

anterior Caja 11/2

EDUARDO TORROJA  
OFICINA TECNICA DE INGENIER  
MADRID

ETM-013 / Caja 004/02

ZONA FRANCA  
DE LA  
BAHIA DE CADIZ

MEMORIA

Fecha .....

Núm. 14103-301 .....

EDUARDO TORROJA  
OFICINA TÉCNICA DE INGENIERÍA  
Sección de Proyectos

---

MEMORIA

---

INDICE DE LA MEMORIA

|   | <u>Páginas</u> |
|---|----------------|
| Consideraciones generales - - - - -     | 1              |
| Descripción general - - - - -           | 14             |
| Primer plan de construcción - - - - -   | 43             |
| Cálculo de los muelles - - - - -        | 45             |
| Pinglados - - - - -                     | 62             |
| Almacenes - - - - -                     | 95             |
| Cámaras frigoríficas - - - - -          | 117            |
| Instalación de combustible y líquidos - | 121            |
| Edificio administrativo - - - - -       | 140            |
| Redes ferroviarias y carreteras - - - - | 161            |
| Abastecimiento y saneamiento - - - - -  | 173            |
| Instalación de fluido eléctrico - - - - | 192            |

- - - - -



M E M O R I A

---

Capítulo I

DESCRIPCIÓN GENERAL

CONSIDERACIONES GENERALES.- Aquellas Naciones que importen primeras materias para reexportarlas una vez manufacturadas necesitan zonas francas con objeto de que el arancel de la importancia no grave los productos de exportación. Ese país por desgracia no se encuentra en este caso y alguien podrá pensar que por ello no necesita de zonas francas, pero inmediatamente se comprende que el razonamiento puede volverse por pasiva. A España, no ya le conviene sino que, en realidad, necesita aumentar su exportación, porque una industria nacional no puede desarrollarse si vive exclusivamente del consumo interior al amparo del arancel, y por ello es necesario dar facilidades que le permitan aumentar la exportación, y la primera o por lo menos una de las princi-



El principal es la creación de zonas francas, que favorezcan la exportación sin necesidad de tocar el arancel puesto que con ello perjudicaría la producción de primeras materias nacionales; solamente confinando a una determinada zona la franquicia, no se daña la producción interior y se favorecen en cambio las industrias de exportación.

Falta ahora determinar en qué punto del litoral conviene establecer estas zonas. Barcelona tiene en proyecto una, pero esto no quiere decir que la zona franca catalana establezca de por sí una exclusiva, ni perjudique en tal forma el desarrollo de otra, que puedan considerarse sus intereses en pugna. Para probarlo conviene que estudiemos ligeramente como se desarrolla la función económica del Puerto y junto con él la de una zona franca.

La función que desarrolla un Puerto puede dividirse en tres aspectos distintos, que suelen denominarse: funciones regional, industrial y comercial. A la primera corresponden la exportación de los productos agrícolas obtenidos en el país y la importación de aquellos elementos de consumo que no se obtienen directamente del interior; depende principalmente de la riqueza agrícola del hinterland, de su extensión, de la densidad de población, y de la facilidad de comunicaciones interiores. La función industrial importa por lo general primeras materias y exporta manu-



facturas, y depende como es natural del desarrollo industrial de la comarca. La función comercial se reduce a un intercambio de mercancías dentro del hinterland y muchas veces dentro del área misma del Puerto, y depende principalmente de la posición geográfica del mismo, de la organización interior del Puerto, de las condiciones de navegación, del espíritu comercial de la población, y, en general, de las facilidades que encuentre el tráfico.

Cádiz tiene un hinterland relativamente pequeño, sus comunicaciones con el interior, si bien están mejorando notablemente, se encuentran siempre cortadas al Norte por el Puerto de Sevilla que absorbe toda la producción cordobesa; como consecuencia de esto la función comercial es pequeña y la función industrial poco desarrollada pues se reduce a algunas industrias navieras, pesqueras y de productos agrícolas. Este pobre desarrollo de las funciones regional e industrial influye indudablemente en la comercial, pero ésta tiene otras razones de vida independientes de aquellas, y entre las cuales son las principales la posición geográfica y la organización interior del Puerto.

La posición geográfica de Cádiz es indudablemente una de las primeras del mundo; Cádiz por un lado y Suez por otro, son las dos puertas del Mediterráneo, y mas de una vez se ha dicho que



su hinterland es la cuenca entera del Mediterraneo. Suez forma indudablemente una escala obligada de todo el comercio con el Pacífico; por el lado del Estrecho no existe en realidad esta escala obligada, pero independientemente de todos los puertos que le rodean, Cádiz es el que mejores condiciones reúne; Gibraltar es un soberbio puerto de defensa, pero no tiene condiciones para desarrollar una zona industrial, ni a Inglaterra le interesa el asunto por razones de otra índole.

Todo el comercio de la India, Australia y Egipto con los puertos ingleses y alemanes, por un lado; todo el comercio de América con las naciones mediterráneas hasta Turquía en el fondo, por otro lado, pasan ante el puerto de Cádiz. Como consecuencia de ello, Cádiz no es un puerto de término sino un puerto de paso; pero esto que para el desarrollo de otras funciones puede ser una dificultad, no lo es para el de una zona franca y así vemos por ejemplo el caso de Malmö, situado en la costa Sur de Suecia a la puerta del Báltico que gracias a su posición geográfica, algo semejante pero en realidad inferior a la de Cádiz, vive, progresa y hace crecer inclusive a la reducida población que concibió la creación de este puerto franco. También en Malmö el desarrollo de las



otras funciones económicas del puerto era pequeño; allí por otra parte la cuenca del Báltico es menor comercialmente que la del Mediterráneo, y el mismo paso del Soager viene vejado en importancia por la enorme derivación fluvial del Elva.

Otra de las razones que hemos considerado fundamental para el desarrollo de la función económica del puerto es su organización interior. Las condiciones de ataque y las facilidades de manutención influyen, entre otras razones, en atraer el movimiento comercial. Amberes, por ejemplo, no debe su importancia solamente a la red que tiene tras de sí, sino a las magníficas condiciones de calado y de utillaje que reúne, y a las facilidades que presta para el alijo de los barcos y almacenaje de sus mercancías gracias a los elementos mecánicos de que dispone; y Cádiz, como vamos a ver en seguida, reúne magníficas condiciones de abrigo y de calado, dispone de terrenos para el desarrollo de las zonas industriales, y se presta por consiguiente a la instalación de un buen puerto que reúna todas las facilidades enumeradas.

Al decir la organización interior del Puerto no nos referimos solamente a la organización material sino también a la comercial, que influye muchísimo. Para que acudan mercancías a un puerto es necesario facilitar su contratación



comercial con organizaciones comerciales y bancarias apropiadas al caso; para que acudan barcos, es necesario darles la seguridad de encontrar un buen flete de retorno, y eso solo se encuentra con el tráfico mismo y con las facilidades de compra y venta de las mercancías en la zona del Puerto. Esto tiene mucha mas importancia de la que pudiera parecer a primera vista, y así vemos repetirse continuamente el caso de Liverpool, al que acuden cantidades enormes de diferentes mercancías, algodón entreveles, que no hacen mas que permanecer algún poco tiempo en la zona del Puerto para volver a embarcarse con destino muchas veces a puertos lejanos, solamente por la buena organización comercial que ha hecho del puerto de Liverpool la bolsa industrial del algodón. Pero estas son condiciones que no entran dentro del estudio técnico de nuestro proyecto; por eso no hacemos aquí sino apuntar la necesidad de que conjuntamente con la construcción material de la zona franca de Cádiz se desarrolle su organización comercial.

Por todo esto que apuntamos se comprende también, como el desarrollo, tanto de la función industrial como de la regional, influyen mucho en la función económica, porque atrayendo de por sí el tráfico facilitan el desarrollo de la



función comercial, Cádiz, considerado aisladamente, puede tener este inconveniente porque Sevilla le absorbe toda la función comercial de la Andalucía occidental, pero este hecho debe conducir a la consecuencia de que Sevilla y Cádiz no deben mirarse como puertos competentes, sino como elementos distintos en un mismo puerto, con funciones propias y distintas, porque al decir puerto no entendemos solamente las líneas de muelles sino también la estación interior con sus redes ferroviaria y carretera y con todos los elementos de intercambio entre el hinterland y el exterior. Visto así se comprende fácilmente que Sevilla y Cádiz se completan, porque Sevilla, situada 100 kilómetros tierra adentro, carece de calado suficiente para los grandes buques trasatlánticos que llegan con frecuencia a 9 y 10 metros de calado, y Cádiz, por el contrario, puede obtener con mucha facilidad estos calados; los barcos de Sevilla encontrarían magníficas condiciones para el flete de retorno en la zona franca de Cádiz y viceversa, y otra multitud de ventajas se derivarían de esta vecindad aprovechada con unidad de miras. Visto con esta amplitud de criterio se comprende entonces que el tráfico de la zona andaluza es independiente y que cuando la función económica del puerto de Cádiz se considere ampliada con el



movimiento que al salir de Sevilla pase a pocas millas de su zona, la posición geográfico-comercial de Cádiz se convierte en verdaderamente privilegiada y única no solo en la España meridional sino en toda la Europa del Sudoeste.

