15887.5						0.60
4	50.1	9	INICIO	879.2	12284.5	140.1	2.00		2139.0	28791.1	0.46
		9	0.50L	887.0	11109.7						0.41
5	50.1	9	INICIO	882.2	10789.1	127.0	2.00		2208.7	27884.1	0.39
		9	0.25L	825.4	10339.1						0.37
		9	0.50L	720.4	8023.0						0.33
		9	0.75L	658.8	8248.0						0.30
6	23.2	9	INICIO	153.0	887.4	167.1	1.24		1083.0	6281.6	0.14
		9	0.50L	137.2	786.8						0.13
7	23.2	9	INICIO	163.7	949.5	150.1	1.24		1362.5	7802.3	0.12
		9	0.50L	125.9	730.2						0.09
8	23.2	9	INICIO	140.0	812.0	137.0	1.24		1567.4	9032.8	0.09
		9	0.50L	73.2	424.8						0.06
9	73.8	9	0.50	1143.4	21085.7	150.1	1.98		2072.1	38230.1	0.55
10	73.8	9	INICIO	1011.9	18989.6	150.1	1.98		2072.1	38230.1	0.49
		9	0.50L	824.8	15218.4						0.40
11	50.1	9	INICIO	898.1	12513.7	150.1	2.00		2081.2	28067.1	0.48
		9	0.50L	708.3	8871.5						0.34
12	50.1	9	INICIO	453.5	5880.1	140.1	2.00		2139.0	28791.1	0.21
		9	0.50L	458.8	5744.0						0.21
13	50.1	9	INICIO	1848.1	23147.5	127.0	2.00		2208.7	27884.1	0.64
		9	0.25L	1689.8	21290.0						0.77
		9	0.50L	1277.7	16003.2						0.58
		9	0.75L	982.4	12428.8						0.45
14	23.2	9	INICIO	221.3	1283.5	167.1	1.24		1083.0	6281.6	0.20
		9	0.50L	197.7	1146.7						0.18
15	23.2	9	INICIO	236.2	1387.4	150.1	1.24		1362.5	7802.3	0.18
		9	0.50L	182.5	1066.5						0.13
16	23.2	9	INICIO	208.9	1200.0	137.0	1.24		1567.4	9032.8	0.13
		9	0.50L	108.6	618.3						0.07

17	80.1	9	0.26L	2206.0	27617.6	150.0	2.00	2081.8	20074.5	1.06
		9	0.50L	1827.0	19125.7					0.73
		9	0.75L	1088.9	13369.0					0.51
18	80.1	9	INICHO	587.1	7363.4	150.0	2.00	2081.8	20074.5	0.28
		9	0.26L	412.4	5166.3					0.20
			0.50L	192.4	2409.8					0.09
			0.75L	443.6	5556.1					0.21
TRADES										
19-20	80.1	9		962.0	12049.1	111.3	2.00	2283.2	28567.5	0.42
21-22	80.1	9		1761.1	22067.8	104.0	2.00	2314.6	28889.7	0.76

DISEÑO DE PLACA BASE

P = 3811.5 Kg
Vx = 2423.0 Kg
Vz = 2509.8 Kg
Mx = 21102.6 Kg-m
Mz = 34517.7 Kg-m



Se encontrará la compresión máxima que actúa en el ángulo mas cargado y con esta consideración se idealizará para las demás pallas.

$$\text{MAX COMP} = \frac{3811.5}{4} + \frac{21102.6}{1.2} + \frac{34517.7}{2} = 35747.2 \text{ Kg}$$

Para encontrar la longitud necesaria de la placa se hará en base a 2 consideraciones, una de esfuerzos y la otra por Geometría, fijando para los agujeros sus distancias mínimas al borde y a los ángulos.

a) Por esfuerzos $L_{\sigma} = \sqrt{\frac{C_{\max}}{F_a}}$; donde $F_a = 0.85 f_c \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$; $A_2 =$ Area de la placa base
 $A_1 =$ Area del dedo

suponiendo $A_2 = A_1$

$$F_a = 0.85 \times 200 = 170 \text{ Kg/cm}^2$$

$$L_{\sigma} = \sqrt{\frac{35747.2}{170}} = 14.5 \text{ cm}$$

b) Por Geometría $L_{\phi} = 2(3\phi + x) = 2(3 \times 1.9 + 2.9) = 17.2 \text{ cm riga}$

Esesor de la placa base

La reacción uniforme del dedo sobre la placa base es $f_a = C_{\max}/L^2$ lo cual genera momentos flexionante: en ambas direcciones de la placa cuyo valor máximo por simplificación, se supondrá igual a:

$$M_{\max} = \frac{1}{4} f_a C^2 L$$

es decir el generado a lo largo de los paños exteriores de los ángulos por acción de la placa en voladizo de longitud $c=3\phi$, en estas condiciones el esfuerzo de flexión correspondientes será:

$$fb = \frac{M}{S} \leq F_y \quad \therefore \quad fb = \frac{M}{S} = S$$

$$M = \frac{1}{2} \times 89.4 \times (3 \times 1.9)^2 \times 20 = 29046.1 \text{ Kg-cm}$$

$$fb = \frac{35747.2}{20 \times 20} = 89.4 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S = \frac{I}{Y} \quad ; \quad \text{donde } I = \frac{Le^3}{12} \quad ; \quad Y = \frac{e}{2}$$

$$S = \frac{\frac{Le^3}{12}}{\frac{e}{2}} = \frac{2Le^3}{12e} = \frac{1}{6} e^2 L$$

$$S = \frac{29046.1}{2530} = 11.5 \text{ cm}^3$$

$$11.5 = \frac{1}{6} e^2 (20) \quad \rightarrow \quad e = \sqrt{\frac{11.5 \times 6}{20}} = 1.85 \text{ cm} : \text{ placa de } \left(\frac{3}{4}\right)'' (19 \text{ mm})$$

DISEÑO DE ANCLAS

Las anclas estarán sujetas a una combinación de tensión y cortante.

Tomando en cuenta que se tienen 4 apoyos por columna y 4 anclas por apoyo se tiene:

$$T_a = \frac{F_y}{16} \quad ; \quad V_a = \frac{V}{16}$$

Y los esfuerzos correspondientes:

$$f_t = \frac{T_a}{A_n} \quad ; \quad f_v = \frac{V_a}{A_{n'}} \leq F_v = 0.75F_u$$

Siendo A_n = área a tensión del ancla ; $A_{n'}$ = área neta del ancla

De acuerdo con la tabla 1.6.3 del A.I.S.C., 8ª edición para conexiones tipo aplastamiento con la rosca incluida en el plano de corte, el esfuerzo último a tensión (F_t) será:

$$F_t = F_u - 1.4f_v \text{ pero no mayor de } 0.75 F_u$$

$$\text{para acero A-36 } F_u = 4080 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_t = 4080 - 1.4f_v \leq 0.75 * 4080 = 3060 \text{ Kg/cm}^2$$

En esta expresi3n se observa que para $F_t=3060 \text{ Kg/cm}^2$ se tiene el m3nimo valor de:

$$f_v = (4080 - 3060) / 1.4 = 729 \text{ Kg/cm}^2$$

Cortante Resistente

$$V_{max} = 16 A_w f_v = 16 * 2.01 * 729 = 23444.6 \text{ Kg} = 23.4 \text{ Kg}$$

$$\phi = 3/4 = A_w = 2.01 \text{ cm}^2$$

Cortante Actuante

$$V_a = \frac{2.5}{16} = 0.16 \text{ ton} \ll V_{max} = 23.4 \text{ ton}$$

Revisi3n a tensi3n de anclas

$$F_t = 0.75 F_u = 0.75 * 4080 = 3060 \text{ Kg/cm}^2$$

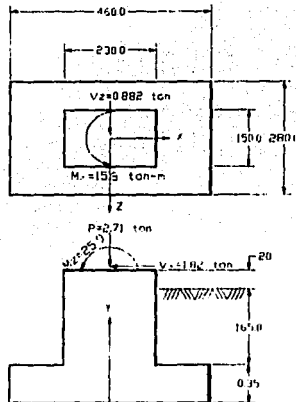
$$T = A F_t = 2.85 * 3060 = 8721 \text{ Kg} * 4 = 34.9 \text{ ton} > 33.94 \therefore \text{ SI PASA}$$

Tensi3n Actuante

$$t = \frac{34517.7}{2} + \frac{21102.6}{1.2} - \frac{3611.5}{4} = 33.94 \text{ ton}$$

DISEÑO DE ZAPATA Z-1

MARCO 1
 NUDO 1 COMB. 11
 EJES GLOBALES
 P = 2708.6 Kg
 Vx = 1817.3 Kg
 Vz = -882.4 Kg
 Mx = -15826.9 Kg-m
 Mz = -25888.3 Kg-m



$$W_c = (2.8 \cdot 4.6 \cdot 0.35 + 1.5 \cdot 2.3 \cdot 1.85) \cdot 2.4$$

$$W_s = (2.8 \cdot 4.6 - 1.5 \cdot 2.3) \cdot 1.65 \cdot 1.6$$

$$P_o =$$

$$= 26.14 \text{ ton}$$

$$= 24.90 \text{ ton}$$

$$= 2.71 \text{ ton}$$

$$W_t = 53.75 \text{ ton}$$

$$M_x = 15.8 + 0.882 \cdot 2.2 = 17.70 \text{ ton-m}$$

$$M_z = 25.9 + 1.82 \cdot 2.2 = 29.90 \text{ ton-m}$$

REVISIÓN DE VOLTEO

$$M_{Rz} = \frac{P_T \cdot L}{2} = \frac{53.75 \cdot 4.60}{2} = 123.625 \text{ Ton-m}$$

$$F_{Bz} = \frac{M_{Rz}}{M_{zT}} = \frac{123.625}{29.9} = 4.1 > 1.5$$

$$M_{Rx} = \frac{P_T \cdot B}{2} = \frac{53.75 \cdot 2.60}{2} = 70.125 \text{ Ton-m}$$

$$F_{Bx} = \frac{M_{Rx}}{M_{xT}} = \frac{70.125}{17.7} = 3.96 > 1.5 \quad \therefore \text{SE ACEPTAN DIMENSIONES}$$

POR ESTABILIDAD

EVISIÓN CON LA FORMULA DE LA ESCUADRÍA

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M_{XT}}{I_x} Z \pm \frac{M_{YT}}{I_z} X$$

$$\sigma = \frac{53.75}{2.8 \cdot 4.6} \pm \frac{17.7}{6.01} \pm \frac{29.90}{9.87} = \begin{Bmatrix} 10.13 \\ 4.15 \\ -1.73 \\ 4.25 \end{Bmatrix}$$

$$I_z = \frac{bh^3}{12} = \frac{2.8 \cdot (4.6)^3}{12} = 22.71 \text{ m}^4 \quad ; \quad S_z = \frac{I_z}{Y} = \frac{22.71}{4.6} = 9.87 \text{ m}^3$$

$$I_x = \frac{b^3h}{12} = \frac{2.8^3 \cdot 4.6}{12} = 8.41 \text{ m}^4 \quad ; \quad S_x = \frac{I_x}{Z} = \frac{8.41}{2.8} = 6.01 \text{ m}^3$$

Se obtendrá la distancia donde deja la zapata de apoyarse en el terreno

$$\sigma = \frac{53.75}{2.8 \cdot 4.6} + \frac{17.70}{8.4} Z + \frac{29.90}{22.7} X$$

$$\sigma = 4.2 + 2.10Z + 1.30X$$

Pto	X	Z	σ
1	2.3	1.4	10.13
2	-2.3	1.4	4.15
3	-2.3	-1.4	-1.73
4	2.3	-1.4	4.25

$$\text{Si } X = -2.3 \text{ m} \quad ; \quad Z = \frac{-4.2 - 1.30(-2.3)}{2.1} = -0.58$$

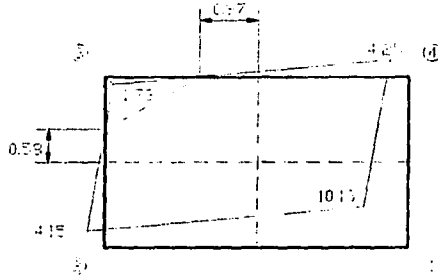
$$\text{Si } Z = -1.4 \text{ m} \quad ; \quad X = \frac{-4.2 - 2.1(-1.4)}{1.30} = -0.97$$

Área real de apoyo

$$A_A = 2.8 * 4.6 - \frac{1}{2}(0.82 + 1.33) = 12.335 \text{ m}^2$$

$$\left(\frac{A_{\text{REAL}}}{A_{\text{TOTAL}}}\right) = \frac{12.335}{2.8 * 4.6} = 95.8\% \quad \therefore \text{ES ACEPTABLE LA APLICACIÓN DE}$$

LA FORMULA DE LA ESCUADRÍA



REVISIÓN DEL PERALTE COMO VIGA ANCHA

$$V_u = \left(\frac{L-a}{2} - d \right) B r_f$$

$$L = 500 \text{ cm} \quad ; \quad a = 230 \text{ cm} \quad ; \quad d = 35 - 7 = 28 \text{ cm} \quad ; \quad B = 300 \text{ cm} \quad ; \quad r_f = 15 \text{ Ton/m}^2$$

$$V_u = \left(\frac{500 - 230}{2} - 28 \right) 300 \cdot 1.5 = 48150 \text{ Kg}$$

$$V_c = 0.53 \phi \sqrt{f_c} B d$$

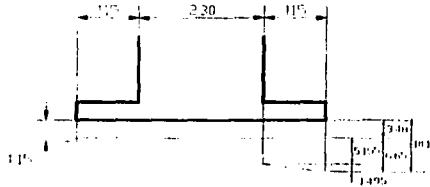
$$V_c = 0.53 \cdot 0.85 \cdot \sqrt{200} \cdot 300 \cdot 28 = 53509 \text{ Kg} > V_u = 48150 \text{ Kg} \quad \therefore \text{Pasa}$$

REVISIÓN POR PENETRACIÓN

$$V_u = [BL - (d+a)(d+b)] r_f \quad V_u = [280 \cdot 460 - (28 + 230)(28 + 150)] \cdot 1.5 = 59914 \text{ Kg}$$

$$V_c = 1.1f_c 2[(d+a) + (d+b)] = 2.2 \cdot 200[(28 + 230) + (28 + 150)] = 191840 \text{ Kg} > V_u$$

\therefore Si pasa



PRESIONES EFECTIVAS

$$0.35 \cdot 2.4 = 0.84 \text{ Ton/m}^2$$

$$1.85 \cdot 1.6 = 2.96 \text{ Ton/m}^2$$

$$3.48 \text{ Ton/m}^2$$

$$P_e = 10.13 - 3.48 = 6.65 \text{ Ton/m}^2$$

$$\frac{10.13 - 4.15}{4.6} = \frac{X}{1.15} \quad X = 1.495 \text{ Ton/m}^2$$

$$M = \frac{5.155 \cdot (1.15)^2}{2} + \frac{1.495 \cdot (1.15)^2}{3} = 4.088 \text{ Ton-m}$$

DISEÑO AL LÍMITE

Se usará un factor de 1.7

$$Mu = 1.7 * 4.068 = 6.92 \text{ Ton-m}$$

$$Mu = 0.9 f'c b d^2 q (1 - 0.59q)$$

donde: $b = 100 \text{ cm}$ $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ $d = 28 \text{ cm}$

$$\frac{Mu}{0.9 * b d^2 f'c} = \frac{692000}{0.9 * 100 * 28^2 * 200} = 0.049$$

$$0.049 = q - 0.59 q^2 \quad \rightarrow \quad q^2 - 1.695 q + 0.083 = 0$$

$$q = \frac{1.695 \pm \sqrt{(1.695)^2 - 4(0.083)}}{2} = \frac{1.695 - 1.594}{2} = 0.0505$$

$$p = \frac{q f'c}{fy} = \frac{0.0505 * 200}{4200} = 0.0024$$

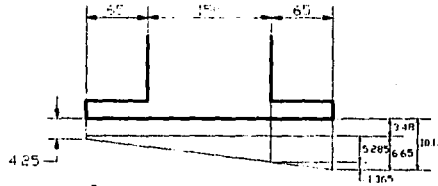
$$p_{min} = \frac{7.56}{fy} = \frac{7.56}{4200} = 0.0018 < p = 0.0024$$

$$As = p b d = 0.0024 * 100 * 28 = 6.72 \text{ cm}^2$$

$$\text{Sep Vars \# 4} \quad \frac{1.27 * 100}{6.72} = 18.9 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad \# 4 @ 15$$

$$\text{Sep Vars \# 5} \quad \frac{1.99 * 100}{6.72} = 29.6 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad \# 5 @ 25$$

REFUERZO EN EL SENTIDO CORTO



$$P_e = 10.13 - 3.48 = 6.65 \text{ Ton/m}^2$$

$$\frac{10.13 - 4.25}{2.8} = \frac{X}{0.65} \quad X = 1.365 \text{ Ton/m}^2$$

$$M = \frac{5.285 \cdot (0.65)^2}{2} + \frac{1.365 \cdot (0.65)^2}{3} = 1.31 \text{ Ton-m}$$