Vemos pues, que Cádiz reúne una posición geográfica-comercial magnífica a las puertas del Estrecho, y unas condiciones naturales en la Bahía excelentes, como veremos al desarrollar el proyecto. Unamos a esto que Cádiz va a tener la mejor instalación de diques secos del Estrecho y comprenderemos porqué es de esperar que el desarrollo en la zona franca de Cádiz responda a los optimismos de sus iniciadores.

Después de echada esta ojeada exterior entremos en la Bahía a la que se asoman mas de 130,000 habitantes, pues entre ellos debemos contar también a Jerez, que, aunque algo mas lejos, es el centro comercial que descarga por la Bahía su comercio plétórico de optimismos.

Dentro de esta bahía las condiciones naturales son perjudiciales a primera vista por la falta de calados y la presencia de fangos blandos de difícil cimentación, pero este inconveniente se convierte en una ventaja indudable en cuanto se hace notar que estos fangos no tienen la zona donde vamos a desarrollar nuestro



Proyecto, mas que un espesor de 1 a 2 metros y que debajo de ellos se presenta una capa de marga arenosa primero y otra de arena limpia después, muy facilmente dragables, y en fin, que a profundidades variables entre 8 y 13 m. se encuentra una roca caliza ostionera de muy buenas condiciones para cimentación, aun cuando ésta puede hacerse también sobre la marga o la arena por su buena resistencia a la compresión. Vemos pues, que la cimentación es facil y que los dragados y rellenos son aquí mucho mas económicos que en cualquier otro punto del litoral.

Por otra parte, la Bahía tiene una entrada facil, amplia, de buenos calados y toda ella es muy tranquila; situando la zona en la margen Sudeste, la Bahía queda perfectamente abrigada de los vientos de Poniente y de Sur, y solamente expuesta a los levantes que soplan del lado de tierra y que por consiguiente no encuentran tirante de agua mas que en el ancho de la Bahía, dando por tanto al final un oleaje pequeño tal, que aun hoy sin abrigo ninguno, en el Muelle de Puntales se puede hacer la maniobra de alijo con toda comodidad durante todo el año, exceptuando 6 u 8 días de él; cuanto más seguro no será el día en que se construya un pequeño dique de abrigo cuyo coste, como mas adelante se ve, es suma-



mente pequeño por poder establecerse según una línea de calado pequeño.

Vemos pues, que se trata de un caso especial en el cual el Proyecto se simplifica muchísimo; no se necesitan apenas obras de abrigo, hay extensión de agua sobrada; los dragados son fáciles; la cimentación resistente; hay sitio amplio para desarrollar largas alineaciones de atraque sin necesidad de cortarlo en pequeños espigones no dársenas, siempre molestos tanto para el movimiento de los buques como para el atraque interior.

En líneas generales la disposición proyectada consta de un muelle que avanza desde Puntales según la alineación del Puente proyectado y hasta la parte principal de éste, es decir, avanzando desde tierra unos 600 m. luego una línea quebrada de tres alineaciones forman un muelle de ribera, que une las puntas de Puntales y Canteras; para aprovechar mejor los terrenos se dispone una dársena interior de poco calado y también con largas alineaciones de atraque. Todo el terraplén que se comprende entre esta línea de atraque y la línea actual de plea forman la proyectada zona franca. No existen por tanto expropiaciones, y todos los terrenos son ganados fácilmente al mar, gracias al poquí-



simo calado que allí presenta.

La distribución de este área, libre de arancel, requiere un conocimiento previo de las necesidades o de los futuros desarrollos industriales que han de verificarse en la misma, y este es muy incompleto; la magnitud misma del plan impide preveer ni aun con aproximación el desarrollo y la distribución que vayan a doptar posteriormente las industrias creadas al amparo de la franquicia, pero el aumento de estas industrias es necesariamente progresivo, y las obras por consiguiente deben serlo también.

Ahora bien, proponemos desarrollar nuestro plan en tres periodos y reservando todavía para ampliaciones posteriores otras obras, que solamente se indican en líneas generales, sin entrar realmente en el desarrollo de nuestro proyecto. De todos modos y a pesar de esta distribución progresiva, es necesario establecer no solamente los muelles y líneas de atraque, sino muchos de los servicios públicos, tales como vías, abastecimiento, saneamiento, redes eléctricas, etc. etc. Es necesario por consiguiente delimitar las zonas necesarias del atraque y las actuales para el establecimiento de industrias, así como las zonas en que se ha-



yan de disponer mas tarde una u otra clase de stocks, cuyas necesidades son diferentes.

Es imposible determinar concretamente las industrias que se van a desarrollar en la zona y la importancia relativa de unas y de otras, pero desde luego se presenta a primera vista el comercio de fama de los algodones y primeras materias de las Indias que cruzan el Mediterráneo camino de Inglaterra; se presentan también las primeras materias de los abonos agrícolas, los petróleos y sus derivados, las pieles y curtidos de América del Sur. Todos ellos son elementos propios para manufacturarse en Cádiz y reexpedirse al exterior.

Por otra parte, los carbones, las maderas, la sal, las carnes, los huevos, etc. pueden almacenarse muy bien dentro de la zona franca, constituyendo allí un depósito de mercancía lo cual atraería muchos buques si las instalaciones mecánicas estuvieran bien desarrolladas. Ahora bien; es evidente que no puede entrar en el plan del Consorcio o de la entidad constructora la construcción y organización de todas estas industrias, sino solamente las zonas que pudiéramos llamar de caracter público; tales como el desarrollo de la línea de atraque, los almacenes, el utillaje, saneamiento, red ferroviaria



ria, fluido eléctrico, etc. y para ello se necesita conocer tan al detalle las industrias que se vayan a formar ni la magnitud de cada una de ellas. En realidad la delimitación de los campos que llamo público y privado no es fácil; puede haber y hay de hecho en muchos puertos muelles particulares, y así lo preveemos también en nuestra zona, pero esto no quita para que todo eso entre en el proyecto y en cambio no entren aquellas instalaciones necesarias para la manufactura o la evolución del producto.

Así pues, además de los muelles, diques, dragados y terraplenes, incluimos en nuestro proyecto los siguientes elementos: Urbanización, vías férreas y estaciones de clasificación; abastecimiento de aguas y saneamiento; central productora de fluido eléctrico; y red de distribución; edificios, tinglados y docks de varios pisos para almacenajes de las mercancías, junto a la línea de muelles; camaras frigoríficas; cargaderos de carbón; instalaciones para petróleos y combustibles líquidos, y, naturalmente, todos los elementos de gruas y utillajes completos para las maniobras inherentes a la elevación de la mercancía. Alguno de estos elementos, tales como las instalaciones frigoríficas, puede explotarse particularmente; sin embargo



las proyectamos por considerarlas esenciales para iniciar el desarrollo del comercio de ciertas mercancías, tales como las carnes, huevos, etc. Otros, por el contrario, tales como los silos de granos no entran en nuestro proyecto, primeramente porque el comercio de granos en la zona Sur de la Península no es de esperar que tenga un gran desarrollo, y por otra parte, no menos fundamental, porque en esta cuestión no es la principal ventaja la operación de la carga y descarga fácil del grano, sino que es necesario establecer simultáneamente las instalaciones de trasiego, limpia del grano, molido de harinas, clasificación de las mismas, etc. etc. que entran mas bien dentro del desarrollo industrial de caracter particular.

Mas adelante indicaremos por capítulos la disposición general y la distribución de todos estos elementos, así como los cálculos justificativos de los mismos.

DESCRIPCIÓN.- El plano general de la zona se puede considerar dividido en las siguientes zonas: Un muelle Norte que sigue la alineación del Puente de Puntales con 1,000 m. de longitud y atraque por ambos lados; un muelle de ribera de 2,000 m. de longitud; un muelle que ann-



que también es de Ribera llamamos muelle de espigones, por dejarse en condiciones de recibir los espigones particulares de las industrias que los necesitan, y, por último, una dársena interior de 2,100 m. de longitud y 300 m. de anchura.

El muelle Norte sirve para cerrar algo la entrada abrigando toda la zona muy bien del oleaje de la boca, levantado por los vientos de Levante y Poniente, pero con él no se perjudica para nada el régimen de las corrientes en la Bahía, puesto que al mismo tiempo que se estrecha algo el paso de la boca de salida se disminuye también la economía de los terraplenes que forman la zona; además, aunque la corriente aunque algo sirve precisamente de limpia para mantener los dragados en la boca y no alcanza nunca velocidades que puedan molestar a los barcos, ni mucho menos corrientes de través. Este muelle Norte tiene dos atraques: uno que da a la parte Norte sirve para sustituir al actual muelle de Puntales con mucha holgura, puesto que además de tener una longitud algo mayor (667 m.) tiene una zona de terraplén detrás del muelle. Por consiguiente cierra la zona franca y sirve como muelle aduanero, siempre conveniente en las proximidades del puerto franco. Por el centro de este muelle pa-



san las vías del ferrocarril y carretera de la Punta de Puntales, con lo cual se separa el muelle aduanero del puerto franco. Al Sur de esta línea empieza la zona franca y presenta dentro del muelle Norte una anchura de 300 m. cuya distribución veremos mas adelante. El calado del muelle aduanero es variable desde la bajamar hasta 6,70 m. por consiguiente es bastante mayor tanto en longitud como en calado, sin necesidad de dragar, que el actual muelle de Puntales. Por la parte del muelle franco los calados son uniformes en toda la longitud y de 9,50 m.

El muelle de Ribera tiene 2 kilómetros de longitud con 9,50 m. de calado; puede considerarse como la parte principal de la zona. En él se disponen los grandes almacenes, el utillaje mas perfeccionado, y una faja de 400 metros de anchura reservada para las industrias a todo lo largo del muelle; detras de esta zona corre un pasaje o via fundamental de circulación, y más al fondo se extiende la estación de clasificación.

El muelle de espigones, como ya hemos dicho, se denomina así no porque esté formando parte integrante de los mismos, sino porque está dispuesto para recibirlos, cuando a las industrias



particulares les convenga construirlos, o cuando el Consorcio quiera usar alguno de ellos con determinado fin particular. Este tipo de espigones tiene evidentes ventajas para algunos usos que requieran doble atraque con poca anchura, resultandontonces muy económica su construcción sobre pilotajes o pilares aislados; y como sería absurdo construir un muelle de gran calado para sacar de él espigones que inutilizaran gran parte de la obra ejecutada, confinamos estos espigones a este muelle, preparando ya la línea trasera de atraque de un modo quebresulte económico y que se preste bien a recibir estos espigones; detrás de él, se dispone por tierra una zona industrial de 500 m. de anchura limitada por el paseo de tráfico; y al otro lado de éste se deja sitio para una población con área suficiente para albergar unos 15,000 habitantes, pues cuando llegue el desarrollo completo de la zona necesariamente se alojará dentro de ella una abundante población.

La dársena interior como se ve en los planos, tiene 300 m. de anchura y 3,100 m. de largo con 7,00 m. de calado en bajamar y está formado por una zona de 200 m. de anchura seguida del correspondiente paseo de tráfico. Al



otro lado de ésta se deja sitio para una segunda estación de comunicación comunicándose con la vía general por la parte de San Fernando, y se deja también un área disponible para las instalaciones posteriores que la puedan aprovechar.

TIPOS DE MUROS DE MUELLE.- Por la escasez de tiempo,

no hemos multiplicado todo lo que hubiéramos deseado el número de sondeos, pero desde luego con los hechos sabemos que la marga compacta se presenta siempre a 1 o 2 m. por debajo de la superficie del terreno, y la roca os tioneira a profundidades variables entre 13 m. en el extremo del muelle Norte y 7 m. en la parte correspondiente a la dársena interior extendiéndose según un plano que buza en dirección Levante con sobrelecho sensiblemente plano. Tanto la roca como la marga son buenos terrenos para cimentar, puesto que no hay peligro ninguno de socavación y tienen los dos resistencia sobrada a la compresión.

Sentados así los datos del problema, evidentemente hay que desechar la solución de pilotajes y casi puede decirse otro tanto con la de tablestacas, pues la hincas de éstas en la marga es sumamente pequeña y no garantiza suficientemente el anclaje contra el empuje horizontal. Además, los tanteos hechos arrojan costes por



metro lineal algo superiores al muro adoptado.

Quedan por consiguiente, aparte de otros sistemas mas especiales que no tienen lugar en este caso, los sistemas de grandes bloques superpuestos, de cajones de hormigón armado, rellenos de hormigón o de arena, y de muros de cimentación discontinua. Siendo la cimentación buena parece este último el mas económico y en nuestro caso lo es sin duda alguna como resulta de los tanteos efectuados, pues el sistema de bloques resulta de un volumen excesivamente grande y el de cajones de hormigón de un coste de mano de obra también grande. En cambio, el muro con la cimentación discontinua, formado por una serie de pilares unidos superiormente por medio de bóvedas, resulta económico, corta mejor que los otros la onda de resaca, y como ésta por otra parte no es muy fuerte, no produce tampoco desarreglos en el talud del relleno por debajo de las bóvedas, pero además éste queda muy bien defendido como veremos al ocuparnos detalladamente de él.

El muro está constituido por una serie de bóvedas de 9 m. de luz entre ejes, 2 m. de altura de flecha y unos 9 m. de profundidad apoyado sobre pilastras normales a la dirección



del muelle, es decir, con 9 m. de profundidad normalmente a la línea de atraque y 1,20 m. de anchura paralelamente a esta dirección; las bóvedas son cilíndricas pero con el eje inclinado hacia atrás con objeto de que la altura de relleno sobre las bóvedas sea mayor en la parte de atrás que en la de delante y aumente así el momento estabilizante contra el vuelco. La bóveda está limitada por delante por el muro de paramento o tímpano y por detrás por una pared plana inclinada que corta naturalmente la bóveda según una horizontal situada a la altura de bajamar. Por debajo de esta línea se extiende el talud del relleno, defendido con tablestacas simplemente apoyadas en el fondo para lo cual van provistas de un talón apropiado que se sobrecarga con algo de escollera. Estas tablestacas son de hormigón armado y el resto de la obra de hormigón en masa, si bien las pilas van ligeramente armadas, asientan éstas sobre un enrase formado por sacos de hormigón que reparten la presión recibida de las zapatas o ensanchamientos inferiores de la pilastra.

Se trata por consiguiente del tipo clásico de muro de muelle de cimentación disconti-



nua, sin mas variante que la de hacer las bóvedas inclinadas para retrasar el centro de gravedad del conjunto con respecto a la línea de vuelco posible y de establecer la defensa de tablestacas, gracias a lo cual se puede disminuir la profundidad de las bóvedas y de las pilastras, profundidad que por otra parte viene limitada en este caso, por el poco ancho libre entre el borde del muelle y el de los almacenes o tinglados. Esta distancia máxima es de 10 m. y no conviene sobrepasarla porque entonces la cimentación de los edificios quedaría por un lado sobre el terraplén y por otro sobre las bóvedas, pudiendo producir desigualdades de asiento perjudiciales para las resistencias de los edificios.

La máxima reacción sobre el suelo es de 5 kgs. sin descontar la subpresión y las condiciones de estabilidad del muro, tan satisfactorias, que el centro de presiones queda por detrás del de gravedad de la base de sustentación.

Como mas adelante se detallan los cálculos justificativos de todos estos elementos, no nos extendemos ahora en mas detalles.

Como este tipo de muro es el mas económico de los diferentes tipos que hemos tantea-



do, ha sido adoptado también para los muros de la dársena interior cuyo calado es solamente de 7 m. sin mas modificación que la de disminuir la altura de las pilastras y suprimir totalmente las tablestacas que en este caso son innecesarias, por ser mas tendido el talud del relleno y no existir oleaje ni chapoteo ninguno en la dársena.

Por último, para los bordes del terraplén en los que no ha de haber atraque proyectamos un sencillo muro de contención formado por escollera con unos bloques en la coronación; estos bloques tienen 400 m. de altura y 1,20 m. de espesor y apoyan sobre basamento de escollera de anchos variables.

DISTRIBUCIÓN DE LA ZONA.- Haremos una ligera descripción de cada una de las partes en que se divide.

MUELLE ADUANERO.- Se dispone solamente una via junto al muelle para sustituir a la actual del Muelle de Puntales, pero se deja el terraplén con profundidad suficiente para colocar una segunda via de tráfico además de la de carga, más un ancho de 30 m. para emplazamientos de tinglados y aun queda lugar detrás de esta zona para una doble vía de tráfico para



la carga de los almacenes y un paseo de 20 m. de anchura.

Muelle Norte.- El Muelle Norte, en la parte correspondiente a la zona franca, distribuye su anchura en la siguiente forma : 10 m. junto al muelle para una doble vía de carga y de tráfico; 30 m. para la instalación de tinglados; 7 m. para la doble vía de tráfico y carga de almacenes y un paseo de 20 m. de anchura con 14 m. de calzada; solares para las instalaciones industriales en un ancho ~~de~~ 225 m. servidos por uno y otro lado por una simple vía, y por último, un paseo de ronda de 30 m.

Una disposición análoga se repite en los demás muelles, es decir, el área de terraplén queda dividida en una línea de muelle, una línea de almacenes, una zona industrial y un paseo de circulación; detrás de la línea de almacenes otra doble vía para el servicio de estos. Como la separación entre el borde del muelle y la fachada de los almacenes es solamente de 10 m. la carga se verifica en muy buenas condiciones desde el barco al almacén un ~~v~~icversa. Por último, desde el almacén se carga también con facilidad a carros por medio del paseo posterior que queda entre el almacén y la zona industrial.



La zona industrial queda también bien servida por uno y otro lado por medio de la vía de tráfico que se dispone. Aquí no proyectamos grúas de carga por entender que la instalación de éstas corresponde a los propietarios de las industrias correspondientes.

Por último, el paseo inferior de circulación tiene una doble vía para el tráfico general de un punto a otro de la zona y una amplia calzada para todo el movimiento de carros y automóviles.

Muelle de Ribera.- Como decimos, la disposición del muelle es la misma y únicamente varían algunas dimensiones. Comprende una zona de muelle con doble vía de 10 m. de anchura por donde corren las vías de las grúas; la zona de almacén es de 30 m.; la doble vía detrás de los almacenes; un paseo de 14 m. de calzada; una vía sencilla para la zona industrial de 330 m. profundidad que aquí queda dividida en dos por un paseo intermedio, y por último, el paseo principal de circulación con la doble vía general de tráfico. Detrás de este paseo se extiende la estación de clasificación.