DISEÑO AL LÍMITE

Se usará un factor de 1.7

$$M_u = 1.7 \cdot 1.31 = 2.23 \text{ Ton-m}$$

$$M_u = 0.8 f'c b d^2 q (1 - 0.59q)$$

donde: $b = 100 \text{ cm}$ $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ $d = 27 \text{ cm}$

$$\frac{M_u}{0.9 \cdot b d^2 f_c} = \frac{223000}{0.9 \cdot 100 \cdot 28^2 \cdot 200} = 0.016$$

$$0.016 = q - 0.59 q^2 \quad \rightarrow \quad q^2 - 1.695 q + 0.027 = 0$$

$$q = \frac{1.695 \pm \sqrt{(1.695)^2 - 4(0.027)}}{2} = \frac{1.695 - 1.663}{2} = 0.016$$

$$\rho = \frac{q f_c}{f_y} = \frac{0.016 \cdot 200}{4200} = 0.00076$$

$$\rho_{min} = \frac{7.56}{f_y} = \frac{7.56}{4200} = 0.0018 > \rho = 0.00076$$

$$A_s = \rho b d = 0.0018 \cdot 100 \cdot 35 = 6.30 \text{ cm}^2$$

$$\text{Sep Vars \# 4} \quad \frac{1.27 \cdot 100}{6.30} = 20.2 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad \# 4 @ 20$$

$$\text{Sep Vars \# 5} \quad \frac{1.99 \cdot 100}{6.30} = 31.6 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad \# 5 @ 30$$

MARCO 2

ELEMENTO	ÁREA cm ²	CANT.	POSICIÓN	ESP. ACTUANTE	FIB. ACTUANTE	LONGITUD	F _{cm}	ESP. RESIST.	FIB. RESIST.	PORCENTAJE fib. efectiva res.
				Kg/cm ²	Kg	cm		cm	Kg/cm ²	
1	73.8	11		1727.0	31863.2	150.1	1.98	2072.1	38230.1	0.63
2	73.8	11	INICIO	1528.6	28202.7	150.1	1.98	2072.1	38230.1	0.74
			0.5L	1336.6	24660.3					0.85
3	80.1	11	INICIO	1676.0	20991.9	150.1	2.00	2061.2	26067.1	0.81
			0.5L	1420.5	17791.8					0.66
4	50.1	11	INICIO	1178.5	14780.7	140.1	2.00	2139.0	26791.1	0.55
			0.5L	947.6	11868.7					0.44
5	80.1	11	INICIO	721.0	9030.5	127.0	2.00	2208.7	27664.1	0.33
			0.5L	574.7	7198.1					0.26
6	50.1	11	INICIO	434.1	5437.1	127.0	2.00	2208.7	27664.1	0.20
			0.5L	335.4	4200.9					0.15
7 a 9	23.2	9	INICIO	163.6	948.9	131.0	1.24	1640.7	9516.1	0.10
			0.5L	137.6	798.1					0.06
10	73.8	11	0.5L	1675.5	30913.0	150.1	1.98	2072.1	38230.1	0.81
11	73.8	11	INICIO	1488.6	27468.4	150.1	1.98	2072.1	38230.1	0.72
			0.5L	1310.5	24178.7					0.63
12	50.1	11	INICIO	1657.6	20761.4	150.1	2.00	2061.2	26067.1	0.80
			0.5L	1405.5	17603.9					0.68
13	50.1	11	INICIO	1159.5	14522.7	140.1	2.00	2139.0	26791.1	0.54
			0.5L	925.7	11594.4					0.43
14	50.1	11	INICIO	691.4	8659.8	127.0	2.00	2208.7	27664.1	0.31
			0.5L	542.2	6791.1					0.25
15	50.1	9	INICIO	419.7	5256.7	127.0	2.00	2208.7	27664.1	0.19
			0.5L	329.2	4123.2					0.15
16 a 18	23.2	10	INICIO	163.7	949.5	131.0	1.24	1640.7	9516.1	0.10
			0.5L	137.6	798.1					0.08
19	73.8	11	0.5L	1585.0	29243.3	150.1	1.98	2072.1	38230.1	0.76
20	73.8	11	INICIO	1407.5	25968.4	150.1	1.98	2072.1	38230.1	0.68
			0.5L	1239.5	22868.8					0.60

21	50.1	11	INICIO	1566.0	19639.2	150.1	2.00	2061.2	26067.1	0.75
		11	0.5L	1330.7	16667.0					0.64
22	50.1	11	INICIO	1090.6	13662.3	140.1	2.00	2139.0	26791.1	0.51
		11	0.5L	862.9	10807.8					0.40
23	50.1	15	INICIO	633.2	7930.6	127.0	2.00	2208.7	27664.1	0.29
		15	0.5L	487.7	6106.4					0.22
24	50.1	14	INICIO	346.3	4337.4	127.0	2.00	2208.7	27664.1	0.16
		14	0.50L	260.9	3267.6					0.12
25 a	23.2	11	INICIO	163.7	949.5	131.0	1.24	1640.7	9516.1	0.10
27		11	0.50L	137.3	796.3					0.08
28	73.8	11	0.5L	1484.9	27396.4	150.1	1.98	2072.1	38230.1	0.72
29	73.8	11	INICIO	1315.6	24272.6	150.1	1.98	2072.1	38230.1	0.63
		11	0.5L	1155.3	21315.3					0.56
30	50.1	11	INICIO	1456.3	18240.2	150.1	2.00	2061.2	26067.1	0.70
		11	0.5L	1231.0	15416.3					0.59
31	50.1	11	INICIO	1003.0	12562.6	140.1	2.00	2139.0	26791.1	0.47
		11	0.5L	787.2	9659.7					0.37
32	50.1	15	INICIO	569.5	7133.0	127.0	2.00	2208.7	27664.1	0.26
		15	0.5L	432.0	5410.6					0.20
33	50.1	11	INICIO	292.2	3659.8	127.0	2.00	2208.7	27664.1	0.13
		11	0.50L	196.9	2491.2					0.09
34 a	23.2	9	INICIO	163.6	948.9	131.0	1.24	1640.7	9516.1	0.10
36		10	0.50L	137.2	795.8					0.08
37	73.8	15	0.5L	1131.3	20672.5	150.1	1.98	2072.1	38230.1	0.55
38	73.8	15	INICIO	1019.4	18807.9	150.1	1.98	2072.1	38230.1	0.49
		15	0.5L	916.3	16905.7					0.44
39	50.1	15	INICIO	1189.3	14896.0	150.1	2.00	2061.2	26067.1	0.57
		15	0.5L	1046.9	13112.4					0.50
40	50.1	15	INICIO	906.6	11355.2	140.1	2.00	2139.0	26791.1	0.42
		15	0.5L	776.6	9752.0					0.36
41	50.1	11	INICIO	648.4	8133.7	127.0	2.00	2208.7	27664.1	0.29
		11	0.5L	570.7	7146.0					0.26

42	50.1	9	INICIO	550.1	6890.0	127.0	2.00	2208.7	27664.1	0.25
		9	0.50L	525.2	6578.1					0.24
43 a	23.2	9	INICIO	163.8	948.9	131.0	1.24	1640.7	9518.1	0.10
45		10	0.50L	137.5	798.1					0.08
46	73.8	11	0.50L	1226.1	20433.4	150.1	1.98	2072.1	38230.1	0.53
47	73.8	11	INICIO	987.7	18223.1	150.1	1.98	2072.1	38230.1	0.48
		11	0.5L	874.7	16138.2					0.42
48	50.1	11	INICIO	1114.0	13952.9	150.1	2.00	2081.2	26067.1	0.54
		11	0.5L	971.7	12170.5					0.47
49	50.1	15	INICIO	840.9	10532.3	140.1	2.00	2139.0	26791.1	0.39
		15	0.5L	721.3	9034.3					0.34
50	50.1	9	INICIO	527.7	6609.4	127.0	2.00	2208.7	27664.1	0.24
		9	0.5L	479.4	6004.5					0.22
51	50.1	11	INICIO	465.2	5826.6	127.0	2.00	2208.7	27664.1	0.21
		11	0.50L	418.3	5239.2					0.19
52 a	23.2	9	INICIO	163.7	949.5	131.0	1.24	1640.7	9518.1	0.10
54		10	0.50L	137.3	796.3					0.08
trabes	50.1	11	INICIO	774.1	9695.6	111.3	2.00	2283.2	26597.5	0.34
55 to 64		11	0.50L	529.4	6630.7					0.23

		11	4334.0	1632.0	182.1	1337.1	8184.0	0.29		1780.0	8206.7	0.19	
30	4.81	10	658.4	331.8	222.0	1.87	823.8	4268.2	0.06	0.99	1620.2	7008.1	0.06
		11	4187.1	1473.9	182.1		1337.1	8184.0	0.24		1780.0	8206.7	0.18
31	4.81	10	748.8	284.8	254.9	1.87	1172.8	5408.7	0.06	0.99	1878.7	7729.8	0.03
		11	2889.2	1413.9	184.4		1438.9	8988.0	0.21		1838.9	8477.3	0.17
32	4.81	10	648.1	187.3	198.4	1.87	1498.8	6486.8	0.03	0.99	1823.8	8407.8	0.02
		11	2629.4	1262.8	174.7		1843.4	7118.1	0.18		1809.7	8803.7	0.18
33	4.81	10	430.8	182.3	177.0	1.87	1817.9	8894.8	0.02	0.99	1893.3	8727.8	0.02
		11	2882.9	1592.1	174.7		1843.4	7118.1	0.18		1809.7	8803.7	0.18
34,36,38	4.81	10	208.3	74.0	187.1	1.87	1827.4	7802.2	0.01	0.99	1882.5	8047.1	0.01
		11	489.8	188.1	187.1		1827.4	7802.2	0.02		1882.5	8047.1	0.02
37	4.81	10	1274.8	488.7	248.8	1.87	558.4	2579.0	0.17	0.99	1281.0	5951.8	0.08
		11	4308.8	1823.8	182.1		1337.1	8184.0	0.25		1780.0	8206.7	0.18
38	4.81	10	1888.3	383.7	234.7	1.87	748.4	3454.8	0.11	0.99	1410.4	8602.2	0.08
		11	4308.8	1823.8	182.1		1337.1	8184.0	0.25		1780.0	8206.7	0.18
39	4.81	10	898.8	318.7	222.0	1.87	823.8	4268.2	0.07	0.99	1620.2	7008.1	0.06
		11	4883.7	1438.7	182.1		1337.1	8184.0	0.23		1780.0	8206.7	0.18
40	4.81	10	788.4	248.8	204.8	1.87	1172.8	5408.7	0.05	0.99	1878.7	7729.8	0.03
		11	2840.8	1383.3	184.4		1438.9	8988.0	0.21		1838.9	8477.3	0.18
41	4.81	10	818.8	182.3	188.4	1.87	1498.8	6486.8	0.03	0.99	1823.8	8407.8	0.02
		11	2243.8	783.3	174.7		1843.4	7118.1	0.11		1809.7	8803.7	0.08
42	4.81	10	384.4	137.3	177.0	1.87	1817.9	8894.8	0.02	0.99	1893.3	8727.8	0.02
		11	2118.0	748.2	174.7		1843.4	7118.1	0.11		1809.7	8803.7	0.08
43,44,48	4.81	10	208.4	74.0	187.1	1.87	1827.4	7802.2	0.01	0.99	1882.5	8047.1	0.01
		11	489.2	188.8	187.1		1827.4	7802.2	0.02		1882.5	8047.1	0.02
48	4.81	10	1825.7	538.4	248.8	1.87	558.4	2579.0	0.21	0.99	1281.0	5951.8	0.08
		11	2825.3	1387.8	182.1		1337.1	8184.0	0.23		1780.0	8206.7	0.17
47	4.81	10	1338.2	472.4	234.7	1.87	748.4	3454.8	0.14	0.99	1410.4	8602.2	0.07
		11	8087.2	2882.8	182.1		1337.1	8184.0	0.48		1780.0	8206.7	0.35
48	4.81	10	1148.8	405.5	222.0	1.87	823.8	4268.2	0.10	0.99	1520.2	7008.1	0.08
		11	8087.5	2882.9	182.1		1337.1	8184.0	0.48		1780.0	8206.7	0.35
48	4.81	10	957.3	338.5	204.8	1.87	1172.8	5408.7	0.08	0.99	1878.7	7729.8	0.04
		11	2588.1	1257.3	184.4		1438.9	8988.0	0.18		1838.9	8477.3	0.15
50	4.81	10	788.5	271.0	188.4	1.87	1498.8	6486.8	0.04	0.99	1823.8	8407.8	0.03
		11	2418.0	1207.7	174.7		1843.4	7118.1	0.17		1809.7	8803.7	0.14
51	4.81	10	878.3	4027.3	177.0	1.87	1817.9	8894.8	0.58	0.99	1893.3	8727.8	0.48
		11	3323.4	1178.0	174.7		1843.4	7118.1	0.17		1809.7	8803.7	0.13
52,53,54	4.81	10	208.4	74.0	187.1	1.87	1827.4	7802.2	0.01	0.99	1882.5	8047.1	0.01
		11	489.8	188.1	187.1		1827.4	7802.2	0.02		1882.5	8047.1	0.02
55-54	4.81	10	2225.1	4027.3	111.3	1.87	2128.8	8817.3	0.41	0.99	2278.2	10822.8	0.38
		11	4883.1	1730.0	111.3		2128.8	8817.3	0.18		2278.2	10822.8	0.18

DISEÑO DE ZAPATA Z-2

MARCO 2

NUDO 1 COMB. 11

EJES GLOBALES

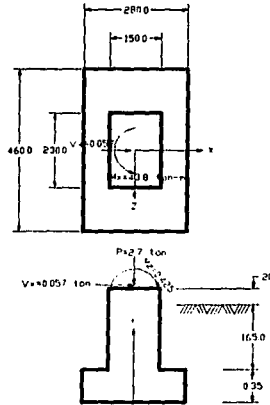
$P = 2087.60 \text{ Kg}$

$V_x = -56.68 \text{ Kg}$

$V_z = -2960.3 \text{ Kg}$

$M_x = -43817.1 \text{ Kg-m}$

$M_z = 424.8 \text{ Kg-m}$



$$W_c = (2.8 \cdot 4.6 \cdot 0.35 + 1.5 \cdot 2.3 \cdot 1.85) \cdot 2.4$$

$$= 26.14 \text{ ton}$$

$$W_t = (2.8 \cdot 4.6 - 1.5 \cdot 2.3) \cdot 1.65 \cdot 1.8$$

$$= 24.90 \text{ ton}$$

$$P_c =$$

$$= 2.70 \text{ ton}$$

$$W_t = 53.74 \text{ ton}$$

$$M_x = 43.82 + 2.96 \cdot 2.2 = 50.33 \text{ ton-m}$$

$$M_z = 0.425 + 0.057 \cdot 2.2 = 0.55 \text{ ton-m}$$

REVISIÓN DE VOLTEO

$$M_{n_z} = \frac{P_T \cdot L}{2} = \frac{53.74 \cdot 2.80}{2} = 75.238 \text{ Ton-m}$$

$$F_{s_z} = \frac{M_{n_z}}{M_{z_1}} = \frac{75.238}{0.55} = 138 \gg 1.5$$

$$M_{n_x} = \frac{P_T \cdot B}{2} = \frac{53.74 \cdot 4.60}{2} = 123.602 \text{ Ton-m}$$

$$F_{s_x} = \frac{M_{n_x}}{M_{x_1}} = \frac{123.602}{50.33} = 2.46 > 1.5 \quad \therefore \text{SE ACEPTAN DIMENSIONES}$$

POR ESTABILIDAD

REVISIÓN CON LA FORMULA DE LA ESCUADRÍA

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M_{XT}}{I_x} Z \pm \frac{M_{YT}}{I_y} X$$

$$\sigma = \frac{53.74}{2.8 \cdot 4.6} \pm \frac{50.33}{9.87} \pm \frac{0.55}{8.01} = \begin{Bmatrix} 9.36 \\ 9.16 \\ -0.96 \\ -0.76 \end{Bmatrix}$$

$$I_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{2.8 \cdot (4.6)^3}{12} = 22.71 \text{ m}^4 \quad ; \quad S_x = \frac{I_x}{Z} = \frac{22.71}{\frac{4.6}{2}} = 9.87 \text{ m}^3$$

$$I_y = \frac{b^3h}{12} = \frac{2.8^3 \cdot 4.6}{12} = 8.41 \text{ m}^4 \quad ; \quad S_y = \frac{I_y}{X} = \frac{8.41}{\frac{2.8}{2}} = 6.01 \text{ m}^3$$

Se obtendrá la distancia donde deja la zapata de apoyarse en el terreno

$$\sigma = \frac{53.74}{2.8 \cdot 4.6} + \frac{50.33}{22.71} Z + \frac{0.55}{8.41} X$$

$$\sigma = 4.2 + 2.2Z + 0.07X$$

Pto	X	Z	σ
1	1.4	2.3	9.36
2	-1.4	2.3	9.16
3	-1.4	-2.3	-0.96
4	1.4	-2.3	-0.76

$$\text{Si } X = -1.4 \text{ m} \quad ; \quad Z = \frac{-4.2 - 0.07(-1.4)}{2.2} = -1.66$$