Muelle de Espigones.- Este muelle se reserva por entero para las in-



dustrias particulares, es decir, para aquellas industrias que necesitan no solamente una determinada zona de terraplén, sino que les conviene alcanzar hasta el mismo muelle y prolongar inclusive sus instalaciones por medio de espigones. Como resultado de esto, aquí la zona industrial tiene una profundidad de 490 m. y entre ella y el muelle únicamente se deja un paso de 10 m. con doble vía para la circulación de mercancías de una zona a otra y al resto del pequeño tráfico.

La zona industrial se proyecta dividirla por medio de paseos transversales inclinados con relación a la línea de muelle, para facilitar el tráfico y en particular servir las vías férreas. Estas calles pueden variarse de emplazamiento según el ancho que corresponda a cada industria, pero en general es conveniente que la dirección de todos ellos sea paralela y enfilada con las líneas de espigones.

Dársena interior. - La zona que rodea la dársena interior puede considerarse dividida en dos trozos, uno en el que se deja una zona junto a los muelles para el establecimiento de almacenes públicos, y otro en el que se suprime esta zona. El primero comprende un ancho de 10 m. junto al muelle con doble vía; otro de 30 m. para almacenes; la segunda doble vía detrás de



estos; un paseo de 20 m. de anchura; la zona industrial de 6 m. de profundidad y el paseo de circulación detrás de ellos, en igual forma que los otros muelles. En la segunda parte de la dársena se suprimen los almacenes, pues la disposición es análoga a ésta, y la zona industrial tiene 150 m. de anchura y alcanza por consiguiente a 10 m. junto al borde del muelle. Es la disposición general de aprovechamiento de la zona inmediata a los muelles y reservada para los establecimientos industriales.

Aparte de esto se dejan zonas para urbanización, pesca, estaciones de clasificación, etc.

Zona urbana.- Comprende ésta un área de 65 hectáreas con 12 km. de calles y manzanas de 100 a 140 m. de lado. La zona posterior de la población se reserva para ciudad-jardín y comprende un área de 95 hectáreas, pero es natural que este plan puede variarse cuando el desarrollo de la población vaya indicando la conveniencia de las distintas necesidades.

Calculando una media de 200 habitantes por hectárea, puede comprender esta población un total de 19,000 habitantes en buenas condiciones de urbanización.

Sus calles son de 14 m. de anchura, salvo las vías principales que alcanzan a 20; estas se reúnen en una gran plaza, quedando como resulta-



do de ello muy fáciles las comunicaciones de un lado a otro de la población. Dentro del área reservada para la ciudad-jardín se reservan amplias zonas para parques, que en su día podrían servir también como ampliaciones de la población.

#### ELEMENTOS QUE SE PROYECTAN

Ahora bien, explicadas así en sus líneas generales las diferentes zonas que comprende este proyecto, es evidente que el detalle con que hay que proyectarlas varía de unas a otras. En la zona urbana solamente debemos incluir las obras de urbanización y servicios públicos, tales como abastecimiento y saneamiento; lo mismo sucede en la zona industrial donde se dejan los solares a disposición de las empresas que los hayan de explotar. Por el contrario, en la zona de muelles es preciso proyectar con detalle los almacenes, tinglados, cargadores, etc. que han de estar explotados directamente por el Consorcio o entidad explotadora de toda la zona y antes de entrar en el detalle de cálculo de cada uno de estos elementos haremos una somera descripción de cada uno de ellos.

Tinglados. - Cada tinglado está formado por una nave de 30 m. de anchura por 80 de longitud con un piso elevado de 1,00 m. sobre el ni-



vel general de los muelles para que quede a la altura de carga de los vagones, y cubiertos por cerchas metálicas de 30 m. de luz que dejan completamente diáfana la nave tanto en anchura como en longitud. Por razones económicas se proyecta esta cubierta toda ella metálica y formada por cerchas articuladas con una ligera cimentación de pilotajes; como se trata de una zona franca, el precio del hierro ha de ser muy económico y desde luego mas barato que el hormigón armado, que en Cádiz resulta caro por la carestía de la piedra y arena de buenas condiciones; Por otra parte, proyectamos las cerchas en tal forma para facilitar su desmontaje o sustitución por almacenes de varios pisos cuando el crecimiento del tráfico lo exija. Han de servir estos almacenes para toda clase de mercancías, y en particular maderas, papeles, hierro, maquinaria, etc. es decir, mercancías pesadas que puedan almacenarse con grandes alturas.

Almacenes.- Al proyectar los almacenes nos hemos inspirado en los construidos recientemente por el Puerto franco de Malmö, cuya sección transversal puede compararse con la adoptada. Están formados por tres pisos y tienen en planta 30 m. de anchura por 102 de longitud; como se ve en el dibujo de la sección transversal, se disponen pla-



taformas de carga en todos los pisos, con lo cual se facilita mucho la carga de todas las mercancías. Por el lado de los muelles estos almacenes están servidos por gruas semipórtico cuyo gancho alcanza perfectamente a las bodegas de los barcos y a las plataformas de cargas de los almacenes. Por el lado de los muelles estos almacenes están servidos por gruas semipórticos cuyo gancho alcanza perfectamente a las bodegas de los barcos y a las plataformas de carga de los almacenes. Por el lado de tierra, una pequeña grua sirve también para el trasbordo de las mercancías desde la plataforma de carga a la segunda vía, mientras que la primera sirve directamente a la carga del piso inferior. Es esto una variante impuesta a los edificios de Malmö y gracias a la cual logramos la carga simultánea en dos de las vías, doblando así la velocidad de la operación.

Tres montacargas por almacén sirven para la carga y descarga por el lado de tierra de las mercancías del segundo piso.

Estos edificios se proyectan de hormigón armado por ser de carácter definitivo y por ser material muy resistente a los incendios cosa que hay que tener siempre muy en cuenta



en toda clase de almacenes de varios pisos. Solamente la cercha del piso superior se proyecta metálica porque con ello dejamos lograr la nave completamente diáfana sin apoyos intermedios, lo que representa una ventaja para el almacenaje y movimiento de las mercancías. Además el edificio está dispuesto en forma que puede elevarse con toda comodidad un 4º piso, pudiendo para ello desmontarse las cerchas de cubierta y volverse a montar sobre el nuevo piso.

Para la carga y descarga de las mercancías de este piso que se construyera, bastaría prolongar por el lado de tierra la altura de los montacargas, pues por el lado del mar todavía alcanzarían los ganchos de la grua a servir bien las partes de la nueva nave. Estos almacenes de varios pisos son muy indicados para el almacenaje de algodones, cueros, cereales, etc. etc.

Si bien la construcción de estos almacenes y tinglados ha de ser progresiva a medida que las necesidades lo vayan exigiendo, o adelantándose ligeramente a ellas, nosotros proyectamos un almacén y tres tinglados en el muelle Norte, y tres y cuatro respectivamente en el muelle de Ribera, con separaciones entre unos y otros edificios de 50 m. que serán utilizables para el almacenaje de aquellas mercancías que no necesiten estar a cu-



bierto.

Instalaciones frigoríficas.- Ocupando la nave central de un almacén se proyectan cámaras frigoríficas capaces de recibir 450 tns. de carne, 80 tns de pescado y unas 270 tns de huevos y otros productos alimenticios. Presenta esta instalación la particularidad de tener el sistema de refrigeración en la parte alta para lograr mayor rendimiento, y de disponer una sola de carga donde entran los vagones y pueden por tanto refrigerarse previamente.

Utilillaje.- Para las maniobras corrientes de carga y de descarga en el muelle se disponen gruas giratorias sobre un pórtico que abarca la primera vía, dejando gálibo suficiente para el paso de los vagones por debajo de las mismas. Estas gruas pueden alcanzar hasta 11,00 m. por fuera de la línea del muelle con una carga de 3,000 kgs. Como el eje de la grua queda a 3 m. del borde del muelle, la grua alcanza a 14 m. del borde del mismo por el lado de tierra.

Para el servicio especial de los almacenes y tinglados se disponen gruas semi-pórtico que apoyan sobre vías preparadas al efecto



en el mismo edificio, con lo cual se disminuyen los entorpecimientos del muelle, estas gruas avanzan 14 m. por fuera de la línea de muelle y hasta 20 m. por el lado de tierra sirviendo perfectamente todos los pisos de los almacenes; su carga máxima es de 3,000 kgs. y cada una de ellas puede transbordar en trabajo normal unas 100 toneladas.

Como hemos dicho al hablar de los almacenes, además de estas gruas se disponen otras pequeñas para la parte de tierra, para la carga de los vagones. Estas pequeñas gruas van sobre un carrilón móvil, son también giratorias, con un brazo de 3,50 m. y una potencia de 1,500 kgs.

Muelle de carbón. - La instalación de carbones interesa no solamente para el consumo de carbón del hinterland, sino también para el servicio de los buques que acudan a la zona. Actualmente entran en Cádiz unas 300,000 toneladas de carbón al año, y naturalmente, si existiera la zona franca y los medios de carga y descarga fueran apropiados, esta cifra se duplicaría o triplicaría inmediatamente. Así pues, es necesario disponer cargaderos de carbón que puedan servir un tonelaje de unas 300 toneladas a la hora, con objeto de que las



maniobras de embarque y desembarque se verifiquen rápidamente sin prolongar la estancia del barco en el puerto. Para ello proyectamos una instalación que consta de los siguientes elementos; primeramente una doble vía que corre a lo largo de la línea de muelle y sirve para la carga directa de los barcos a los vagones por medio de gruas de tipo corriente; detrás de ella se deja una zona para depósitos descubiertos de 30 m. de anchura; en el otro lado de ésta se dispone nuevamente una doble vía para la carga desde el depósito a los vagones. Sobre la zona de depósitos corre un pórtico con carretón móvil y cuchara, de tal modo dispuesto, que ésta pueda alcanzar en sus diferentes posiciones todas las vías de carga y salirse fuera del muelle hasta una distancia de 14 m. para alcanzar las bodegas de los barcos. El pórtico está formado por una gran vía apoyada sobre dos palizadas metálicas que corren sobre las vías espaciadas a 30 m. y la parte de viga que sobresale por fuera del muelle es elevable con objeto de que el pórtico pueda desplazarse a lo largo del muelle sin que el voladizo tropiece con el mastil del barco o con las vías que están funcionando para el servicio de las vías delanteras. La instalación general comprende 600 m. de longitud y está ahas-



tecida por seis pórticos capaces de servir cada uno 70 tons. por hora; y la zona reservada para depósito puede recibir 120,000 metros cúbicos de carbón con una altura de 8,00 metros.

Muelle de sal.- Aunque la sal como producto nacional no ha de aprovecharse de las ventajas aduaneras de la zona franca, entendemos que puede ser conveniente para la mejor exportación de la misma, disponer una instalación de almacenado y de carga y descarga en el que todas las operaciones puedan realizarse económicamente, y como prolongación del muelle de carbón puede disponerse otra zona de 200 m. de longitud con dos pórticos, prevista para depósito de sal. Como esta zona y toda su instalación es exactamente igual a la del muelle de carbón, tiene esto la ventaja de que en caso de que el comercio de la sal se desarrollara poco dentro de la zona franca, podría utilizarse la misma instalación para ampliar el servicio de la zona carbonera. En caso de desarrollarse el comercio de sal sería conveniente completar la instalación por medio de pequeñas gruas de muelle del mismo tipo que las de la parte exterior de los almacenes para el alijo de la sal desde los candrays que la traen desde las salinas, sin necesidad de poner en movimiento los grandes apa-



ratos de la instalación; también sería necesario instalar algunos compresores neumáticos para romper la corteza superior que forma la sal, con objeto de que esta pueda ser cogida fácilmente por medio de la cuchara del pórtico, pero estos son elementos móviles de pequeña importancia que se irán disponiendo a medida que las necesidades lo vayan pidiendo.

Tanto el muelle de carbón como el de sal se proyecta disponerlos en la última parte del muelle de Ribera por el momento, y mas adelante, cuando el desarrollo de la zona sea mas completo, convendrá traspasarlos al primero de los espigones que se proveen en el muelle denominado con este nombre, quedando entonces todo el muelle de Ribera para el servicio de las demás mercancías.

De todos estos elementos mecánicos incluimos solamente en el proyecto planos de líneas fundamentales pero sin hacer cálculo ni cubricación ninguna por entender que estos aparatos deben contratarse mediante concurso entre casas especializadas y solamente indicamos el precio aproximado y las condiciones a que deben ajustarse a nuestro entender.

Edificio administrativo..- Para todos los servicios de Dirección y



Administración, de la zona, así como para efectuar la transacción de todas las operaciones comerciales es necesario disponer un edificio de amplias dimensiones para dar cabida a todas las salas, despachos, etc. Este edificio se dispone a la entrada de la zona, formando dos pisos con una planta de 22 x 59 m. de los cuales la parte central forma un hall o sala central de 17 m. de anchura por 22 de profundidad, destinada a los servicios de contratación, y las dos partes laterales quedan divididas en cada uno de los pisos, en un pasillo central y dos series de salas laterales para los despachos de oficinas que sea necesario montar. Como mas adelante repetimos en capítulo aparte los detalles de todos estos edificios, no entramos aquí en explicaciones.

Instalación de combustibles líquidos.- En el ángulo comprendido entre el muelle Norte y el de Ribera y defendido por el lado de tierra con un paseo de circunvalación de 50 m. de anchura, se instala la zona destinada a combustibles líquidos, y en el frente de esta zona, a lo largo de la línea de muelle se disponen los depósitos formando grupos de cinco. Como para evitar incendios de los barcos petroleros no se permite su atraque al muelle no es preciso proyectar este muelle con calado y hemos a-



doptado el tipo de muro de bloques sobre base de escollera. Frente al muelle se colocan dos filas de duques de alba, correspondiéndose los de una y otra fila de tal modo, que a cada pareja de ellos pueden anclar perfectamente dos barcos y aun queda hueco entre ellos para amarrar a un tercero. De este modo puede servir este muelle simultáneamente a 16 barcos de grandes mangas. El servicio de combustible se hace por medio de tuberías flexibles colocadas sobre flotadores dispuestos al efecto, con lo cual la seguridad de la operación es muy grande. Cada uno de los cuatro grupos de depósitos que pueden alojarse en el muelle comprende cinco depósitos circulares de 1,500 m<sup>3</sup>. cada uno, semienterrados y un depósito elevado a 7 m. de altura con su correspondiente bomba de elevación para facilitar la carga a las bodegas altas de los barcos y a los vagones por el lado de tierra. Los depósitos inferiores de almacenaje del combustible son circulares, de hormigón armado y con doble pared tanto en el fondo como en las partes laterales, gracias a lo cual se acusa inmediatamente y puede corregirse con facilidad cualquier fuga del líquido. Por las mismas razones todas las tuberías de comunicación son de hormigón armado y van montadas sobre zapatas en



el interior de tajeas también hormigonadas, con objeto de que todas las fugas sean visibles.

Los depósitos elevados son de 100 m<sup>3</sup>. de capacidad y la maquinaria tiene potencia para elevar a esta altura y cargar por consiguiente en los barcos, aun en el caso mas desfavorable, a razón de 100 litros por segundo.

Red ferroviaria.- Para el servicio ferroviario

se dispone como regla general una doble via a lo largo de los muelles; otra doble via por la parte posterior de los almacenes y tinglados; una via sencilla a cada lado de la zona reservada para industrias, y por último, una doble via general de tráfico, a lo largo del paseo principal. Siempre a menos de un kilómetro se unen las vias de muelle y almacenes con esta vía general de tráfico y a 500 m. próximamente se unen también las vias de carga con su correspondiente via de tráfico. Todas las vias se reúnen en una estación de clasificación que comprende dos haces de 10 vias cada uno, destinado el uno a la formación de los trenes interiores de la zona y el otro a la formación de los trenes de salida; cada uno de estos haces termina en una via provista de un lomo de asno de altura regulable para facilitar la operación de la clasificación en cualquier condición de viento. Entre



esta estación de clasificación y el paseo principal se dispone una pequeña estación de viajeros y detrás de la estación se reservan vías para el repaso del material ferroviario y para depósito de máquinas. Por último, dentro del plan general de la zona se proyecta una segunda estación de clasificación detrás de la dársena interior, formada por dos haces de siete vías provisto cada uno de su correspondiente lomo de asno para la clasificación y en comunicación todo con la vía general por el lado de San Fernando.

En la estación de clasificación principal se disponen además apartaderos y edificios para depósito de máquinas, taller de reparaciones, y una pequeña estación de viajeros junto al paseo principal.

Urbanización.— Para dar paso al tráfico de camiones y automóviles se dispone además de los pasos de muelle, un paseo llamado principal que circunda por la parte de tierra todas las zonas industriales y que ha de ser en realidad la vía de tráfico de una parte a otra de la zona. Aparte de esto se disponen como es natural, paseos transversales y de unión de unas partes con otras y por último un paseo de ronda rodea por completo la zona, unido a un foso de guardia de 10 m. de anchura



con tapia a uno y otro lado que ha de servir para facilitar el servicio de los carabineros.

Mas adelante detallamos los anchos y pavimentos de estos paseos en los que se emplean según la importancia adoquinados, hormigón alquitranado, y tarmacadam.

Abastecimiento y saneamiento.- El abastecimiento de agua a toda la zona se proyecta tomando los caudales necesarios de la actual conducción que lleva las aguas a Cádiz. Evidentemente, llegará un día en que este caudal será insuficiente para toda la zona, aparte de las ampliaciones que tiene en proyecto y ha comenzado a realizar el Ayuntamiento y entonces será ocasión de hacer un proyecto completo de abastecimiento, quizás derivando las aguas del Guadalete a suficiente altura, pero como esto sería una obra muy costosa y que durante unos cuantos años ha de ser completamente innecesaria, nos limitamos a proyectar la red interior de distribución tomando el agua por medio de cuatro acometidas en la conducción actual. Toda la red se ha calculado con bastante amplitud, y para asegurar el perfecto abastecimiento se dispone un depósito de 3,000 m<sup>3</sup>. descubierto a la altura del suelo para almacenar el agua necesaria para servir a la



zona en caso de avería en la conducción; y para regularizar el servicio diario se dispone un depósito elevado a doce m. de altura y con 1,000 m<sup>3</sup>. de capacidad. En el capítulo correspondiente se detallan todas estas obras y las razones que nos han movido a adoptar estas cifras.