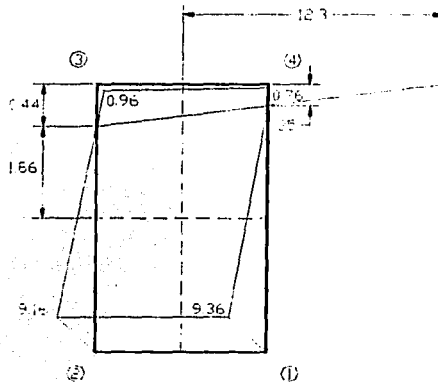
$$\text{Si } Z = -2.3 \text{ m} \quad ; \quad X = \frac{-4.2 - 2.2(-2.3)}{0.07} = -12.3$$

Área real de apoyo

$$A_A = 2.8 * 4.6 - \frac{1}{2} * 2.8 * (0.44 + 0.35) = 11.774 \text{ m}^2$$

$$\left(\frac{A_{\text{REAL}}}{A_{\text{TOTAL}}}\right) = \frac{11.774}{2.8 * 4.6} = 91.4\% \quad \therefore \text{ES ACEPTABLE LA APLICACIÓN DE}$$

LA FORMULA DE LA ESCUADRÍA



REVISIÓN DEL PERALTE COMO VIGA ANCHA

$$V_u = \left(\frac{L-a}{2} - d \right) B r_f$$

$$L = 500 \text{ cm} : a = 230 \text{ cm} : d = 35 - 7 = 28 \text{ cm} : B = 300 \text{ cm} : r_f = 15 \text{ Ton/m}^2$$

$$V_u = \left(\frac{500 - 230}{2} - 28 \right) 300 \cdot 1.5 = 48150 \text{ Kg}$$

$$V_c = 0.53 \phi \sqrt{f_c} B d$$

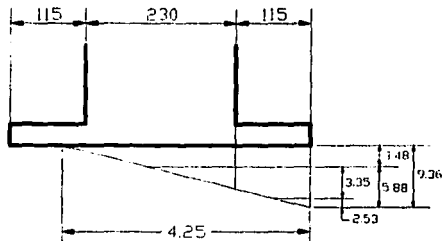
$$V_c = 0.53 \cdot 0.85 \cdot \sqrt{200} \cdot 300 \cdot 28 = 53509 \text{ Kg} > V_u = 48150 \text{ Kg} \quad \therefore \text{Pasa}$$

REVISIÓN POR PENETRACIÓN

$$V_u = [8L - (d+a)(d+b)] r_f \quad V_u = [280 \cdot 460 - (28+230)(28+150)] \cdot 1.5 = 59914 \text{ Kg}$$

$$V_c = 1.1f_c Z[(d+a)+(d+b)] = 2.2 \cdot 200[(28+230)+(28+150)] = 191840 \text{ Kg} > V_u$$

\therefore Si pasa



PRESIONES EFECTIVAS

$$0.35 \cdot 2.4 = 0.84 \text{ Ton/m}^2$$

$$1.85 \cdot 1.6 = 2.96 \text{ Ton/m}^2$$

$$3.48 \text{ Ton/m}^2$$

$$P_e = 10.13 \cdot 3.48 = 35.25 \text{ Ton/m}^2$$

REVISIÓN DEL PERALTE COMO VIGA ANCHA

$$V_u = \left(\frac{L-a}{2} - d\right) B r_f$$

$$L = 500 \text{ cm} \quad ; \quad a = 230 \text{ cm} \quad ; \quad d = 35 - 7 = 28 \text{ cm} \quad ; \quad B = 300 \text{ cm} \quad ; \quad r_f = 15 \text{ Ton/m}^2$$

$$V_u = \left(\frac{500 - 230}{2} - 28\right) 300 \cdot 15 = 48150 \text{ Kg}$$

$$V_c = 0.53 \phi \sqrt{f_c} B d$$

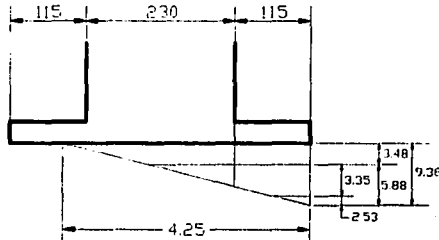
$$V_c = 0.53 \cdot 0.85 \cdot \sqrt{200} \cdot 300 \cdot 28 = 53509 \text{ Kg} > V_u = 48150 \text{ Kg} \quad \therefore \text{Pasa}$$

REVISIÓN POR PENETRACIÓN

$$V_u = [BL - (d+a)(d+b)] r_f \quad V_u = [280 \cdot 480 - (28 + 230)(28 + 150)] \cdot 1.5 = 59914 \text{ Kg}$$

$$V_c = 1.1 f_c 2[(d+a) + (d+b)] = 2.2 \cdot 200[(28 + 230) + (28 + 150)] = 191840 \text{ Kg} > V_u$$

\therefore Sí pasa



PRESIONES EFECTIVAS

$$0.35 \cdot 2.4 = 0.84 \text{ Ton/m}^2$$

$$1.65 \cdot 1.6 = 2.64 \text{ Ton/m}^2$$

$$3.48 \text{ Ton/m}^2$$

$$P_e = 10.13 - 3.48 = 6.65 \text{ Ton/m}^2$$

$$\frac{9.36}{425} = \frac{X}{115} \quad X = 2.53 \text{ Ton/m}^2$$

$$M = \frac{3.35 \cdot (1.15)^2}{2} + \frac{2.53 \cdot (1.15)^2}{3} = 3.33 \text{ Ton-m}$$

DISEÑO AL LÍMITE

Se usará un factor de 1.7

$$Mu = 1.7 \cdot 3.33 = 5.66 \text{ Ton-m}$$

$$Mu = 0.9 f'c b d^2 q (1 - 0.59q)$$

donde: $b = 100 \text{ cm}$ $f'c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ $d = 28 \text{ cm}$

$$\frac{Mu}{0.9 \cdot b d^2 f'c} = \frac{566000}{0.9 \cdot 100 \cdot 28^2 \cdot 200} = 0.040$$

$$0.040 = q - 0.59 q^2 \quad \rightarrow \quad q^2 - 1.695 q + 0.068 = 0$$

$$q = \frac{1.695 \pm \sqrt{(1.695)^2 - 4(0.068)}}{2} = \frac{1.695 - 1.613}{2} = 0.041$$

$$p = \frac{q f'c}{f_y} = \frac{0.041 \cdot 200}{4200} = 0.0020$$

$$p_{min} = \frac{7.56}{f_y} = \frac{7.56}{4200} = 0.0018 < p = 0.0020$$

$$A_s = p b d = 0.0020 \cdot 100 \cdot 28 = 5.6 \text{ cm}^2$$

$$\text{Sep Vars \# 4} \quad \frac{1.27 \cdot 100}{5.6} = 22.7 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad \# 4 @ 20$$

$$\text{Sep Vars \# 5} \quad \frac{1.99 \cdot 100}{5.6} = 35.5 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad \# 5 @ 30$$

MARCO 3

ORDEN	AREA cm ²	OSIS	POSICION	ESP. ACTUANTE kg/cm ²	P.S.A. ACTUANTE Kg	LESBETUS cm	f _{ad} cm	ESP. RESIST. kg/cm ²	P.S.A. RESIST Kg	POROSITAJE f.e. ac/25% rel.
1	73.8	11	INICIO	1320.2	24367.7	183.3	1.98	1847.1	34079.4	0.71
			0.5L	1195.7	22080.7					0.65
2	73.8	11	INICIO	1065.8	19884.0	181.5	1.98	1999.9	36698.0	0.53
			0.5L	940.1	17344.8					0.47
3	50.1	11	INICIO	1184.3	14833.4	139.9	2.00	2140.1	26805.1	0.56
			0.5L	1022.0	12800.6					0.48
4	50.1	11	INICIO	873.6	10941.8	121.7	2.00	2235.0	27993.0	0.39
			0.5L	733.4	9185.8					0.33
5	50.1	11	INICIO	592.3	7418.8	114.5	2.00	2268.8	28417.3	0.26
			0.5L	500.5	6268.8					0.22
6	50.1	11	INICIO	413.6	5180.3	101.5	1.24	1998.1	26001.5	0.21
			0.50L	350.4	4368.8					0.18
7 a 9	23.2	11	INICIO	239.2	1367.4	71.5	1.24	2285.1	13137.5	0.11
			0.50L	197.8	1147.2					0.09
10	73.8	11	INICIO	1334.9	24628.9	41.5	1.24	2440.8	45031.9	0.56
			0.50L	1187.0	21900.2					0.49
11	73.8	11	INICIO	1032.0	19040.4	183.3	1.98	1847.1	34079.4	0.56
			0.50L	883.8	16306.1					0.48
12	50.1	11	INICIO	1069.0	13369.2	181.5	1.98	1999.9	25048.7	0.53
			0.50L	853.8	10693.8					0.43
13	50.1	11	INICIO	636.5	7972.2	139.9	2.00	2140.1	26805.1	0.30
			0.50L	539.5	6757.2					0.26
14	50.1	11	INICIO	2148.4	26908.7	121.7	2.00	2235.0	27993.0	0.96
			0.50L	1338.2	16761.0					0.60
15 a 17	23.2	11	INICIO	176.5	1023.7	114.5	2.00	2268.8	13159.3	0.06
			0.5L	150.2	871.2					0.07
18	73.8	11	INICIO	1584.2	29228.5	101.5	1.24	1998.1	36828.5	0.79
			0.50L	1434.7	26470.2					0.72
19	73.8	11	INICIO	1277.1	23582.5	183.3	1.98	1847.1	34079.4	0.99
			0.5L	1127.6	20804.2					0.81
20	50.1	11	INICIO	1423.8	17833.1	181.5	1.98	1999.9	25048.7	0.71
			0.5L	1204.5	15086.4					0.60

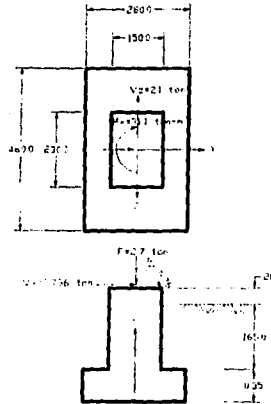
21	50.1	11	INICIO	975.5	12218.1	139.9	2.00	2140.1	26805.1	0.48
		11	0.5L	786.2	9471.4					0.35
22	50.1	11	INICIO	527.3	6804.4	121.7	2.00	2235.0	27993.0	0.24
		11	0.5L	361.1	4773.3					0.17
23	50.1	15	INICIO	228.5	2862.0	114.5	2.00	2268.8	28417.3	0.10
		15	0.5L	126.1	1579.4					0.06
24 a 26	23.2	14	INICIO	163.8	948.9	101.5	1.24	1996.1	11577.5	0.08
		14	0.50L	137.3	796.3					0.07
27	73.8	11	INICIO	1436.8	26509.0	71.5	1.24	2265.1	41790.7	0.63
		11	0.50L	1274.1	23507.1					0.56
28	73.8	15	INICIO	1104.2	20372.5	183.3	1.98	1847.1	34079.4	0.80
		15	0.5L	941.2	17366.1					0.61
29	50.1	15	INICIO	1131.5	14172.0	161.5	1.98	1999.9	25048.7	0.67
		15	0.5L	893.6	11192.3					0.45
30	50.1	15	INICIO	653.8	8188.8	139.9	2.00	2140.1	26805.1	0.31
		15	0.5L	546.4	6843.7					0.26
31	50.1	15	INICIO	2254.0	28231.4	121.7	2.00	2235.0	27993.0	1.01
		15	0.5L	1366.1	17135.5					0.61
32 a 34	23.2	15	INICIO	239.2	1387.4	114.5	2.00	2268.8	13159.3	0.11
		15	0.5L	197.7	1146.7					0.09
35	73.8	15	INICIO	1573.3	29027.4	101.5	1.24	1996.1	36826.5	0.79
		15	0.50L	1421.4	26224.6					0.71
36	73.8	11	INICIO	1264.2	23324.5	71.5	1.24	2265.1	41790.7	0.56
		11	0.50L	1111.2	20501.6					0.49
37	50.1	15	INICIO	1395.4	17477.4	183.3	1.98	1847.1	23135.2	0.76
		15	0.5L	1183.3	14946.1					0.65
38	50.1	15	INICIO	1004.8	12585.1	161.5	1.98	1999.9	25048.7	0.50
		15	0.5L	824.7	10329.4					0.41
39	50.1	15	INICIO	643.5	8059.8	139.9	2.00	2140.1	26805.1	0.30
		15	0.5L	525.0	6575.6					0.25
40	50.1	15	INICIO	411.5	5154.0	121.7	2.00	2235.0	27993.0	0.18
		15	0.5L	329.7	4129.5					0.15
41 a 43	23.2	11	INICIO	163.8	948.9	114.5	2.00	2268.8	13159.3	0.07
		11	0.5L	137.2	795.8					0.06

44	73.8	11	INICIO	1862.5	34363.1	101.5	1.24	1996.1	36828.5	0.93
		11	0.50L	966.2	18416.8					0.50
45	50.1	11	INICIO	1157.7	14600.2	71.5	1.24	2265.1	28370.1	0.51
		11	0.50L	554.8	6648.9					0.24
46	73.8	15	INICIO	2023.4	37331.7	183.3	1.98	1847.1	34079.4	1.10
		15	0.5L	1064.7	20012.7					0.59
47	50.1	15	INICIO	189.7	2125.5	161.5	1.98	1999.9	25048.7	0.08
		15	0.5L	610.7	7649.0					0.31
trabes	50.1	15	INICIO	1517.8	19010.4	139.9	2.00	2140.1	26605.1	0.71
48-55		15	0.5L	1467.0	18374.2					0.69
56-59	50.1	15	INICIO	2361.8	29581.5	121.7	2.00	2235.0	27993.0	1.08
		15	0.5L	1545.1	19352.4					0.69

			9	4303 2	1521 4	182 1		1337 1	8184 0	0 25		1780 0	8205 7	0 19
30	4 81	10	948 3	334 8	187 9	1 57	1388 7	8401 8	0 05	0 89	1812 4	8355 2	0 04	
		9	4303 1	1521 4	184 4		1430 8	8588 0	0 23		1838 9	8477 3	0 18	
31	4 81	10	184 8	88 9	174 7	1 57	1843 4	7115 1	0 01	0 89	1909 7	8803 7	0 01	
		9	12888 2	4548 8	174 7		1843 4	7115 1	0 84		1909 7	8803 7	0 52	
32 33 34	4 81	10	188 7	80 0	187 1	1 57	1827 4	7502 2	0 01	0 89	1882 5	8847 1	0 01	
		9	801 1	212 5	187 1		1827 4	7502 2	0 03		1882 5	8847 1	0 02	
35	4 81	10	1720 5	811 8	248 9	1 57	559 4	2878 0	0 24	0 89	1291 0	5951 8	0 10	
		9	3738 9	1321 8	192 1		1337 1	8184 0	0 21		1780 0	8205 7	0 16	
36	4 81	10	1841 0	544 8	234 7	1 57	749 4	3454 5	0 18	0 89	1410 4	8502 2	0 08	
		9	3738 9	1321 8	192 1		1337 1	8184 0	0 21		1780 0	8205 7	0 16	
37	4 81	10	1351 8	477 9	222 9	1 57	823 9	4259 2	0 11	0 89	1520 2	7506 1	0 87	
		9	3739 0	1321 8	182 1		1337 1	8184 0	0 21		1780 0	8205 7	0 18	
38	4 81	10	1182 1	410 9	204 9	1 57	1172 8	5406 7	0 08	0 89	1878 7	7728 8	0 06	
		9	3739 0	1321 8	184 4		1430 8	8596 0	0 20		1838 9	8477 3	0 18	
39	4 81	10	884 3	351 5	188 4	1 57	1408 8	8485 5	0 05	0 89	1823 8	8407 8	0 04	
		9	3739 0	1321 8	174 7		1843 4	7115 1	0 16		1809 7	8803 7	0 15	
40	4 81	10	882 3	311 9	177 0	1 57	1817 3	8884 8	0 04	0 89	1883 3	8727 8	0 04	
		9	3739 0	1321 8	174 7		1843 4	7115 1	0 16		1809 7	8803 7	0 15	
41 42 43	4 81	10	188 8	80 0	187 1	1 57	1827 4	7502 2	0 01	0 89	1882 5	8847 1	0 01	
		9	400 0	141 4	187 1		1827 4	7502 2	0 02		1882 5	8847 1	0 02	
44	4 81	10	1082 4	372 1	182 1	1 57	1337 1	8184 0	0 08	0 89	1780 0	8205 7	0 05	
		9	7875 2	2784 3	182 1		1337 1	8184 0	0 45		1780 0	8205 7	0 34	
45	4 81	10	718 7	253 4	182 1	1 57	1337 1	8184 0	0 04	0 89	1780 0	8205 7	0 03	
		9	7875 2	2784 3	182 1		1337 1	8184 0	0 45		1780 0	8205 7	0 34	
46	4 81	10	1082 7	382 8	182 1	1 57	1337 1	8184 0	0 08	0 89	1780 0	8205 7	0 05	
		9	5965 0	3028 2	182 1		1337 1	8184 0	0 48		1780 0	8205 7	0 37	
47	4 81	10	788 9	284 1	182 1	1 57	1337 1	8184 0	0 04	0 89	1780 0	8205 7	0 03	
		9	8885 0	3028 2	182 1		1337 1	8184 0	0 49		1780 0	8205 7	0 37	
48-55	4 81	9	2218 2	783 2	111 3	1 57	2129 8	9817 3	0 08	0 89	2278 2	10502 8	0 07	
		9	8881 1	3425 8	111 3		2129 8	9817 3	0 25		2278 2	10502 8	0 23	
56-59	4 81	9	8388 4	2247 3	104 0	1 57	2180 4	10051 8	0 22	0 89	2310 2	10848 9	0 21	
		10	883 0	234 4	104 0		2180 4	10051 8	0 02		2310 2	10848 9	0 02	