El saneamiento consta de tres elementos principales: Una red de recogida de aguas pluviales que vierte generalmente al mar; otra red para recogida de las aguas residuarias que termina en dos grandes colectores que a lo largo del paseo principal van a reunirse en la parte central de la zona para desaguar en la estación depuradora. Aunque los caudales de todos estos elementos no pueden determinarse con exactitud, los hemos calculado sin embargo con una amplitud prudencial, con secciones de tipo inglés para perder menos altura y con este mismo fin las proyectamos todas ellas con una pendiente solamente de media milésima.

La estación depuradora se proyecta en sus líneas generales por el procedimiento moderno de fangos activados, pero ya se indica en el correspondiente Capítulo que esta estación no será tampoco necesaria durante los primeros años y que por consiguiente cuando álegue el día de cons-



truirlo, es posible que haya que modificar el proyecto con arreglo al desarrollo que haya tenido la ciencia de la depuración.

Servicios eléctricos.- Dada la importancia de la zona es imposible pensar en darle energía eléctrica con las centrales locales que ya tienen ocupada toda su producción y proyectamos, o mejor dicho indicamos en líneas generales la disposición que ha de adoptar la central generadora y la red, así como las condiciones que deben cumplir.

El problema de la central generadora es muy importante porque tratándose de una zona libre del arancel y empleando hogares para carbón pulverizado y grandes unidades se reduce el costo a 0,09 pesetas por kilowatio y aun menos incluyendo todos los gastos de explotación y amortización. Por otra parte, como el desarrollo de la zona ha de ser lento y progresivo no puede tampoco hacerse la instalación completa de primera intención y proponemos la construcción por partes de dos grupo turbo-alternadores de 3,000 kw. primeramente y uno de 6,000 kw. después.

El fluido se distribuye por medio de una red a 6,000 voltios a nueve transformadores desde los que se alimentan otros tantos sectores en baja con red trifilar e hilo de tierra.



Tanto esto como las otras partes se detallan y calculan por capítulos aparte, pero antes hemos de hacer algunas consideraciones sobre la marcha de construcción.

#### PRIMER PLAN DE CONSTRUCCIÓN

Obra de tal magnitud no debe construirse, sino por ampliaciones sucesivas que vayan respondiendo a las necesidades de la industria a medida de su desarrollo. Por esta razón proponemos la construcción por anualidades sucesivas de un primer plan que comprende los muelles Norte y de Ribera.

Con este primer plan se obtiene una longitud de muelle de 9,50 m. de calado de 3,000 m. más, 667,00 m. de muelle aduanero y del frente del espigón cuyos calados alcanzan hasta 7,00 m.- Con esta longitud de muelle y un área de terraplén de 250 hectáreas puede desarrollarse una zona industrial magnífica aun considerándola como definitiva e independiente de las ampliaciones proyectadas.

Incluimos en el presupuesto de este primer plan una parte reducida de los dragados necesaria para mantener el calado de 9,50 m. en una faja de 400 m. de anchura junto a los muelles, los terraplenes cuyo volumen es algo superior al de los dragados contando con que por lo me-



nos una parte de los dragados proyectados en la bahía han de hacerse y sus productos se vierten mas facil y utilmente en esta zona que en cualquier otro vertedero.

La superestructura de este primer plan comprende siete tinglados, cuatro almacenes con una frigorífica, once gruas semipórtico, diez gruas pórtico, seis cargaderos de carbón, dos grupos de cinco depósitos para combustibles líquidos, el edificio administrativo, la red férrea correspondiente con una parte la estación de clasificación formada por cuatro vias solamente y un pequeño depósito de máquinas, la red de calles correspondientes reduciendo a la mitad el ancho pavimentado del paseo principal, la red de distribución de aguas con un depósito elevado, la red de alcantarillado sin incluir por el momento estación de depuración, la red eléctrica y la central formada por un grupo de 3,000 Kw.

Realmente este plan cuyo coste se eleva a pesetas, es el que debe considerarse como base del negocio y perfectamente realizable no de golpe pero si en unos cuantos años conjuntamente con la iniciación del desarrollo industrial de la zona.



EDUARDO TORROJA  
OFICINA TÉCNICA DE INGENIERÍA  
Sección de Proyectos

CALCULO DEL MURO DE MUELLE



## CÁLCULO DE LOS MUELLES

Dividiremos este cálculo en tres partes:  
Cálculo de resistencia de la bóveda, cálculo de estabilidad del muro y reacción sobre el terreno, cálculo de estabilidad del muro de pie,

### RESISTENCIA DE LA BÓVEDA.-

La bóveda es cilíndrica y de directriz circular, con el eje ligeramente inclinado hacia atrás, para que la carga total queden mejor centrada sobre la base del muro y para resolver mejor la contención de las tierras altas del relleno en la parte trasera del muro.

Por efecto de esto la carga muerta es algo mayor en la parte de atrás de la bóveda que en la parte delantera, pero como tanto por uno como por otro extremo la bóveda queda atirantada y reforzada por las pantallas de paramento y de cierre, en realidad conviene referir el cálculo a la parte media de la bóveda. Allí la carga del terraplén de relleno es de 2,00 m. en la clave, y en la Fig. 1ª de la hoja de cálculo trazamos la curva de presiones comprobando que se amolda perfectamente a la directriz adoptada. Para ello dividimos el arco en cinco dovelas cuyas cargas son:



| Dovela | Peso del arco            | Peso del terraplén.      | Total          |
|--------|--------------------------|--------------------------|----------------|
| 1      | 2,2x0,25 = 0,55 tn.      | 1,8x375 = 675 tn         | 7,30 tn.       |
| 2      | 2,2x0,56 = 1,23 "        | 1,8x7,90=14,20 "         | 15,43 "        |
| 3      | 2,2x0,68 = 1,50 "        | 1,8x8,85=15,90 "         | 17,40 "        |
| 4      | 2,2x0,84 = 1,85 "        | 1,8x10,80=19,40"         | 21,25 "        |
| 5      | 2,2x1,20 = <u>2,65</u> " | 1,8x13,70= <u>24,60"</u> | <u>27,25</u> " |
|        | 7,78                     | 80,35                    | 88,63          |

Estos pesos muertos no producen flexiones apreciables y solo compresiones cuyos valores en la clave y en la sección inmediata son :

$$\frac{74,000}{3,000} = 24,7 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\frac{96,000}{4,600} = 20,8 \text{ Kg/cm}^2.$$

Pasemos pues al estudio de los esfuerzos debidos a la sobrecarga. Por efecto de la continuidad de las bóvedas y de la rigidez que le prestan los tímpanos extremos y las pilas, las bóvedas pueden considerarse como perfectamente empotradas; y para determinar las flexiones que en ella puede producir la desigual repartición de las sobrecargas emplearemos el método de la elipse central de inercia.

El momento flector producido en una sección ( ) del arco bajo la acción de una



fuerza P a la distancia      de la sección considerada es:

$$M = - P \cdot \quad + M_a + V - H$$

siendo M<sub>a</sub> , (V y H las tres reacciones de un apoyo.-

Las tres deformaciones totales, angular, vertical y horizontal de un extremo al otro del arco que han de ser cero por las condiciones de empotramiento dan las ecuaciones:

$$= \frac{B}{A} (- P \cdot \quad + M_a + V - H) G = 0$$

$$= \frac{B}{A} (- P \cdot \quad + M_a + V - H) G = 0$$

$$= \frac{B}{A} (- P \cdot \quad + M_a + V - H) G = 0$$

y siendo:

$$G = \frac{S}{L I} = \frac{\text{longitud del elemento}}{\text{Coeficiente de elasticidad} \times \text{Momento de inercia}}$$

y como el arco es simétrico, resulta, tomando como eje de coordenadas el centro de la elipse de inercia:

$$\frac{B}{A} G = 0 \quad \text{''} \quad \frac{B}{A} G = 0 \quad \text{''} \quad \frac{B}{A} G = 0$$

y por consiguiente:

$$\frac{B}{A} M_a G - P \frac{B}{A} G \cdot \quad = 0$$

V



$$V \frac{B}{A} G^2 - P \frac{B}{A} G = 0$$

$$- H \frac{B}{A} G^2 - P \frac{B}{A} G = 0$$

Para un determinado lado de la sección P es cero y entonces:

$$M_a \frac{B}{A} G = P \frac{B}{A} G$$

$$V \frac{B}{A} G^2 = P \frac{B}{A} G$$

$$H \frac{B}{A} G^2 = - P \frac{B}{A} G$$

Ecuaciones que dan los valores de M<sub>a</sub>, V y H.-

Empezaremos por dividir el arco en seis partes de igual valor  $\frac{S}{L I} = G$ , para lo cual trazamos en (a) la ley aproximada de variación del momento de inercia sobre el desarrollo de la directriz y mediante una serie de triángulos semejantes obtenemos los segmentos de G constante.

Tomando los valores de G como fuerzas que actúan en el centro de gravedad de cada segmento (1) obtenemos mediante los funiculares (a) y (b) la

---

(1) El error que con ello se comete es despreciable por serlo la masa elástica de cada segmento en relación con la total.



posición del centro de gravedad O y los valores de  $\frac{G}{b}$  y  $\frac{G}{a}$  dados por las intersecciones de estos funiculares con los ejes coordenados.

Tomando ahora todas estas longitudes como vectores horizontales y verticales respectivamente construimos los funiculares (c) y (d) y tomando las del funicular (a) como vectores verticales construimos el (e).-

Estos polígonos están trazados con las siguientes distancias polares:

$$b = G \quad " \quad d = \frac{G^2}{bc} = l \cdot e \frac{G^2}{ad}$$

y por último el polo  $P_c$  se ha tomado en el lado extremo del funicular (b) considerando este completado en todo el arco.

Como resultado de esto tenemos que trazando la vertical de una sección cualquiera:

$$M_a = \frac{P^B G}{P} = \frac{B G}{P}$$

para  $P = l$  y  $b = \frac{B}{A} G$  y puede por tanto medirse directamente en el plano.

Igualmente:

$$V = \frac{P^B G}{P} = \frac{B G}{P} = \frac{bc}{A} = \frac{B G}{A} = \frac{bc}{A}$$



$$y \quad H = \frac{\frac{P \cdot B \cdot G}{B \cdot G^2 \cdot A}}{\frac{P \cdot G}{a \cdot e}} \times \frac{a \cdot e}{\frac{B \cdot G}{B \cdot G^2 \cdot A}} = \frac{P \cdot G}{a \cdot e}$$

pueden también medirse directamente.

Componiendo H y V obtenemos la dirección y magnitud de la reacción R y dividiendo Ma por R tenemos la distancia de la reacción al centro O y podemos por tanto trazar la reacción.

Podemos pues obtener el lugar geométrico de los puntos de intersección de estas reacciones con las fuerzas respectivas o recta de intersecciones, y la envolvente de las reacciones y apoyándonos en estas dos líneas obtener directa e inmediatamente, en posición y magnitud, la reacción del apoyo bajo la acción de una carga cualquiera.

En la figura se trazan estas líneas, la directriz del arco y la línea de influencia de las reacciones horizontales.

Ahora bien, la máxima y mínima reacciones en una sección cualquiera sometida a flexión compuesta vienen dadas por la siguiente fórmula, siempre que no se pase el límite de carga de tracción:

$$v = \frac{N}{S} + \frac{N \cdot e \cdot v}{I}$$

siendo N la compresión y e la excentricidad y siendo g el radio de giro, se convierte en:



$$v = \frac{N \left( \frac{z}{v} + 0 \right)}{S \frac{z}{v}}$$

Pero el numerador es el momento de la compresión normal respecto a un punto de la sección situado a la distancia  $\frac{z}{v}$  del centro de gravedad, o sea el producto de la reacción horizontal por la distancia vertical a ese punto.

En las secciones de clave y de arranque esos valores son respectivamente:

$$\frac{8,65^2}{15} = 5 \text{ cm.} \quad \text{y} \quad \frac{13,70^2}{25} = 8,2$$

y a continuación exponemos los valores de:

H = reacción horizontal.

a = distancia al punto :  $\left( + \frac{z}{v} \right)$

b = Distancia al punto :  $\left( - \frac{z}{v} \right)$

c = momento de H respecto al punto a

d = momento de H respecto al punto b

para diferentes posiciones de la sobrecarga unidad distantes unas de otras 0,75 m.

Sección de arranque

| Posición fuerza | H    | sup. a | Inf. b | c       | d       |
|-----------------|------|--------|--------|---------|---------|
| 1               | 0,22 | + 57   | + 25   | + 12,60 | + 5,08  |
| 2               | 0,62 | - 33   | + 73   | - 20,50 | + 45,20 |
| 3               | 0,98 | - 30   | + 57   | - 29,50 | + 56,00 |
| 4               | 1,28 | + 19   | + 41   | - 24,40 | + 52,50 |
| 5               | 1,45 | + 7    | + 26   | - 10,10 | + 37,80 |



EDUARDO TORROJA  
 OFICINA TÉCNICA DE INGENIERÍA  
 Sección de Proyectos

|    |      |      |      |               |               |
|----|------|------|------|---------------|---------------|
| 6  | 1,45 | + 3  | + 14 | + 4,40        | + 20,04       |
| 7  | 1,28 | + 13 | + 4  | + 16,60       | + 5,10        |
| 8  | 0,98 | + 21 | - 5  | + 20,50       | - 4,90        |
| 9  | 0,62 | + 27 | - 11 | + 16,70       | - 6,82        |
| 10 | 0,22 | + 32 | × 17 | <u>+ 7,00</u> | <u>- 3,75</u> |
|    |      |      |      | +77,80        | +221,72       |
|    |      |      |      | -84,50        | - 15,47       |

Sección de clave

| Posición<br>fuerza | H    | sup.<br>a | inf.<br>b | c             | d             |
|--------------------|------|-----------|-----------|---------------|---------------|
| 1                  | 0,22 | +24       | +34       | - 5,29        | + 7,50        |
| 2                  | 0,62 | -15       | + 25      | - 9,30        | +15,50        |
| 3                  | 0,98 | ×- 1      | + 11      | * 0,98        | +10,80        |
| 4                  | 1,28 | + 15      | - 6       | + 19,25       | - 7,75        |
| 5                  | 1,45 | + 43      | - 33      | + 62,50       | -46,00        |
| 6                  | 1,45 | + 43      | - 33      | + 62,50       | -46,00        |
| 7                  | 1,28 | + 15      | - 6       | + 19,25       | - 7,75        |
| 8                  | 0,98 | - 1       | + 11      | * 0,98        | +10,80        |
| 9                  | 0,62 | - 15      | + 25      | - 9,30        | +15,50        |
| 10                 | 0,22 | - 24      | + 34      | <u>- 5,29</u> | <u>+ 7,50</u> |
|                    |      |           |           | + 163,50      | + 67,60       |
|                    |      |           |           | - 31,14       | -107,50       |

Las máximas reacciones son por tanto, en la sección de arranque.



$$\frac{c P}{s \frac{v}{2}} = + \frac{221,72 \times 2,700 \times 0,75}{4,600 \times \frac{13,70^2}{23}} = 12,0 \text{ kg/cm}^2.$$

$$- \frac{84,50 \times 2,700 \times 0,75}{4,600 \times \frac{13,70^2}{23}} = 4,6$$

y en la sección de clave:

$$+ \frac{163,50 \times 2,700 \times 0,75}{3,000 \times \frac{8,65^2}{15}} = 22,0 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$- \frac{107,50 \times 2,700 \times 0,75}{3,000 \times \frac{8,65^2}{15}} = 14,5 \text{ Kg/cm}^2.$$

y añadiendo a estos valores las cargas obtenidas por efecto del peso muerto resultan los totales en el arranque:

$$+ 32,8 \quad \text{y} \quad + 16,2 \text{ kg/cm}^2.$$

y en la clave:

$$+ 46,7 \quad \times \quad + 9,8 \text{ Kg/cm}^2.$$

Vemos pues que no existen tracciones y que las compresiones son admisibles.

Por último, las reacciones forman siempre un ángulo pequeño con la normal a la sección correspondiente, y los esfuerzos cortantes no necesitan comprobación.



ESTABILIDAD DEL MURO

Los pesos de un elemento de muro de 9,00 m. de longitud y los momentos respectivos respecto a la arista de vuelco son los siguientes:

|                 | <u>mts.</u>  | <u>m.</u> | <u>m/tons.</u> |
|-----------------|--------------|-----------|----------------|
| F <sub>1</sub>  | 48,8         | 4,00      | 195,00         |
| F <sub>2</sub>  | 17,20        | 7,90      | 136,00         |
| F <sub>2</sub>  | 1,72         | 7,50      | 13,00          |
| F <sub>3</sub>  | 5,00         | 8,75      | 44,80          |
| F <sub>4</sub>  | 255,00       | 3,85      | 990,00         |
| F <sub>5</sub>  | 114,00       | 8,00      | 910,00         |
| F <sub>6</sub>  | 6,40         | 7,75      | 49,50          |
| F <sub>7</sub>  | 248,25       | 4,10      | 1,020,00       |
| F <sub>8</sub>  | 2,25         | 2,65      | 5,95           |
| F <sub>9</sub>  | 10,90        | 2,75      | 30,00          |
| F <sub>10</sub> | <u>17,40</u> | 2,90      | <u>50,50</u>   |
|                 | 721,92 tn    |           | 3,444,75 mtn.  |

$$\text{Brazo} = \frac{3,444,75}{721,92} = 4,8 \text{ m.}$$

Los empujes volcadores son solamente los producidos por la parte alta del relleno, en 4,80 m. de altura. Para el cálculo de este empuje contaremos con un talud natural de 35° o inferior al real, pues siendo de arena limpia gran parte de los terrenos a dragar puede ésta verse junto al muro



Y obtener un relleno de poco empuje con fuerte ángulo de rozamiento, Como el empuje tiene lugar sobre las tierras que sobremontan la bóveda consideramos entre unas y otras el mismo coeficiente o ángulo de rozamiento de  $35^\circ$ .

El empuje de estos rellenos se calcula por el método gráfico de Müller Breslau tomando como densidad  $1,8 \text{ tn/m}^3$  y como sobrecarga  $5,000 \text{ kg/m}^2$  que equivale a  $280 \text{ m.}$  de altura de tierras.

El nivel del agua en el relleno no seguirá con exactitud el nivel exterior y por consiguiente debiera considerarse un detenido desnivel y dentro de él considerar una densidad de tierras de  $0,8$  solamente y añadir la presión hidrostática sobre la bóveda, pero con ello obtendríamos un empuje de tierras menor y como la presión hidrostática es normal a la bóveda y ésta es muy inclinada resultaría en total un momento volcador algo menor, por lo que hemos preferido no considerar desnivel hidrostático ninguno.