DISEÑO DE ZAPATA Z-3

MARCO 3
 NUDO 22 COMB. 12
 EJES GLOBALES
 P = 2687.50 Kg
 Vx = -735.50 Kg
 Vz = -2117.4 Kg
 Mx = 31092.2 Kg-m
 Mz = 5708.7 Kg-m



$$W_c = (2.8 \cdot 4.6 \cdot 0.35 + 1.5 \cdot 2.3 \cdot 1.85) \cdot 2.4$$

$$W_t = (2.8 \cdot 4.6 - 1.5 \cdot 2.3) \cdot 1.65 \cdot 1.6$$

$$P_c =$$

$$= 26.14 \text{ ton}$$

$$= 24.90 \text{ ton}$$

$$= 2.70 \text{ ton}$$

$$W_t = 53.74 \text{ ton}$$

$$M_n = 31.1 + 2.10 \cdot 2.2 = 35.72 \text{ ton-m}$$

$$M_n = 5.78 + 0.736 \cdot 2.2 = 7.38 \text{ ton-m}$$

REVISIÓN DE VOLTEO

$$M_{Rz} = \frac{P_r \cdot L}{2} = \frac{35.72 \cdot 4.6}{2} = 82.156 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$F_{\alpha z} = \frac{M_{Rz}}{M_{zr}} = \frac{82.156}{35.72} = 2.3 > 1.5$$

$$M_{Rx} = \frac{P_r \cdot B}{2} = \frac{35.72 \cdot 2.8}{2} = 50.0 \text{ Ton} \cdot \text{m}$$

$$F_{\alpha x} = \frac{M_{Rx}}{M_{xr}} = \frac{50.0}{7.38} = 6.8 > 1.5 \quad \therefore \text{SE ACEPTAN DIMENSIONES}$$

POR ESTABILIDAD

REVISIÓN CON LA FORMULA DE LA ESCUADRÍA

$$\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{M_{XT}}{I_x} Z \pm \frac{M_{YT}}{I_z} X$$

$$I_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{2.8^3 \cdot (4.6)^3}{12} = 22.71 \text{ m}^4 \quad ; \quad S_x = \frac{I_x}{Z} = \frac{22.71}{\frac{4.6}{2}} = 9.87 \text{ m}^3$$

$$I_z = \frac{b^3h}{12} = \frac{2.8^3 \cdot 4.6}{12} = 8.41 \text{ m}^4 \quad ; \quad S_z = \frac{I_z}{X} = \frac{8.41}{\frac{2.8}{2}} = 6.01 \text{ m}^3$$

Se obtendrá la distancia donde deja la zapata de apoyarse en el terreno

$$\sigma = \frac{53.74}{2.8 \cdot 4.6} + \frac{35.72}{22.71} Z + \frac{7.38}{8.41} X$$

$$\sigma = 4.17 + 1.57Z + 0.88X$$

Pto	X	Z	σ
1	1.4	2.3	9.01
2	-1.4	2.3	6.55
3	-1.4	-2.3	-0.87
4	1.4	-2.3	1.79

$$\text{Si } X = -1.4 \text{ m} \quad ; \quad Z = \frac{-4.17 - 0.88(-1.4)}{1.57} = -1.87$$

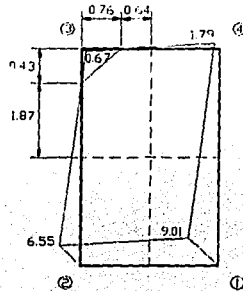
$$\text{Si } Z = -2.3 \text{ m} \quad ; \quad X = \frac{-4.2 - 1.57(-2.3)}{0.88} = -0.64$$

Área real de apoyo

$$A_A = 2.8 * 4.6 - \frac{1}{2} * (0.43)(0.76) = 12.72 \text{ m}^2$$

$$\left(\frac{A_{REAL}}{A_{TOTAL}} \right) = \frac{12.72}{2.8 * 4.6} = 98.7\% \quad \therefore \text{ES ACEPTABLE LA APLICACIÓN DE}$$

LA FORMULA DE LA ESCUADRÍA



REVISIÓN DEL PERALTE COMO VIGA ANCHA

$$V_u = \left(\frac{L-a}{2} - d\right) B r_f$$

$$L = 500 \text{ cm} : a = 230 \text{ cm} : d = 35 - 7 = 28 \text{ cm} : B = 300 \text{ cm} : r_f = 15 \text{ Ton/m}^2$$

$$V_u = \left(\frac{500 - 230}{2} - 28\right) 300 \cdot 1.5 = 48150 \text{ Kg}$$

$$V_c = 0.53 \phi \sqrt{f_c} B d$$

$$V_c = 0.53 \cdot 0.85 \cdot \sqrt{200} \cdot 300 \cdot 28 = 53509 \text{ Kg} > V_u = 48150 \text{ Kg} \quad \therefore \text{Pasa}$$

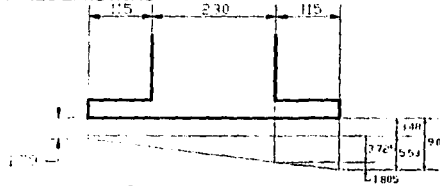
REVISIÓN POR PENETRACIÓN

$$V_u = [BL - (d+a)(d+b)] r_f \quad V_u = [280 \cdot 480 - (28+230)(28+150)] \cdot 1.5 = 59914 \text{ Kg}$$

$$V_c = 1.1f_c 2[(d+a)+(d+b)] = 2.2 \cdot 200[(28+230)+(28+150)] = 191840 \text{ Kg} > V_u$$

\therefore Si pasa

PRESIONES EFECTIVAS



$$0.35 \cdot 2.4 = 0.84 \text{ Ton/m}^2$$

$$1.65 \cdot 1.6 = 2.64 \text{ Ton/m}^2$$

$$3.48 \text{ Ton/m}^2$$

$$P_e = 10.13 - 3.48 = 6.65 \text{ Ton/m}^2$$

$$\frac{9.01 - 1.79}{4.6} = \frac{X}{1.15} \quad X = 1.805 \text{ Ton/m}^2$$

$$M = \frac{3.725 \cdot (1.15)^2}{2} + \frac{1.805 \cdot (1.15)^2}{3} = 3.26 \text{ Ton-m}$$

DISEÑO AL LÍMITE

Se usará un factor de 1.7
 $M_u = 1.7 * 3.26 = 5.54 \text{ Ton-m}$
 $M_u = 0.9 f_c b d^2 q (1 - 0.59q)$

donde: $b = 100 \text{ cm}$ $f_c = 200 \text{ Kg/cm}^2$ $d = 28 \text{ cm}$

$$\frac{M_u}{0.9 * b d^2 f_c} = \frac{554000}{0.9 * 100 * 28^2 * 200} = 0.039$$

$$0.039 = q - 0.59 q^2 \quad \rightarrow \quad q^2 - 1.695 q + 0.066 = 0$$

$$q = \frac{1.695 \pm \sqrt{(1.695)^2 - 4(0.066)}}{2} = \frac{1.695 - 1.615}{2} = 0.040$$

$$p = \frac{q f_c}{f_y} = \frac{0.040 * 200}{4200} = 0.0019$$

$$p_{\min} = \frac{7.56}{f_y} = \frac{7.56}{4200} = 0.0018 \cong p = 0.0019$$

$$A_s = p b d = 0.0019 * 100 * 28 = 5.6 \text{ cm}^2$$

$$\text{Sep Vars \# 4} \quad \frac{1.27 * 100}{5.6} = 22.7 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad \# 4 @ 20$$

$$\text{Sep Vars \# 5} \quad \frac{1.99 * 100}{5.6} = 35.5 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad \# 5 @ 30$$

MARCO 4

ELEMENTO	ÁREA cm ²	COMB.	POSICIÓN	EF. ACTUANTE	FZA. ACTUANTE	LONGITUD cm	f _{res} cm	ESP. RESIST.	FZA. RESIST.	PORCENTAJE fza. actuante/res.
				Kg/cm ²	Kg			Kg/cm ²	Kg	
1	73.8	15	0.5L	735.5	13570.0	150.1	1.98	2072.1	38230.1	0.35
2	73.8	15	INICIO	630.8	11638.3	150.1	1.98	2072.1	38230.1	0.30
			O							
		15	0.5L	528.5	9750.8					0.28
3	50.1	15	INICIO	627.8	7863.2	150.1	2.00	2081.2	26067.1	0.30
			O							
		15	0.5L	479.3	6003.2					0.23
4	50.1	12	INICIO	435.6	5455.9	140.1	2.00	2139.0	28791.1	0.20
			O							
		12	0.5L	444.6	5568.6					0.21
5	50.1	13	INICIO	620.2	7768.0	127.0	2.00	2208.7	27664.1	0.28
			O							
		13	0.5L	420.7	5269.3					0.19
6	23.2	11	INICIO	166.0	962.8	131.0	1.24	1640.7	9516.1	0.10
			O							
		11	0.50L	148.2	859.6					0.09
7	23.2	11	INICIO	179.4	1040.5	131.0	1.24	1640.7	9516.1	0.11
			O							
		11	0.50L	136.9	794.0					0.08
8	23.2	11	INICIO	155.1	899.6	137.0	1.24	1557.4	9032.8	0.10
			O							
		11	0.50L	74.9	434.4					0.05
9	73.8	15	0.50L	2173.2	40095.5	150.1	1.98	2072.1	38230.1	1.05
10	50.1	11	INICIO	828.4	10375.7	150.1	2.00	2081.2	26067.1	0.40
			O							
		11	0.50L	164.3	2057.9					0.08
11	73.8	15	0.50L	1896.2	34984.9	150.1	1.98	2072.1	38230.1	0.92
12	50.1	15	INICIO	1152.0	14428.8	150.1	2.00	2081.2	26067.1	0.55
			O							
		15	0.50L	662.2	8294.1					0.32
13	73.8	13	0.5L	975.7	18001.7	150.1	1.98	2072.1	38230.1	0.47
14	73.8	13	INICIO	877.2	16184.3	150.1	1.98	2072.1	38230.1	0.42

			O							
		13	0.50L	735.7	13573.7					0.36
15	50.1	13	INICI O	920.6	11530.5	150.1	2.00	2081.2	28067.1	0.44
		13	0.5L	703.2	8807.6					0.34
16	50.1	13	INICI O	522.9	6549.3	140.1	2.00	2139.0	26791.1	0.24
		13	0.5L	441.2	5626.0					0.21
17	50.1	13	INICI O	445.3	5577.4	127.0	2.00	2208.7	27664.1	0.20
		13	0.5L	430.9	5397.0					0.20
18	50.1	15	INICI O	694.9	8703.6	127.0	2.00	2208.7	27664.1	0.31
		15	0.5L	802.6	10062.6					0.36
19	23.2	11	INICI O	166.0	982.8	131.0	1.24	1640.7	9516.1	0.10
		11	0.5L	148.2	859.6					0.09
20	23.2	11	INICI O	179.4	1040.6	131.0	1.24	1640.7	9516.1	0.11
		11	0.50L	136.9	794.0					0.08
21	23.2	11	INICI O	155.1	899.8	137.0	1.24	1557.4	9032.8	0.10
		11	0.50L	79.9	483.4					0.05
trabes	50.1	15	INICI O	1201.8	15052.5	111.3	2.00	2283.2	28597.5	0.53
22 e 26		15	0.5L	435.0	5448.4					0.19
trabes	50.1	15	INICI O	1027.4	12868.2	104.0	2.00	2314.5	28969.7	0.44
26-27		15	0.5L	663.2	8306.6					0.29

DISEÑO DE DIAGONALES DEL MARCO 4

MEMBRO	AREA cm ²	CANT.	CONTANTE EN 2		REVISION DE LA TABLA DE LOS 1				REVISION DE LA TABLA DE LOS 2				
			FZA. ACTUANTE	LONGITUD	F ₁	ESP. REBET	FZA. REBET	PORCENTAJE	F ₁	ESP. REBET	FZA. REBET	PORCENTAJE	
			kg	cm		mm	kg	mm	kg	%	kg	mm	kg
1	4.8	11	743.0	282.7	245.4	1.57	583.3	2888.0	0.10	0.90	1388.0	8020.8	0.04
		17	2929.3	1034.2	182.1		1337.1	8184.0	0.17		1780.0	8205.7	0.13
2	4.8	11	743.0	282.7	227.6	1.57	855.5	3043.7	0.07	0.93	1477.2	8209.7	0.04
		17	2929.3	1034.2	182.1		1337.1	8184.0	0.17		1780.0	8205.7	0.13
3	4.8	11	743.0	282.7	210.8	1.57	1093.9	5041.3	0.05	0.95	1628.8	7998.8	0.04
		17	2929.3	1034.2	182.1		1337.1	8184.0	0.17		1780.0	8205.7	0.13
4	4.8	11	743.0	282.7	187.8	1.57	1366.7	6401.9	0.04	0.96	1812.4	8353.2	0.03
		17	2929.3	1034.2	184.4		1430.8	8588.0	0.18		1838.9	8477.3	0.12
5	4.8	9	2827.1	999.5	174.7	1.57	1843.4	7118.1	0.14	0.86	1886.7	8603.7	0.11
		11	5486.2	1225.1	174.7		1843.4	7118.1	0.17		1886.7	8603.7	0.14
6,7,8	4.8	13	388.0	188.1	187.1	1.97	1821.4	7502.2	0.01	0.99	1882.5	8047.1	0.01
		15	300.0	188.1	187.1		1827.4	7502.2	0.01		1882.5	8047.1	0.01
9	4.8	14	1347.8	478.5	182.1	1.57	1337.1	8184.0	0.04	0.96	1780.0	8205.7	0.08
		11	11038.0	3901.8	182.1		1337.1	8184.0	0.83		1780.0	8205.7	0.48
10	4.8	14	1747.8	617.6	182.1	1.57	1337.1	8184.0	0.10	0.90	1780.0	8205.7	0.08
		11	11038.0	3901.8	182.1		1337.1	8184.0	0.83		1780.0	8205.7	0.48
11	4.8	14	1381.9	481.4	182.1	1.57	1337.1	8184.0	0.08	0.92	1780.0	8205.7	0.08
		11	7517.2	2837.7	182.1		1337.1	8184.0	0.43		1780.0	8205.7	0.32
12	4.8	14	1381.9	481.4	182.1	1.57	1337.1	8184.0	0.08	0.92	1780.0	8205.7	0.08
		11	7517.2	2837.7	182.1		1337.1	8184.0	0.43		1780.0	8205.7	0.32
13	4.8	14	2122.9	790.9	248.9	1.57	990.4	2579.0	0.28	0.72	1281.0	8951.6	0.13
		15	2888.8	918.9	182.1		1337.1	8184.0	0.15		1780.0	8205.7	0.11
14	4.8	15	2546.1	884.4	234.7	1.57	748.4	3454.3	0.38	0.62	1410.4	8542.2	0.14
		11	3488.2	1225.1	182.1		1337.1	8184.0	0.28		1780.0	8205.7	0.15
15	4.8	15	2558.1	884.4	222.9	1.57	823.9	4298.2	0.21	0.79	1520.2	7006.1	0.13
		11	3488.2	1225.1	182.1		1337.1	8184.0	0.20		1780.0	8205.7	0.16
16	4.8	15	2558.1	884.4	204.9	1.57	1172.8	5488.7	0.17	0.83	1878.7	7728.8	0.12
		11	3485.2	1225.1	184.4		1430.8	8588.0	0.19		1838.9	8477.3	0.16
17	4.8	15	2588.1	904.4	188.4	1.57	1488.8	6445.5	0.14	0.86	1823.8	8407.8	0.11
		11	3485.2	1225.1	174.7		1543.4	7115.1	0.17		1909.7	8403.7	0.14
18	4.8	15	2558.1	904.4	177.0	1.57	1517.3	6894.8	0.13	0.87	1883.3	8727.9	0.10
		11	3485.2	1225.1	174.7		1543.4	7115.1	0.17		1909.7	8503.7	0.14

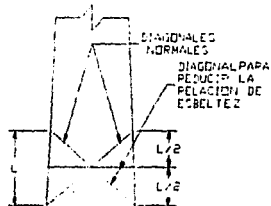
10.20.21	4.0	10	500.0	100.1	107.1	1.87	1077.4	7502.2	0.01	0.00	1000.0	9047.1	0.01
		10	500.0	100.1	107.1		1077.4	7502.2	0.01		1000.0	9047.1	0.01
10.20	4.0	11	2000.7	770.1	104.0	1.57	2100.4	10001.0	0.00	0.00	2310.2	10040.0	0.07
		17	6012.4	2000.5	104.0		2100.4	10001.0	0.21		2310.2	10040.0	0.20
10.27	4.0	11	3000.2	1007.5	111.5	1.51	2100.0	10171.5	0.41	0.50	2270.2	10000.0	0.50
		10	2001.0	1001.2	111.5		2100.0	10171.5	0.10		2270.2	10000.0	0.10

CAPITULO V

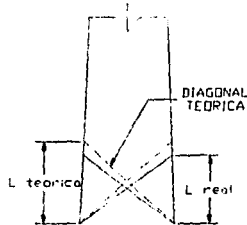
CONCLUSIONES

Después de diseñar los diferentes marcos que componen la Subestación Eléctrica, algunos de los miembros principales, se excede la resistencia actuante a la resistencia permisible, esto se puede solucionar de dos formas:

- a) En la parte central de las dos diagonales se pueda insertar una tercera, esto es para reducir la relación de esbeltez, ya que se esta dividiendo la longitud a la mitad y a la vez se esta incrementando la fuerza resistente.



b) La otra solución sería, modificar la longitud total de la cuerda, esto es, las diagonales ponerlas mas cercanas entre si, para disminuir la longitud del elemento e incrementar la fuerza resistente.



Como puede observarse en los dibujos, las dos soluciones son validas, ya que el porcentaje de excedencia es pequeño.

Como se menciona en el capítulo anterior, se diseño la estructura principal (patas), como las diagonales, con cargas de servicio, esto quiere decir que las cargas actuantes se afectaron por un factor de seguridad según corresponda, y se revisaron los diferentes elementos de cada marco, que no excedieran su resistencia última.

En el diseño de diagonales para poder utilizar perfiles de dimensiones moderadas se conectaron dichas diagonales en el cruce con un tornillo, para poder reducir la longitud de esbeltez de los elementos a la mitad y así poder incrementar su resistencia.

En el diseño de las diferentes placas base se consideró la mas desfavorable y se noto que quedaba muy sobrada por lo que solo se diseño una, ya que todas serán de las mismas características.

En el diseño de las diferentes zapatas, se considero valida la formula de la escudaría, aunque hubiera tensiones, ya que se estuvo revisando que estas no rebasaran el 10%, este valor aunque teórico, se puede manejar con gran confianza ya que es un porcentaje muy pequeño.

Al revisarse las diferentes zapatas se puede notar que se pudo variar las dimensiones de estas, pero estas variaciones eran muy pequeñas, por lo que se considero que todas las zapatas quedaran con las mismas dimensiones, solo orientándolas según correspondieran sus elementos mecánicos actuantes, en las zapatas Z-4, la diferencia estriba en el dado, ya que este es mas pequeño, que para las otras zapatas.

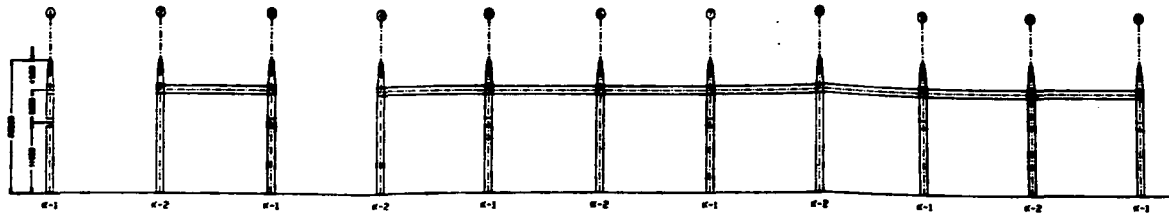
Al revisarse las diferentes zapatas se puede notar que se pudo variar las dimensiones de estas, pero estas variaciones eran muy pequeñas, por lo que se considero que todas las zapatas quedaran con las mismas dimensiones, solo orientándolas según correspondieran sus elementos mecánicos actuantes, en las zapatas Z-4, la diferencia estriba en el dado, ya que este es mas pequeño, que para las otras zapatas.

BIBLIOGRAFÍA

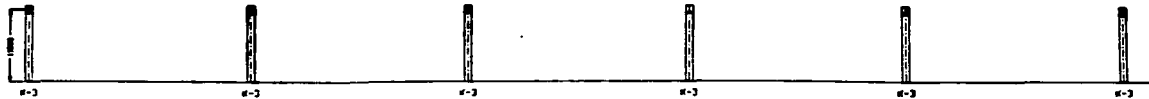
- 1.- Manual de Obras Civiles de Comisión Federal de Electricidad y el Instituto de Investigaciones Eléctricas, Fascículos:
 - C.1.1 Criterio de diseño
 - C.1.2 Acciones
 - C.1.3 Diseño por Sismo
 - C.1.4 Diseño por Viento
 - C.2.1 Análisis de Estructuras
 - C.2.2 Diseño de Estructuras Cimentaciones
 - C.2.3 Estructuras para transmisión de Energía Eléctrica.
- 2.- Operación de Sistemas de Potencia Eléctrica
Autor: Salvador Cisneros Chavez
- 3.- Los Reactores Nucleares y la Producción de Electricidad
Autor: Enrique García y García
- 4.- Guía de Diseño Civil
Editada por el Departamento de Ing. Civil de Proyectos Termoeléctricos de CFE.
- 5.- Planos y Criterios de Diseño del Proyecto C.T. SAN LUIS POTOSÍ, de Proy. Termoeléctricos de CFE:
- 6.- The guide for Design of Steel Transmission Towers del ASCE.
- 7.- Manual of Steel Construction del AISC
- 8.- Enfoque de Sistemas
Autor: Dr. Victor Gerez y M. en C. Manuel Grijalva

ANEXO

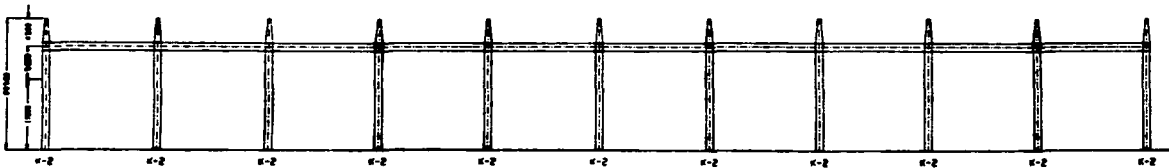
IDENTIFICACION DE COLUMNAS



ELEVACION EJE A



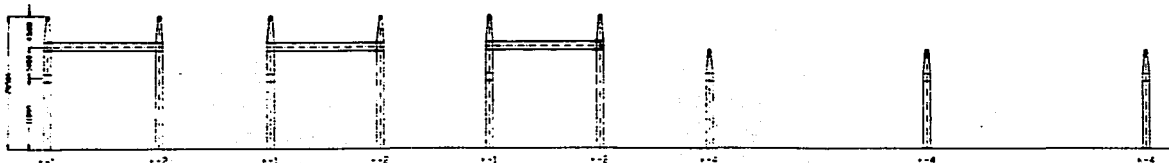
ELEVACION EJE B



ELEVACION EJE C

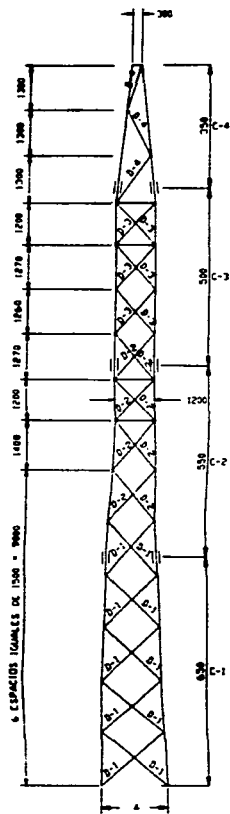


ELEVACION EJE D Y E

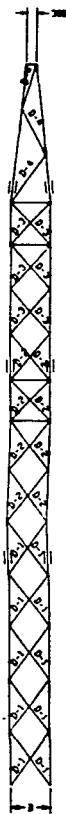


ELEVACION EJE F

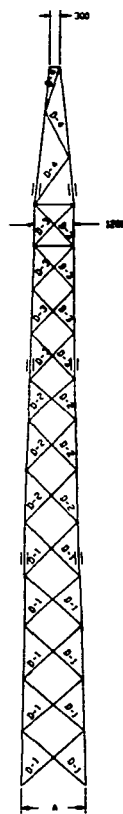
FALLA DE ORIGEN



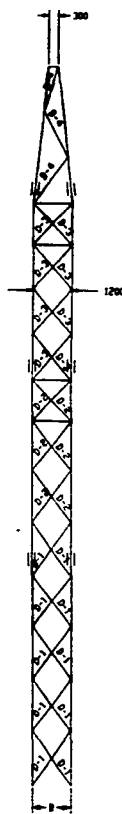
CARA A



CARA B



CARA A



CARA B



CARA A



CARA B



CARA A



CARA B

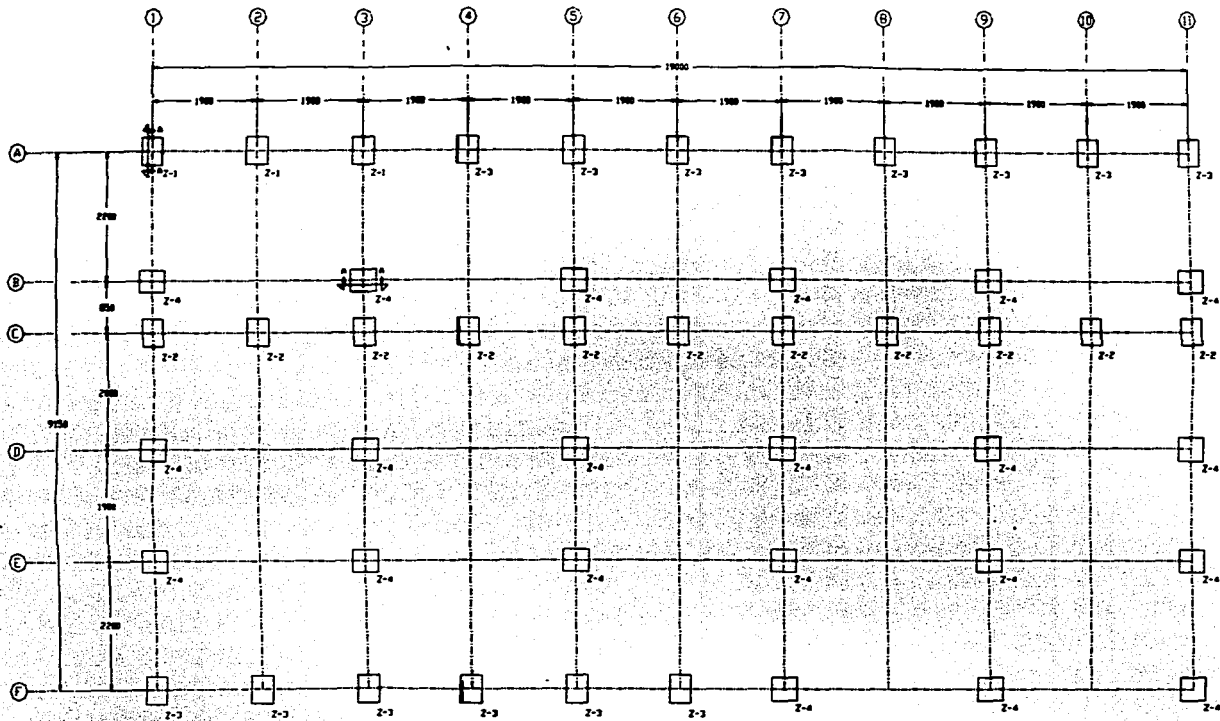
COLUMNAS K1

COLUMNAS K2

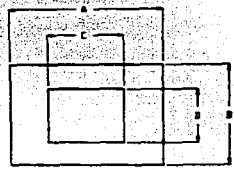
COLUMNAS K3

COLUMNAS K4

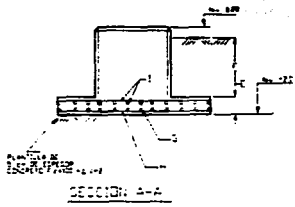
VARILLA	DIMENSIONES		CUERPOS				DIAGONALES			
	A	B	C-1	C-2	C-3	C-4	D-1	D-2	D-3	D-4
#-1	200	120	102 x 10	102 x 6	102 x 6	64 x 5	51 x 5	51 x 5	51 x 5	51 x 5
#-2	200	120	102 x 10	102 x 6	102 x 6	64 x 5	51 x 5	51 x 5	51 x 5	51 x 5
#-3	120	120	102 x 10	102 x 6	102 x 6	64 x 5	51 x 5	51 x 5	51 x 5	51 x 5



NOTAS:
 ACOTACIONES EN CM
 REVLLES EN #



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Z-1	460	280	230	150	35	165	#5@25	#4@20	#4@20	
Z-2	460	280	230	150	35	165	#4@20	#4@20	#4@20	
Z-3	460	280	230	150	35	165	#4@20	#4@20	#4@20	
Z-4	460	150	150	150	35	165	#4@20	#4@20	#4@20	




```

.....
*
*          S T A A D - III
*          Revision 17.0a
*          Proprietary Program of
*          RESEARCH ENGINEERS, Inc.
*          Date=   MAR 13, 1995
*          Time=   16:38:19
*
.....

```

```

1. STAAD SPACE MARCO 1 SUBSTACION
2. UNIT CM KG
3. JOINT COORDINATES
4. 1 0.0 0.0 1900.0 4 0.0 900.0 1900.0
5. 5 0.0 1100.0 1900.0
6. 6 0.0 1600.0 1900.0 9 0.0 2050.0 1900.0
7. 10 0.0 1600.0 850.0
8. 11 0.0 0.0 0.0 14 0.0 900.0 0.0
9. 15 0.0 1100.0 0.0
10. 16 0.0 1600.0 0.0 19 0.0 2050.0 0.0
11. 20 1100.0 1100.0 0.0
12. 21 2200.0 0.0 0.0 22 2200.0 600.0 0.0
13. 23 2200.0 1100.0 0.0
14. MEMBER INCIDENCES
15. 1 1 2 8
16. 9 11 12 16
17. 17 21 22
18. 18 22 23
19. 19 6 10
20. 20 10 16
21. 21 15 20
22. 22 20 23
23. PLOT MODE FILE
24. * DRAW ISOMETRIC MEMBER JOINT
25. MEMBER PROPERTIES
26. 1 9 PRIS AX 73.80 IX 1000000.0 IY 241421. IZ 620692. YD 189.1 ZD 120.
27. 2 10 PRIS AX 73.80 IX 1000000.0 IY 241421. IZ 481893. YD 167.3 ZD 120.
28. 3 11 PRIS AX 50.10 IX 1000000.0 IY 164532. IZ 245599. YD 145.5 ZD 120.
29. 4 12 PRIS AX 50.10 IX 1000000.0 IY 164532. IZ 186039. YD 127.3 ZD 120.
30. 5 13 PRIS AX 50.10 IX 1000000.0 IY 164532. IZ 164532. YD 120.0 ZD 120.
31. 6 14 PRIS AX 23.20 IX 1000000.0 IY 59947. IZ 59947. YD 105.0 ZD 105.
32. 7 15 PRIS AX 23.20 IX 1000000.0 IY 29793. IZ 29793. YD 75.0 ZD 75.
33. 8 16 PRIS AX 23.20 IX 1000000.0 IY 10097. IZ 10097. YD 45.0 ZD 45.
34. 19 20 PRIS AX 50.10 IX 1000000.0 IY 164532. IZ 164532. YD 120.0 ZD 120.
35. 21 22 PRIS AX 50.10 IX 1000000.0 IY 164532. IZ 164532. YD 120.0 ZD 120.
36. 17 18 PRIS AX 50.10 IX 1000000.0 IY 164532. IZ 164532. YD 120.0 ZD 120.
37. MEMBER OFFSET
38. 5 12 13 18 END 0. -60.0
39. 6 13 14 START 0. 60.0
40. 19 START 0. 0. -60.
41. 20 END 0. 0. 60.
42. 21 START 60.
43. 22 END -60.
44. CONSTANTS
45. E 2040000.0 ALL

```

MARCO 1 SUBESTACION

-- PAGE NO. 2

48.	LOADING 1 CARGA VERTICAL CV			
49.	MEMBER LOADS			
50.	19	CON GY	-200.0	450.0
51.	20	CON GY	-200.0	500.0
52.	JOINT LOADS			
53.	10	FY	-200.0	
54.	LOADING 2 PESO PROPIO PO			
55.	MEMBER LOADS			
56.	1 2 9 10 17	UNI GY	-0.9942	
57.	3 TO 5 11 TO 13 18	UNI GY	-0.8038	
58.	19 TO 22	UNI GY	-0.8038	
59.	6 TO 8 14 TO 16	UNI GY	-0.4876	
60.	LOADING 3 TENSION NORMAL EN CABLES			
61.	MEMBER LOADS			
62.	19	CON GX	-1700.0	450.0
63.	20	CON GX	-1700.0	500.0
64.	21	CON GZ	2000.0	550.0
65.	22	CON GZ	2000.0	550.0
66.	JOINT LOADS			
67.	10	FX	-1700.0	
68.	20	FZ	2000.0	
69.	LOADING 4 TENSION MONTAJE -X- EN CABLES TC-X			
70.	MEMBER LOADS			
71.	19	CON GX	-2200.0	450.0
72.	20	CON GX	-2200.0	500.0
73.	JOINT LOADS			
74.	10	FX	-2200.0	
75.	LOADING 5 TENSION MONTAJE -Z- EN CABLES TC-Z			
76.	MEMBER LOADS			
77.	21	CON GZ	-2000.0	550.0
78.	22	CON GZ	-2000.0	550.0
79.	JOINT LOADS			
80.	20	FZ	-2000.0	
81.	LOADING 6 TENSION NORMAL EN HILOS DE GUARDA THG			
82.	JOINT LOADS			
83.	9	FX	-200.0	
84.	19	FX	300.0	
85.	LOADING 7 VIENTO MAXIMO X EN ESTRUCTURA VEX			
86.	MEMBER LOADS			
87.	1 2 3 9 10 11 17	UNI GX	0.373	
88.	4 5 12 13 18 19 20	UNI GX	0.424	
89.	6 7 8 14 15 16	UNI GX	0.290	
90.	21	CON GX	57.0	550.0
91.	22	CON GX	57.0	550.0
92.	JOINT LOADS			
93.	9	FX	11.7	
94.	19	FX	4.4	
95.	20	FX	57.0	
96.	LOADING 8 VIENTO MAXIMO Z EN ESTRUCTURA VEZ			
97.	MEMBER LOADS			
98.	1 2 3 9 10 11	UNI GZ	0.421	
99.	4 5 12 13 18	UNI GZ	0.424	
100.	17 21 22	UNI GZ	0.373	
101.	6 7 8 14 15 16	UNI GZ	0.290	
102.	19	CON GZ	69.2	450.0
103.	20	CON GZ	69.2	500.0
104.	JOINT LOADS			
105.	10	FZ	69.2	

106. LOADING COMBINATION 9 NORMAL = 2.0(CV+PO+TC+THG)

107. 1 2.0 2 2.0 3 2.0 6 2.0

108. LOADING COMBINATION 10 VIENTO MAXIMO -X- 1.5(CV+PO+TC+THG+VEK)
 109. 1 1.5 2 1.5 3 1.5 6 1.5 7 1.5
 110. LOADING COMBINATION 11 VIENTO MAXIMO -Z- 1.5(CV+PO+TC+THG+VEZ)
 111. 1 1.5 2 1.5 3 1.5 6 1.5 8 1.5
 112. LOADING COMBINATION 12 MONTAJE -X- 1.1(CV+PO+TCK+THG+VEK)
 113. 1 1.1 2 1.1 4 1.1 6 1.1 7 1.1
 114. LOADING COMBINATION 13 MONTAJE -X- 1.1(CV+PO+TCK+THG+VEZ)
 115. 1 1.1 2 1.1 4 1.1 6 1.1 8 1.1
 116. LOADING COMBINATION 14 MONTAJE -Z- 1.1(CV+PO+TCK+THG+VEZ)
 117. 1 1.1 2 1.1 5 1.1 6 1.1 7 1.1
 118. LOADING COMBINATION 15 MONTAJE -Z- 1.1(CV+PO+TCK+THG+VEZ)
 119. 1 1.1 2 1.1 5 1.1 6 1.1 8 1.1
 120. UNIT MET KG
 121. PERFORM ANALYSIS

 P R O B L E M S T A T I S T I C S

NUMBER OF JOINTS/MEMBER+ELEMENTS/SUPPORTS = 23/ 22/ 3
 ORIGINAL/FINAL BAND-WIDTH = 6/ 3
 TOTAL PRIMARY LOAD CASES = 8, TOTAL DEGREES OF FREEDOM = 120
 SIZE OF STIFFNESS MATRIX = 2880 DOUBLE PREC. WORDS
 TOTAL REQUIRED DISK SPACE = 12.10 MEGA-BYTES

++ PROCESSING ELEMENT STIFFNESS MATRIX. 16:38:21
 ++ PROCESSING GLOBAL STIFFNESS MATRIX. 16:38:21
 ++ PROCESSING TRIANGULAR FACTORIZATION. 16:38:21
 ++ CALCULATING JOINT DISPLACEMENTS. 16:38:21
 ++ CALCULATING MEMBER FORCES. 16:38:21

122. PRINT MEMBER FORCES

MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = SPACE

ALL UNITS ARE -- KG MET

MEMB	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
1	1	1	269.51	-0.88	-86.56	-3.10	526.35	-11.78
		2	-269.51	0.88	86.56	3.10	-266.66	9.14
	2	1	2254.32	5.93	-184.68	63.49	1096.23	321.37
		2	-1956.06	-5.93	184.68	-63.49	-542.20	-303.57
	3	1	712.49	-2266.99	-1241.59	-4610.50	12259.08	-32902.90
		2	-712.49	2266.99	1241.59	4610.50	-8534.33	26101.91
	4	1	-12.63	-2549.20	38.41	-4883.03	-412.99	-38012.10
		2	12.63	2549.20	-38.41	4883.03	297.76	30364.49
	5	1	-722.25	297.15	1271.27	837.25	-12578.21	3529.91
		2	722.25	-297.15	-1271.27	-837.25	8764.41	-2638.45
	6	1	-0.79	-132.70	1.96	601.21	-19.86	-1587.59
		2	0.79	132.70	-1.96	-601.21	13.97	1189.50
	7	1	1.57	905.93	-5.21	92.39	57.19	10889.34
		2	-1.57	-905.93	5.21	-92.39	-41.57	-8003.69
	8	1	375.93	-28.46	-998.95	-79.61	7240.77	-336.84
		2	-375.93	28.46	872.65	79.61	-4433.36	251.47
	9	1	6471.06	-4789.28	-3021.72	-7897.80	27723.61	-68361.80
		2	-5874.54	4789.28	3021.72	7897.80	-18658.44	53993.96
	10	1	4855.66	-2065.21	-2274.10	-5784.76	20878.49	-34937.34
		2	-4408.27	2233.06	2274.10	5784.76	-14056.19	28489.94
	11	1	5417.19	-3634.65	-3754.72	-6042.77	31653.85	-51776.61
		2	-4969.80	3634.65	3575.27	6042.77	-20643.86	40872.67
	12	1	2763.18	-1824.91	-259.68	-4541.94	1372.62	-31240.83
		2	-2435.09	1948.00	259.68	4541.94	-592.58	25581.46
	13	1	3174.97	-2975.83	-1352.80	-4731.14	9273.55	-43589.63
		2	-2846.88	2975.83	1213.87	4731.14	-5423.54	34662.13
	14	1	1982.60	1306.08	1096.46	1750.37	-12010.13	14455.37
		2	-1654.51	-1182.99	-1096.46	-1750.37	8720.74	-10721.77
	15	1	2394.39	155.16	3.34	1561.17	-4108.19	2106.58
		2	-2066.30	-155.16	-142.27	-1561.17	3889.78	-1641.10
2	1	2	269.51	-0.88	-86.56	-3.10	266.66	-9.14
		3	-269.51	0.88	86.56	3.10	-6.98	6.49
	2	2	1956.06	5.93	-184.68	63.49	542.20	303.57
		3	-1657.80	-5.93	184.68	-63.49	11.84	-285.77
	3	2	712.49	-2266.99	-1241.58	-4610.50	8534.32	-26101.92
		3	-712.49	2266.99	1241.58	4610.50	-4809.58	19300.93
	4	2	-12.63	-2549.20	38.41	-4883.03	-297.76	-30364.49
		3	12.63	2549.20	-38.41	4883.03	182.52	22716.88
	5	2	-722.25	297.15	1271.27	837.25	-8764.41	2638.45
		3	722.25	-297.15	-1271.27	-837.25	4950.62	-1746.98
	6	2	-0.79	-132.70	1.96	601.21	-13.97	-1189.50
		3	0.79	132.70	-1.96	-601.21	8.08	791.41
	7	2	1.57	905.93	-5.21	92.39	41.57	8003.69
		3	-1.57	-794.03	5.21	-92.39	-25.96	-5453.74
	8	2	375.93	-28.46	-872.65	-79.61	4433.36	-251.47
		3	-375.93	28.46	746.35	79.61	-2004.85	166.09

MEMBER END FORCES				STRUCTURE TYPE = SPACE				
-----				-----				
ALL UNITS ARE -- KG				MET				
MEMB	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
9	2	5874.54	-4789.26	-3021.72	-7897.80	18658.43	-53993.97	
	3	-5278.02	4789.26	3021.72	7897.80	-9593.29	39626.14	
10	2	4408.27	-2233.05	-2274.10	-5784.76	14056.18	-28489.94	
	3	-3960.88	2400.90	2274.10	5784.76	-7233.91	21538.99	
11	2	4969.80	-3634.64	-3575.27	-6042.77	20643.86	-40872.68	
	3	-4522.41	3634.64	3385.82	6042.77	-10202.24	29968.74	
12	2	2435.09	-1948.00	-259.68	-4541.94	592.58	-25581.46	
	3	-2107.01	2071.09	259.68	4541.94	-186.46	19552.79	
13	2	2846.88	-2975.83	-1213.87	-4731.14	5423.54	-34662.13	
	3	-2518.80	2975.83	1074.94	4731.14	-1990.32	25734.61	
14	2	1654.51	-1182.99	-1096.46	-1750.37	5431.36	-7357.45	
	3	-1326.43	1059.90	1096.46	1750.37	-3889.78	1641.11	
15	2	2066.30	-155.16	-281.20	-1561.17	3254.58	-1175.63	
	3	-1738.21	155.16	281.20	1561.17	-3254.58	1175.63	
3	1	3	269.51	-0.88	-86.56	-3.10	6.98	-6.49
	4	4	-269.51	0.88	86.56	3.10	252.71	3.85
	2	3	1657.80	5.93	-184.68	63.49	-11.84	285.77
	4	4	-1416.66	-5.93	184.68	-63.49	565.88	-267.97
	3	3	712.49	-2266.99	-1241.58	-4610.50	4809.58	-19300.93
	4	4	-712.49	2266.99	1241.58	4610.50	-1084.84	12499.96
	4	3	-12.63	-2549.20	38.41	-4883.03	-182.52	-22716.89
	4	4	12.63	2549.20	-38.41	4883.03	67.29	15069.26
	5	3	-722.25	297.16	1271.26	837.25	-4950.62	1746.98
	4	4	722.25	-297.16	-1271.26	-837.25	1136.83	-855.52
	6	3	-0.79	-132.70	1.96	601.21	-8.08	-791.41
	4	4	0.79	132.70	-1.96	-601.21	2.18	393.32
	7	3	1.57	794.03	-5.21	92.39	25.96	5453.74
	4	4	-1.57	-682.13	5.21	-92.39	-10.34	-3239.49
	8	3	375.93	-28.46	-746.35	-79.61	2004.85	-166.09
	4	4	-375.93	28.46	746.35	79.61	-44.76	80.72
	9	3	5278.02	-4789.26	-3021.72	-7897.80	9593.29	-39626.14
	4	4	-4795.74	4789.26	3021.72	7897.80	-528.13	25258.32
	10	3	3960.88	-2400.90	-2274.10	-5784.77	7233.90	-21538.99
	4	4	-3599.17	2568.75	2274.10	5784.77	-411.61	14084.50
	11	3	4522.41	-3634.63	-3385.82	-6042.77	10202.24	-29968.74
	4	4	-4160.70	3634.63	3196.37	6042.77	-328.96	19064.82
	12	3	2107.01	-2071.09	-259.68	-4541.94	-186.46	-19552.81
	4	4	-1841.75	2194.18	259.68	4541.94	965.49	13154.86
	13	3	2518.79	-2975.83	-1074.94	-4731.14	1990.32	-25734.62
	4	4	-2253.54	2975.83	936.01	4731.14	1026.10	16807.10
	14	3	1326.43	-1059.90	-1096.46	-1750.37	-5431.36	7357.44
	4	4	-1061.17	936.81	1096.46	1750.37	2141.98	-4362.40
	15	3	1738.21	-155.16	-281.20	-1561.17	3254.58	-1175.63
	4	4	-1472.96	155.16	281.20	1561.17	-3254.58	1175.63
4	1	4	269.51	-0.88	-86.56	-3.10	-252.71	-3.85
	5	5	-269.51	0.88	86.56	3.10	425.84	2.09
	2	4	1416.66	5.93	-184.68	63.49	-565.88	267.97
	5	5	-1255.90	-5.93	184.68	-63.49	935.23	-256.10

MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = SPACE

ALL UNITS ARE -- KG MET

MEMB	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
3	4		712.49	-2267.04	-1241.61	-4610.50	1084.85	-12499.96
	5		-712.49	2267.04	1241.61	4610.50	1398.34	7965.94
4	4		-12.63	-2549.24	38.41	-4883.03	-67.29	-15069.27
	5		12.63	2549.24	-38.41	4883.03	-9.53	9970.81
5	4		-722.25	297.15	1271.23	837.25	-1136.82	855.52
	5		722.25	-297.15	-1271.23	-837.25	-1405.69	-261.21
6	4		-0.79	-132.70	1.96	601.21	-2.18	-393.32
	5		0.79	132.70	-1.96	-601.21	-1.75	127.92
7	4		1.57	682.15	-5.21	92.39	10.34	3235.50
	5		-1.57	-682.15	5.21	-92.39	0.07	-1960.01
8	4		375.93	-28.46	-620.07	-79.61	-44.76	-80.72
	5		-375.93	28.46	535.27	79.61	1200.08	23.80
9	4		4795.74	-4789.36	-3021.78	-7897.80	528.17	-25258.32
	5		-4474.22	4789.36	3021.78	7897.80	5515.33	15679.70
10	4		3599.17	-2568.80	-2274.14	-5784.77	411.64	-14084.49
	5		-3358.03	2696.00	2274.14	5784.77	4136.60	8819.75
11	4		4160.70	-3634.71	-1196.44	-6042.77	328.98	-19064.82
	5		-3919.56	3634.71	1069.24	6042.77	5936.61	11795.48
12	4		1841.75	-2194.21	-259.68	-4541.94	-965.49	-13154.87
	5		-1664.92	2287.49	259.68	4541.94	1484.85	8673.18
13	4		2253.54	-2975.88	-936.04	-4731.14	-1026.10	-16807.11
	5		-2076.70	2975.88	842.76	4731.14	2804.86	10855.37
14	4		1061.17	936.83	1096.43	1750.37	-2141.97	4362.41
	5		-884.34	-843.55	-1096.43	-1750.37	-50.92	-2582.04
15	4		1472.96	155.16	420.07	1561.17	-2202.58	710.17
	5		-1296.12	-155.16	-513.35	-1561.17	1269.09	-399.84
5	1	5	269.51	-0.88	-86.56	-3.10	-425.84	-2.09
	6	6	-269.51	0.88	86.56	3.10	806.71	-1.78
2	5	6	1255.90	5.93	-184.68	63.49	-935.23	256.10
	6	5	-902.23	-5.93	184.68	-63.49	1747.82	-229.99
3	5	6	712.49	-2266.99	-1241.58	-4610.50	-1398.34	-7965.97
	6	5	-712.49	2266.99	1241.58	4610.50	6861.30	-2008.81
4	5	6	-12.63	-2549.21	38.41	-4883.03	9.53	-9970.88
	6	5	12.63	2549.21	-38.41	4883.03	-178.54	-1245.64
5	5	6	-722.25	297.15	1271.27	837.25	1405.70	261.21
	6	5	722.25	-297.15	-1271.27	-837.25	-6999.26	1046.27
6	5	6	-0.79	-132.70	1.96	601.21	1.75	-127.92
	6	5	0.79	132.70	-1.96	-601.21	-10.39	-455.94
7	5	6	1.57	597.33	-5.21	92.39	-0.07	1960.03
	6	5	-1.57	-410.77	5.21	-92.39	22.97	257.81
8	5	6	375.93	-28.46	-535.25	-79.61	-1200.07	-23.80
	6	5	-375.93	28.46	348.69	79.61	3144.76	-101.41
9	5	6	4474.22	-4789.28	-3021.71	-7897.80	-5515.32	-15679.76
	6	5	-3766.88	4789.28	3021.71	7897.80	18810.88	-5393.06
10	5	6	3358.03	-2695.96	-2274.09	-5784.76	-4136.60	-8619.78
	6	5	-2827.52	2975.80	2274.09	5784.76	14142.62	-3658.08
11	5	6	3919.56	-3634.64	-1069.16	-6042.77	-5936.60	-11795.52
	6	5	-3389.05	3634.64	2789.32	6042.77	18825.30	-4106.92
12	5	6	1664.92	-2287.47	-259.68	-4541.94	-1484.85	-9673.24

MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = SPACE

 ALL UNITS ARE -- KG MET

MEMB	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
13	5	2076.70	-2975.84	-842.73	-4731.14	-2804.85	-10855.45	
	6	-1687.67	2975.84	637.51	4731.14	6061.40	-2238.26	
14	5	884.34	843.53	1096.46	1750.37	50.94	2582.06	
	6	-495.30	-638.31	-1096.46	-1750.37	-4875.36	677.99	
15	5	1296.12	155.16	513.41	1561.17	-1269.06	399.85	
	6	-907.08	-155.16	-718.63	-1561.17	-1441.39	282.85	
6	1	6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	6	190.16	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
		7	-146.28	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
	3	6	0.00	0.22	-0.01	0.00	-0.03	0.18
		7	0.00	-0.22	0.01	0.00	-0.05	0.02
	4	6	0.00	0.53	0.00	0.01	0.00	-0.14
		7	0.00	-0.53	0.00	-0.01	0.00	0.06
	5	6	0.00	0.06	0.28	0.00	-0.12	0.00
		7	0.00	-0.06	-0.28	0.00	-0.16	0.01
	6	6	0.00	-200.01	0.00	0.00	0.00	-780.00
		7	0.00	200.01	0.00	0.00	0.00	600.00
	7	6	0.00	124.60	0.00	0.00	0.00	266.13
		7	0.00	-98.50	0.00	0.00	0.00	-165.59
	8	6	0.00	0.00	-113.17	0.00	220.61	0.00
		7	0.00	0.00	87.07	0.00	-130.46	0.00
	9	6	380.33	-399.54	-0.01	0.00	-0.05	-1559.63
		7	-292.56	399.54	0.01	0.00	-0.09	1200.04
	10	6	285.25	-112.76	-0.01	0.00	-0.04	-770.52
		7	-219.42	151.91	0.01	0.00	-0.07	651.64
	11	6	285.25	-299.66	-169.76	0.00	330.88	-1169.72
		7	-219.42	299.66	130.61	0.00	-195.77	900.03
	12	6	209.18	-82.35	0.00	0.01	0.00	-565.40
		7	-160.91	111.06	0.00	-0.01	0.00	477.92
	13	6	209.18	-219.41	-124.49	0.01	242.68	-858.14
		7	-160.91	219.41	95.78	-0.01	-143.51	660.07
	14	6	209.18	-82.86	0.31	0.00	-0.33	-565.24
		7	-160.91	111.57	-0.31	0.00	-0.17	477.87
	15	6	209.18	-219.93	-124.18	0.00	242.54	-857.99
		7	-160.91	219.93	95.47	0.00	-143.68	660.02
7	1	7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2	7	146.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		8	-73.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	3	7	0.00	-0.05	-0.03	0.01	0.03	-0.04
		8	0.00	0.05	0.03	-0.01	0.01	-0.03
	4	7	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	-0.05
		8	0.00	-0.03	0.00	0.00	0.00	-0.05
	5	7	0.00	0.00	0.02	0.00	-0.04	-0.01
		8	0.00	0.00	-0.02	0.00	-0.05	0.00
	6	7	0.00	-200.00	0.00	0.00	0.00	-600.00
		8	0.00	200.00	0.00	0.00	0.00	300.00

MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = SPACE

ALL UNITS ARE -- KG MET

MEMB	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
7	7	7	0.00	98.68	0.00	0.00	0.00	165.60
8	8	8	0.00	-55.18	0.00	0.00	0.00	-50.18
8	7	8	0.00	0.00	-87.00	0.00	130.49	0.00
8	8	8	0.00	0.00	43.50	0.00	-32.63	0.00
9	7	7	292.56	-400.09	-0.05	0.01	0.06	-1200.09
8	8	8	-146.28	400.09	0.05	-0.01	0.03	599.94
10	7	7	219.42	-152.04	-0.04	0.01	0.04	-651.67
8	8	8	-109.71	217.29	0.04	-0.01	0.02	374.68
11	7	7	219.42	-300.07	-130.54	0.01	195.78	-900.07
8	8	8	-109.71	300.07	65.29	-0.01	-48.93	449.95
12	7	7	160.91	-111.42	0.00	0.00	0.00	-477.89
8	8	8	-80.45	159.27	0.00	0.00	0.00	274.74
13	7	7	160.91	-219.97	-95.70	0.00	143.54	-660.05
8	8	8	-80.45	219.97	47.85	0.00	-35.89	329.94
14	7	7	160.91	-111.45	0.03	0.00	-0.05	-477.85
8	8	8	-80.45	159.30	-0.03	0.00	-0.05	274.80
15	7	7	160.91	-220.00	-95.67	0.00	143.49	-660.01
8	8	8	-80.45	220.00	47.82	0.00	-35.95	330.00
8	1	8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	9	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	8	8	73.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	9	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	8	8	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.03
9	9	9	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
4	8	8	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.03
9	9	9	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.02
5	8	8	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00
9	9	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	8	8	0.00	-200.00	0.00	0.00	0.00	-300.00
9	9	9	0.00	200.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	8	8	0.00	55.21	0.00	0.00	0.00	50.18
9	9	9	0.00	-11.71	0.00	0.00	0.00	0.01
8	8	8	0.00	0.00	-43.50	0.00	32.63	0.00
9	9	9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	8	8	146.28	-399.97	0.00	0.00	0.03	-599.95
9	9	9	0.00	399.97	0.00	0.00	0.02	0.02
10	8	8	109.71	-217.17	0.00	0.00	0.02	-374.69
9	9	9	0.00	282.42	0.00	0.00	0.01	0.03
11	8	8	109.71	-299.98	-65.25	0.00	48.97	-449.96
9	9	9	0.00	299.98	0.00	0.00	0.02	0.02
12	8	8	80.45	-159.25	0.00	0.00	0.00	-274.77
9	9	9	0.00	207.10	0.00	0.00	0.00	0.03
13	8	8	80.45	-219.98	-47.85	0.00	35.89	-329.97
9	9	9	0.00	219.98	0.00	0.00	0.00	0.02
14	8	8	80.45	-159.27	0.00	0.00	-0.01	-274.80
9	9	9	0.00	207.12	0.00	0.00	0.00	0.01
15	8	8	80.45	-220.00	-47.85	0.00	35.88	-330.00
9	9	9	0.00	220.00	0.00	0.00	0.00	0.00

MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = SPACE

ALL UNITS ARE -- KG MET

MEMB	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
14	1	16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	16	190.16	-0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	17	-146.28	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	16	0.00	0.05	-0.41	-0.01	0.07	0.02	
	17	0.00	-0.05	0.41	0.01	0.03	0.13	
4	16	0.00	0.62	0.01	0.00	-0.01	0.25	
	17	0.00	-0.62	-0.01	0.00	0.00	0.24	
5	16	0.00	-0.01	-0.17	0.01	0.08	0.00	
	17	0.00	0.01	0.17	-0.01	0.14	-0.01	
6	16	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	1169.99	
	17	0.00	-300.00	0.00	0.00	0.00	-900.00	
7	16	0.00	117.65	0.00	0.00	0.00	237.74	
	17	0.00	-91.55	0.00	0.00	0.00	-143.67	
8	16	0.00	0.00	-113.06	0.00	220.57	0.00	
	17	0.00	0.00	86.96	0.00	-130.46	0.00	
9	16	380.33	600.08	-0.82	-0.01	0.15	2340.03	
	17	-292.56	-600.08	0.82	0.01	0.06	-1799.75	
10	16	285.24	626.54	-0.61	-0.01	0.11	2111.63	
	17	-219.42	-587.39	0.61	0.01	0.04	-1565.32	
11	16	285.24	450.06	-170.20	-0.01	330.96	1755.02	
	17	-219.42	-450.06	131.05	0.01	-195.65	-1349.81	
12	16	209.18	460.08	0.02	0.00	-0.01	1548.78	
	17	-160.91	-431.37	-0.02	0.00	-0.01	-1147.78	
13	16	209.18	330.67	-124.35	0.00	242.62	1287.27	
	17	-160.91	-330.67	95.64	0.00	-143.51	-989.74	
14	16	209.18	459.39	-0.18	0.01	0.09	1548.50	
	17	-160.91	-430.68	0.18	-0.01	0.15	-1148.05	
15	16	209.18	329.98	-124.55	0.01	242.71	1286.99	
	17	-160.91	-329.98	95.84	-0.01	-143.36	-990.01	
15	1	17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	17	146.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	18	-73.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	17	0.00	-0.02	0.01	0.00	-0.01	0.01	
	18	0.00	0.02	-0.01	0.00	0.01	0.02	
4	17	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	-0.02	
	18	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00	-0.02	
5	17	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	
	18	0.00	0.00	-0.01	0.00	-0.01	0.00	
6	17	0.00	300.01	0.00	0.00	0.00	900.00	
	18	0.00	-300.01	0.00	0.00	0.00	-450.00	
7	17	0.00	91.38	0.00	0.00	0.00	143.68	
	18	0.00	-47.88	0.00	0.00	0.00	-39.25	
8	17	0.00	0.00	-87.01	0.00	130.51	0.00	
	18	0.00	0.00	43.51	0.00	-32.62	0.00	
9	17	292.56	599.99	0.02	0.01	-0.01	1800.03	
	18	-146.28	-599.99	-0.02	-0.01	0.01	-899.96	

MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = SPACE

ALL UNITS ARE -- KG MET

MEMB	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
10	17	219.42	587.06	0.01	0.01	-0.01	1565.54	
	18	-109.71	-521.81	-0.01	-0.01	0.01	-733.84	
11	17	219.42	449.99	-130.51	0.01	195.76	1350.02	
	18	-109.71	-449.99	65.26	-0.01	-48.91	-674.97	
12	17	160.91	430.53	0.00	0.00	0.00	1148.03	
	18	-80.45	-382.68	0.00	0.00	0.00	-538.19	
13	17	160.91	330.02	-95.71	0.00	143.56	989.98	
	18	-80.45	-330.02	47.86	0.00	-35.88	-495.02	
14	17	160.91	430.53	0.01	0.00	0.00	1148.05	
	18	-80.45	-382.68	-0.01	0.00	-0.01	-538.17	
15	17	160.91	330.01	-95.70	0.00	143.56	990.01	
	18	-80.45	-330.01	47.85	0.00	-35.88	-494.99	
16	1	18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	18	73.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	18	0.00	0.00	0.01	-0.03	-0.01	0.00	0.00
	19	0.00	0.00	-0.01	0.03	-0.01	0.00	0.00
4	18	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
	19	0.00	-0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	-0.01
5	18	0.00	0.00	0.00	-0.01	0.00	0.00	0.00
	19	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
6	18	0.00	300.00	0.00	0.00	0.00	450.00	0.00
	19	0.00	-300.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	18	0.00	47.91	0.00	0.00	0.00	39.24	0.01
	19	0.00	-4.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	18	0.00	0.00	-43.50	0.00	32.62	0.00	0.00
	19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	18	146.28	600.00	0.03	-0.06	-0.02	900.00	0.01
	19	0.00	-600.00	-0.03	0.06	-0.02	0.00	0.01
10	18	109.71	521.87	0.02	-0.04	-0.01	733.86	0.02
	19	0.00	-456.62	-0.02	0.04	-0.01	0.00	0.02
11	18	109.71	450.00	-65.23	-0.04	48.92	675.00	0.01
	19	0.00	-450.00	-0.02	0.04	-0.02	0.00	0.01
12	18	80.45	382.73	0.00	0.00	0.00	538.17	0.00
	19	0.00	-334.88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
13	18	80.45	330.02	-47.85	0.00	35.89	495.01	-0.01
	19	0.00	-330.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
14	18	80.45	382.70	0.01	-0.01	0.00	538.16	0.01
	19	0.00	-334.85	-0.01	0.01	0.00	0.00	0.01
15	18	80.45	330.00	-47.84	-0.01	35.89	495.00	0.00
	19	0.00	-330.00	-0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
17	1	21	0.59	0.66	3.61	38.04	-16.38	1.10
	22	-0.59	-0.66	-3.61	-38.04	-5.29	2.88	
2	21	1777.14	386.27	6.36	76.02	-37.76	1458.29	
	22	-1180.62	-386.27	-6.36	-76.02	-0.38	859.31	
3	21	-962.68	-1794.83	-2905.25	-8797.67	24386.33	-10829.72	
	22	962.68	1794.83	2905.25	8797.67	-6954.81	60.74	

MEMBER END FORCES STRUCTURE TYPE = SPACE

ALL UNITS ARE -- KG MET

MEMB	LOAD	JT	AXIAL	SHEAR-Y	SHEAR-Z	TORSION	MOM-Y	MOM-Z
2	20		386.27	9.00	-6.36	32.16	-6.10	-1958.88
	23		-386.27	826.95	6.36	-32.16	72.20	-2294.47
3	20		-1794.83	962.68	905.25	-7571.45	-12160.09	1576.06
	23		1794.83	-962.68	-2905.25	7571.45	-7054.51	8335.80
4	20		-2465.94	1312.81	269.11	-958.47	-1662.34	2238.50
	23		2465.94	-1312.81	-269.11	958.47	-1136.41	11414.69
5	20		-110.66	51.76	-697.30	6830.81	10875.56	53.69
	23		110.66	-51.76	2697.30	-6830.81	6176.38	484.64
6	20		129.71	-67.92	13.59	-47.83	-83.88	-109.64
	23		-129.71	67.92	-13.59	47.83	-57.45	-596.75
7	20		406.12	-309.04	-36.64	131.05	226.39	-493.94
	23		-463.12	309.04	36.64	-131.05	154.66	-2720.03
8	20		10.29	-4.56	-23.61	-573.95	-1005.90	-5.03
	23		-10.29	4.56	-364.31	573.95	-765.73	-42.35
9	20		-2556.38	1806.34	1817.74	-15127.53	-24496.75	-785.47
	23		2556.38	-134.43	-5817.74	15127.53	-14007.76	10877.48
10	20		-1308.11	891.20	1308.35	-1149.08	-18032.98	-1330.01
	23		1222.61	362.73	-4308.35	1149.08	-10273.83	4078.06
11	20		-1901.85	1347.92	1327.89	-12206.58	-19881.41	-596.65
	23		1901.85	-93.99	-4909.77	12206.58	-11654.42	8094.59
12	20		-1697.50	1038.69	259.70	-901.72	-1676.66	-356.65
	23		1634.80	-119.14	-259.70	901.72	-1024.23	6377.36
13	20		-2132.92	1373.62	274.03	-1677.22	-3032.18	181.15
	23		2132.92	-454.07	-700.74	1677.22	-2036.66	9322.81
14	20		893.31	-348.46	-803.35	7666.49	12115.03	-2759.95
	23		-956.01	1268.01	3003.35	-7666.49	7019.83	5645.70
15	20		457.89	-13.53	-789.02	6890.99	10759.52	-2222.15
	23		-457.89	933.08	2562.31	-6890.99	6007.41	-2700.25

***** END OF LATEST ANALYSIS RESULT *****

123. PRINT SUPPORT REACTIONS

JOINT DISPLACEMENT (CM RADIANS) STRUCTURE TYPE = SPACE

JOINT	LOAD	X-TRANS	Y-TRANS	Z-TRANS	X-ROTAN	Y-ROTAN	Z-ROTAN
7		0.28366	-0.00314	-0.02487	-0.00003	-0.00002	-0.00016
8		0.00550	-0.00005	0.57207	0.00071	0.00010	0.00000
9		-1.40923	-0.00781	4.97020	0.00577	0.00178	0.00120
10		-0.63143	-0.01057	3.69034	0.00429	0.00131	0.00065
11		-1.04868	-0.00593	4.58575	0.00539	0.00149	0.00089
12		-0.78851	-0.00384	0.18118	0.00019	0.00012	0.00069
13		-1.09449	-0.00043	0.83781	0.00099	0.00025	0.00086
14		0.32525	-0.01795	-2.59151	-0.00302	-0.00090	0.00001
15		0.01927	-0.01454	-1.93487	-0.00222	-0.00077	0.00019

***** END OF LATEST ANALYSIS RESULT *****

126. UNIT MET KG
127. LOAD LIST 9 TO 15
128. SECTION 0.0 0.5 ALL
129. PRINT SECTION FORCES

MEMBER STRESSES

ALL UNITS ARE KG /SQ CM

MEMB	LD	SECT	AXIAL	BEND-Y	BEND-Z	COMBINED	SHEAR-Y	SHEAR-Z
1	9	.0	87.7 C	689.0	1041.4	1818.0	64.9	40.9
		0.50	87.7 C	576.4	931.9	1586.0	64.9	40.9
		1.00	79.6 C	463.7	822.5	1365.8	64.9	40.9
	10	.0	65.8 C	518.9	532.2	1116.9	28.0	30.8
		0.50	65.8 C	434.1	484.1	984.0	29.1	30.8
		1.00	59.7 C	349.3	434.0	843.1	30.3	30.8
	11	.0	73.4 C	786.7	788.7	1648.8	49.2	51.0
		0.50	73.4 C	648.1	705.7	1427.2	49.2	49.7
		1.00	67.3 C	513.1	622.6	1203.0	49.2	48.4
	12	.0	37.4 C	34.1	475.9	547.4	24.7	3.5
		0.50	37.4 C	24.4	433.5	495.3	25.6	3.5
		1.00	33.0 C	14.7	389.7	437.4	26.4	3.5
	13	.0	43.0 C	230.5	664.0	937.5	40.3	18.3
		0.50	43.0 C	181.3	596.0	820.4	40.3	17.4
		1.00	38.6 C	134.8	528.0	701.4	40.3	16.4
	14	.0	26.9 C	298.5	220.2	545.5	17.7	14.9
		0.50	26.9 C	257.6	191.1	475.5	16.9	14.9
		1.00	22.4 C	216.7	163.3	402.5	16.0	14.9
	15	.0	32.4 C	102.1	32.1	166.6	2.1	0.0
		0.50	32.4 C	100.7	28.5	161.7	2.1	1.0
		1.00	28.0 C	96.7	25.0	149.7	2.1	1.9
2	9	.0	79.6 C	463.7	937.3	1480.6	64.9	40.9
		0.50	79.6 C	351.1	812.6	1243.2	64.9	40.9
		1.00	71.5 C	238.4	687.9	997.8	64.9	40.9
	10	.0	59.7 C	349.3	494.5	903.6	30.3	30.8
		0.50	59.7 C	264.6	435.3	759.6	31.4	30.8
		1.00	53.7 C	179.8	373.9	607.3	32.5	30.8
	11	.0	67.3 C	513.1	709.5	1289.9	49.2	48.4
		0.50	67.3 C	381.5	614.9	1063.7	49.2	47.2
		1.00	61.3 C	253.6	520.2	835.0	49.2	45.9
	12	.0	33.0 C	14.7	444.1	491.8	26.4	3.5
		0.50	33.0 C	5.0	392.5	430.6	27.2	3.5
		1.00	28.6 C	4.6	339.4	372.6	28.1	3.5
	13	.0	38.6 C	134.8	601.7	775.1	40.3	16.4
		0.50	38.6 C	90.8	524.2	653.6	40.3	15.5
		1.00	34.1 C	49.5	446.7	530.3	40.3	14.6
	14	.0	22.4 C	216.7	186.1	425.3	16.0	14.9
		0.50	22.4 C	175.9	156.1	354.4	15.2	14.9
		1.00	18.0 C	135.0	127.7	280.7	14.4	14.9
	15	.0	28.0 C	96.7	28.5	153.2	2.1	1.9
		0.50	28.0 C	90.1	24.4	142.5	2.1	2.9
		1.00	23.6 C	80.9	20.4	124.8	2.1	3.8
3	9	.0	105.3 C	349.8	1173.8	1629.0	95.6	60.3
		0.50	105.3 C	184.5	961.0	1250.9	95.6	60.3
		1.00	95.7 C	19.3	748.2	863.2	95.6	60.3
	10	.0	79.1 C	263.8	638.0	980.9	47.9	45.4
		0.50	79.1 C	139.4	529.5	747.9	49.6	45.4

MEMBER STRESSES

ALL UNITS ARE KG /SQ CM

MEMB	LD	SECT	AXIAL	BEND-Y	BEND-Z	COMBINED	SHEAR-Y	SHEAR-Z
15	9	.0	12.6 C	0.0	226.6	239.2	25.9	0.0
		0.50	12.6 C	0.0	169.9	182.5	25.9	0.0
		1.00	6.3 C	0.0	113.3	119.6	25.9	0.0
	10	.0	9.5 C	0.0	197.1	206.5	25.3	0.0
		0.50	9.5 C	0.0	143.2	152.6	23.9	0.0
		1.00	4.7 C	0.0	92.4	97.1	22.5	0.0
	11	.0	9.5 C	24.6	169.9	204.0	19.4	5.6
		0.50	9.5 C	13.9	127.4	150.8	19.4	4.2
		1.00	4.7 C	6.2	85.0	95.8	19.4	2.8
	12	.0	6.9 C	0.0	144.5	151.4	18.6	0.0
		0.50	6.9 C	0.0	105.0	111.9	17.5	0.0
		1.00	3.5 C	0.0	67.7	71.2	16.5	0.0
13	.0	6.9 C	18.1	124.6	149.6	14.2	4.1	
	0.50	6.9 C	10.2	93.5	110.6	14.2	3.1	
	1.00	3.5 C	4.5	62.3	70.3	14.2	2.1	
14	.0	6.9 C	0.0	144.5	151.4	18.6	0.0	
	0.50	6.9 C	0.0	105.0	111.9	17.5	0.0	
	1.00	3.5 C	0.0	67.7	71.2	16.5	0.0	
15	.0	6.9 C	18.1	124.6	149.6	14.2	4.1	
	0.50	6.9 C	10.2	93.5	110.6	14.2	3.1	
	1.00	3.5 C	4.5	62.3	70.3	14.2	2.1	
16	9	.0	6.3 C	0.0	200.6	206.9	25.9	0.0
		0.50	6.3 C	0.0	100.3	106.6	25.9	0.0
		1.00	0.0 C	0.0	0.0	0.0	25.9	0.0
	10	.0	4.7 C	0.0	163.5	168.3	22.5	0.0
		0.50	4.7 C	0.0	79.0	83.8	21.1	0.0
		1.00	0.0 C	0.0	0.0	0.0	19.7	0.0
	11	.0	4.7 C	10.9	150.4	166.0	19.4	2.8
		0.50	4.7 C	2.7	75.2	82.7	19.4	1.4
		1.00	0.0 C	0.0	0.0	0.0	19.4	0.0
	12	.0	3.5 C	0.0	119.9	123.4	16.5	0.0
		0.50	3.5 C	0.0	58.0	61.4	15.5	0.0
		1.00	0.0 C	0.0	0.0	0.0	14.4	0.0
13	.0	3.5 C	8.0	110.3	121.8	14.2	2.1	
	0.50	3.5 C	2.0	55.2	60.6	14.2	1.0	
	1.00	0.0 C	0.0	0.0	0.0	14.2	0.0	
14	.0	3.5 C	0.0	119.9	123.4	16.5	0.0	
	0.50	3.5 C	0.0	58.0	61.4	15.5	0.0	
	1.00	0.0 C	0.0	0.0	0.0	14.4	0.0	
15	.0	3.5 C	8.0	110.3	121.8	14.2	2.1	
	0.50	3.5 C	2.0	55.2	60.6	14.2	1.0	
	1.00	0.0 C	0.0	0.0	0.0	14.2	0.0	
17	9	.0	35.2 C	1782.1	625.8	2443.2	51.0	116.1
		0.50	35.2 C	1145.6	346.2	1527.0	51.0	116.1
		1.00	11.4 C	509.1	66.5	597.1	51.0	116.1
10	.0	35.7 C	1321.7	229.2	1586.6	12.1	86.0	
	0.50	35.7 C	850.3	153.7	1039.7	15.5	86.0	

MEMBER STRESSES

ALL UNITS ARE KG /SQ CM

MEMB	LD	SECT	AXIAL	BEND-Y	BEND-Z	COMBINED	SHRAR-Y	SHRAR-Z	
11	.0	.0	26.6 C	1644.8	465.7	2137.0	38.0	110.3	
		0.50	26.6 C	1049.5	257.6	1333.6	38.0	106.9	
		1.00	8.7 C	472.5	49.5	530.8	38.0	103.6	
	12	.0	.0	18.5 C	71.3	332.3	422.1	23.6	5.2
			0.50	18.5 C	42.9	196.1	257.5	26.1	5.2
			1.00	5.4 C	14.5	46.4	66.3	28.5	5.2
	13	.0	.0	11.8 C	308.2	505.7	825.7	42.6	23.0
			0.50	11.8 C	188.9	272.3	473.1	42.6	20.5
			1.00	1.3 C	83.1	39.0	123.4	42.6	18.1
14	.0	.0	46.2 C	925.2	238.2	1209.5	28.1	59.9	
		0.50	46.2 C	596.6	90.9	733.7	25.6	59.9	
		1.00	33.1 C	268.0	42.8	344.0	23.2	59.9	
15	.0	.0	39.5 C	688.2	64.8	792.5	9.1	42.1	
		0.50	39.5 C	450.6	14.7	504.8	9.1	44.6	
		1.00	26.4 C	199.4	35.4	261.2	9.1	47.0	
18	9	.0	.0	11.4 C	509.1	66.5	587.1	51.0	116.1
			0.50	11.4 C	42.4	138.6	192.4	51.0	116.1
			1.00	2.7 C	424.4	343.7	770.7	51.0	116.1
	10	.0	.0	17.8 C	379.0	59.7	456.5	18.8	86.0
			0.50	17.8 C	33.3	21.6	72.7	21.6	86.0
			1.00	7.2 C	312.3	114.0	433.6	24.4	86.0
	11	.0	.0	8.7 C	472.5	49.5	530.8	38.0	103.6
			0.50	8.7 C	61.8	103.0	173.6	38.0	100.8
			1.00	1.9 C	337.7	255.6	595.2	38.0	98.0
12	.0	.0	5.4 C	14.5	46.4	66.3	28.5	5.2	
		0.50	5.4 C	6.4	72.4	84.1	30.6	5.2	
		1.00	2.4 C	27.2	199.4	229.0	32.6	5.2	
13	.0	.0	1.3 T	83.1	39.0	123.4	42.6	18.1	
		0.50	1.3 T	14.5	132.1	147.9	42.6	16.0	
		1.00	9.1 T	45.8	303.2	358.1	42.6	14.0	
14	.0	.0	33.1 C	268.0	42.8	344.0	23.2	59.9	
		0.50	33.1 C	27.1	131.9	192.1	21.1	59.9	
		1.00	25.3 C	213.9	212.7	451.9	19.1	59.9	
15	.0	.0	26.4 C	199.4	35.4	261.2	9.1	47.0	
		0.50	26.4 C	6.2	72.1	104.7	9.1	49.1	
		1.00	18.6 C	195.2	108.9	322.7	9.1	51.1	
19	9	.0	.0	60.3 C	192.0	678.0	930.3	67.6	87.6
			0.50	60.3 C	544.6	145.1	749.9	43.7	19.7
			1.00	60.3 C	723.1	178.6	962.0	27.8	19.7
	10	.0	.0	45.4 C	148.3	509.9	703.6	50.7	57.1
			0.50	45.4 C	355.1	109.8	510.2	32.8	12.5
			1.00	45.4 C	496.8	133.4	675.6	20.9	18.8
	11	.0	.0	52.3 C	147.4	695.4	895.1	62.0	66.6
			0.50	52.3 C	412.7	193.9	658.9	44.1	15.7
			1.00	50.2 C	554.3	150.6	755.2	32.1	15.7
12	.0	.0	5.2 C	112.9	78.2	196.2	21.3	48.1	
		0.50	5.2 C	303.3	71.3	379.7	8.2	4.4	
		1.00	5.2 C	364.0	105.6	474.7	0.6	9.0	

MEMBER STRESSES

ALL UNITS ARE KG /SQ CM

MEMB	LD	SECT	AXIAL	BEND-Y	BEND-Z	COMBINED	Shear-Y	Shear-Z
		0.50	10.2 C	345.5	9.6	365.3	16.4	6.7
		1.00	8.7 C	406.1	118.2	533.1	7.6	6.7
14		.0	21.9 T	48.1	208.0	278.0	5.7	14.4
		0.50	21.9 T	61.3	216.6	299.7	7.4	9.8
		1.00	21.9 T	128.9	110.0	260.8	16.2	5.2
		.0	16.8 T	48.7	72.0	137.5	13.9	7.5
		0.50	16.8 T	19.0	154.9	190.7	0.8	7.5
		1.00	18.3 T	86.7	122.6	227.7	7.9	7.5
20	9	.0	60.3 C	723.1	178.6	962.0	19.9	48.1
		0.50	60.3 C	375.9	276.2	712.4	7.2	48.1
		1.00	60.3 C	330.9	240.0	631.2	13.5	116.0
		.0	45.4 C	496.8	133.4	675.6	14.9	32.1
		0.50	45.4 C	283.4	206.9	535.7	5.4	27.1
		1.00	45.4 C	163.6	180.2	389.1	10.1	73.0
		.0	48.1 C	554.3	150.6	753.1	26.2	35.2
		0.50	48.1 C	300.0	305.0	653.2	16.6	35.2
		1.00	46.1 C	223.9	359.1	629.1	1.2	86.1
		.0	5.2 C	364.0	105.6	474.7	5.0	39.3
		0.50	5.2 C	93.7	44.6	143.5	11.9	35.6
		1.00	5.2 C	405.9	89.9	501.0	23.3	80.2
		.0	7.2 C	406.1	118.2	531.6	3.3	41.6
		0.50	7.2 C	105.9	116.6	229.7	3.7	41.6
		1.00	5.7 C	450.2	41.3	497.2	15.1	89.9
		.0	21.9 T	128.9	110.0	260.8	20.5	5.2
		0.50	21.9 T	153.0	63.4	238.3	27.5	1.5
		1.00	21.9 T	150.5	310.4	482.8	38.9	2.2
		.0	19.9 T	86.7	122.6	229.2	12.3	7.5
		0.50	19.9 T	140.8	8.5	169.1	19.3	7.5
		1.00	21.4 T	194.8	179.1	395.3	30.7	7.5
21	9	.0	51.0 T	736.6	973.5	1761.1	69.4	123.4
		0.50	51.0 T	435.7	393.2	879.9	52.7	123.4
		1.00	51.0 T	893.3	28.6	973.0	36.1	43.6
		.0	29.5 T	585.7	527.3	1142.5	42.8	93.6
		0.50	29.5 T	304.0	179.9	513.5	30.3	93.6
		1.00	27.8 T	657.6	48.5	733.9	17.8	33.8
		.0	38.0 T	621.2	727.2	1386.4	51.9	104.9
		0.50	38.0 T	347.5	293.3	678.8	39.4	99.1
		1.00	38.0 T	725.0	21.8	784.7	26.9	33.4
		.0	36.4 T	159.6	555.3	751.3	39.1	5.2
		0.50	36.4 T	110.4	227.6	374.3	29.9	5.2
		1.00	35.1 T	61.1	13.0	109.3	20.7	5.2
		.0	42.6 T	133.6	701.9	878.1	45.8	3.0
		0.50	42.6 T	142.3	310.7	495.6	36.6	1.2
		1.00	42.6 T	110.6	6.6	159.8	27.4	5.5
		.0	15.3 C	529.1	58.4	602.9	11.4	71.8
		0.50	15.3 C	152.9	123.1	291.3	2.2	71.8
		1.00	16.6 C	441.8	100.6	559.0	7.0	27.9
		.0	9.1 C	503.1	88.2	600.4	18.1	63.6

MEMBER STRESSES

ALL UNITS ARE KG /SQ CM

MEMB	LD	SECT	AXIAL	BEND-Y	BEND-Z	COMBINED	SHEAR-Y	SHEAR-Z
22	9	.0	51.0 T	893.3	28.6	973.0	36.1	36.3
		0.50	51.0 T	548.6	291.9	891.6	19.4	36.3
		1.00	51.0 T	510.8	396.7	958.5	2.7	116.1
10		.0	26.1 T	657.6	48.5	732.2	17.8	26.1
		0.50	26.1 T	409.5	158.1	593.7	5.3	26.1
		1.00	24.4 T	374.7	148.7	547.8	7.2	86.0
11		.0	38.0 T	725.0	21.8	784.7	26.9	26.5
		0.50	38.0 T	445.6	217.9	701.5	14.4	32.3
		1.00	38.0 T	425.0	295.2	758.1	1.9	98.0
12		.0	33.9 T	61.1	13.0	108.0	20.7	5.2
		0.50	33.9 T	11.9	166.4	212.2	11.6	5.2
		1.00	32.6 T	37.4	232.6	302.5	2.4	5.2
13		.0	42.6 T	110.6	6.6	159.8	27.4	5.5
		0.50	42.6 T	38.4	210.3	291.2	18.2	9.7
		1.00	42.6 T	74.3	340.0	456.8	9.1	14.0
14		.0	17.8 C	441.8	100.6	560.3	7.0	16.0
		0.50	17.8 C	289.5	9.0	316.3	16.1	16.0
		1.00	19.1 C	256.0	205.9	481.0	25.3	59.9
15		.0	9.1 C	392.4	81.0	482.5	0.3	15.7
		0.50	9.1 C	263.0	34.9	307.0	9.4	11.5
		1.00	9.1 C	219.1	98.5	326.7	18.6	51.1

***** END OF LATEST ANALYSIS RESULT *****

- 132. PLOT DISPLACEMENT FILE
- 133. PLOT BENDING FILE
- 134. PLOT MODE FILE
- 135. FINISH

***** END OF STAAD-III *****

**** DATE= MAR 13,1995 TIME= 16:38:26 ****

 * For questions on STAAD-III/ISDS, contact: *
 * RESEARCH ENGINEERS, Inc at *
 * Ph: (714) 974-2500 Fax: (714) 974-4771 *