Con arreglo a estas hipótesis y a las de cohesión nula y demás que lleva consigo la teoría de Coulomb resulta (fig. ) el siguiente empuje:

$$E = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2 h'}{h} \right) \gamma y = \frac{1,8}{2} \left( 1 + \frac{2 \times 2,8}{4,80} \right) 2,7 \times 2,2$$

$$= 11,5 \text{ tn/M.l.}$$



y en el ancho total entre ejes de pilastras:

$$11,5 \times 9 = 103,5 \text{ tns.}$$

Componiendo gráficamente este empuje con el peso de la bóveda y pilastra se obtiene la resultante que corta a la base de sustentación a 3,90 m. del eje de vuelco.

Como la zapata que forma el cimiento es de forma trapecial con 3,20 m. de anchura por delante y 1,20 m. por detrás, y 8,00 m. de fondo su centro de gravedad queda a 3,60 m. del eje de vuelco, es decir que la resultante pasa 30 cm. mas adentro que el centro de gravedad de la base y las cargas sobre el terreno son algo menores en la arista delantera que en la trasera, detalle muy interesante porque es una garantía de estabilidad raras veces alcanzada.

La presión media en la base es de:

$$\frac{722,000}{800 \times 220} = 4,1 \text{ Kg/cm}^2.$$

suficientemente baja para el terreno de que se trata pero que viene además disminuida por el aumento de base que proporciona el enrase con sacos de hormigón. La carga unitaria es algo mayor en la parte de atrás del muro, si bien muy poco más por ser la excentricidad muy pequeña, pero como aquí la base queda 10,00 m. por bajo de la cresta del relleno, la resistencia del terreno es en rea-



lidad mayor que en la arista exterior.

Aunque el enrase de sacos se sentará siempre sobre la roca pues su profundidad es sensiblemente igual a la de los muelles excepto en el extremo del muelle Norte donde queda 3,00 m. por bajo de éste, podemos estudiar las condiciones en que quedaría cimentado directamente sobre la arena. Con un espesor de sacos de 1,00 m. solamente la base se ensanchará aproximadamente esta misma longitud en todo el contorno y quedará por tanto de:

$$\frac{3,20 + 5,20}{2} \cdot 10,00 = 41 \text{ m}^2.$$

La carga unitaria se reduce por tanto a :

$$\frac{722}{41} = 18 \text{ tn/m}^2.$$

y la resistencia de la arena a esa profundidad con arreglo a la teoría de Rankine sería:

$$\frac{h}{\left(\frac{1 - \text{sen}}{1 + \text{sen}}\right)^2} = \frac{1,00 \times 1,80}{\left(\frac{1 - \text{sen } 45^\circ}{1 + \text{sen } 45^\circ}\right)^2} = 58 \text{ tons/m}^2.$$

mas la presión hidrostática; vemos pues, que de cualquier modo la resistencia del cimiento está asegurada, y lo mismo puede decirse respecto al peligro de vuelco o de deslizamiento pues la resultante pasa por detrás del centro de sustentación y forman-



do un ángulo de  $5^\circ$  solamente con la normal a la base.

TABLESTACAS DE CONEXIÓN.-

Para contener el terraplén y mas que nada para defenderlo de la erosión producida por la onda de resaca se dispone una fila de tablestacas que teóricamente necesitan muy poca resistencia pero que en la práctica conviene hacer bastante rígidas por razones de construcción.

En la fig. se hace la construcción gráfica para la determinación del empuje, de la que resulta el siguiente valor:

$$E = \frac{0,8}{2} \left( 1 + \frac{2 \times 7,8 \frac{1,8}{0,8}}{9,50} \right)$$

$$1,6 \times 1,4 = 4,2 \text{ tn/ m.l.}$$

contando con todo el empuje de la parte superior del relleno y la sobrecarga de muelle y sin descontar nada por el empuje resistido por el terraplén que sobremonta la bóveda, calculado anteriormente; aun con tan reforzadas hipótesis la carga media por metro cuadrado se reduce a :

$$\frac{4,200}{13,2} = 320 \text{ Kg.}$$

que queda contrarrestada con el mismo peso de la tablestaca.



Por otra parte la resistencia a flexión de la tablestaca para este empuje es mucho mayor, por la disposición en T, que la que presenta para soportar el peso propio durante la construcción cuando solo apoye en los dos extremos, es decir, antes de hacer el relleno.

Entonces el momento flector vale:

$$\frac{720 \times 10,0^2}{8} = 9,000 \text{ mkg.}$$

por ser 720 kgs. el peso desalojado por metro lineal de proyección horizontal y 10,00 m. la luz entre apoyos también en horizontal.

Como la armadura principal es simétrica y de 4  $\phi$  25 mm. a cada lado con 0,50 m. de separación o canto, la carga de la armadura prescindiendo del hormigón es de:

$$\frac{9,000}{0,50} \times \frac{1}{18,80} = 9,6 \text{ Kg/ cm}^2.$$

No tenemos en cuenta los efectos del oleaje porque durante la construcción las tablestacas deberán ser defendidas de él tanto que se haga el relleno posterior.

La tablestaca va colgada de la bóveda durante la construcción por medio de un gancho, pero una vez hecho el relleno es innecesario, pues la misma presión de las tierras la sostendrían unida contra la bóveda.



MUELLE DE PEQUEÑO CALADO.-

Los muelles de 7,00 m. de calado son iguales a los que acabamos de describir sin mas modificación que la de reducir la altura de las pilas, hacer su zapata simétrica y de menor anchura, y suprimir por completo las tablestacas.

Como la bóveda es la misma, no hemos de añadir nada sobre ella.

El empuje volcador del relleno es también el mismo y el peso y momento resistente se determina a continuación.

|                  | <u>Pesos</u> | <u>Brazos</u> | <u>Momentos</u> |
|------------------|--------------|---------------|-----------------|
| F <sub>1</sub>   | 48,8         | 4,00          | 195             |
| F <sub>2</sub>   | 1,72         | 7,50          | 12              |
| F <sub>2</sub> ' | 17,20        | 7,85          | 135             |
| F <sub>3</sub>   | 5,00         | 8,75          | 43              |
| F <sub>4</sub>   | 250,00       | 3,80          | 950             |
| F <sub>5</sub>   | 114,00       | 8,00          | 910             |
| F <sub>6</sub>   | 6,40         | 7,75          | 49              |
| F <sub>7</sub>   | 135,00       | 4,15          | 580             |
| F <sub>8</sub>   | 41,00        | 4,25          | 175             |
| F <sub>9</sub>   | 21,80        | 4,17          | 90              |
| F <sub>10</sub>  | <u>28,80</u> | 4,12          | <u>119</u>      |
|                  | 669,72       |               | 3,238           |



En la figura correspondiente se componen ambas fuerzas y se comprueba que la resultante pasa sensiblemente por el centro de gravedad de la base.

La carga sobre el terreno es por tanto:

$$\frac{669,720}{800 \times 320} = 2,6 \text{ Kg/cm}^2.$$

Como estos muelles se desarrollan en la dársena interior donde el oleaje es nulo no hay temor de que se altere el equilibrio de la vertiente del relleno por debajo de las bóvedas, quedando un talud comprendido entre 35° y 40°.

En el muelle aduanero los calados son menores variando de 4,00 a 6,00 o 6,50 m. y por consiguiente el talud del relleno es menor, y haciéndolo de escollera gruesa queda también perfectamente defendido de la erosión del oleaje.



EDUARDO TORROJA  
OFICINA TÉCNICA DE INGENIERÍA  
Sección de Proyectos

---

TINGLADOS



## TINGLADOS

La primera cuestión a estudiar, es el ancho de estos tinglados, que oscila corrientemente entre 30 y 40 m. Así por ejemplo vemos hangares de los siguientes anchos:

- Liverpool : 30 m.
- Hamburgo : 33,8 m.
- Londres : 36,6 m.
- Marsella : 38 m.
- Le Havre : 40 m.

Teniendo en cuenta la conveniencia de que estos tinglados tengan el mismo ancho que los almacenes de varios con los que se colocan en línea y cuyo proyecto se detalla mas adelante, hemos adoptado el límite mínimo de 30 m.

La longitud de estos almacenes tiene menor importancia, suele variar entre y m. y nosotros hemos adoptado una longitud de m. con lo cual, dejando zonas libres intermedias de m. quedan bien emplazados con relación a los demás elementos.

Justificación del tipo de cercha.- Una vez admitido el ancho de 30 m. para estos almacenes, cabe escoger entre dos soluciones para cubrirlos: una sola cercha de 30 m. de luz, o dos de 15 m. parece a primera vista mas económico lo segundo, pero el



problema se hace dudoso si se tiene en cuenta la conveniencia de despejar de obstáculos el interior de estos almacenes. Aconsejan los autores y corrobora la práctica de los grandes puertos que, la separación de los pilares en el interior de los almacenes no baje de 10 m. y a ser posible de 15m; razón por la cual muchas veces en hangares de dos luces se aumenta la separación de estos pilares apoyando las cerchas intermedias en una viga horizontal que apoya en aquellas. Ejemplos de esto tenemos en Marsella, Calais, El Havre, etc. donde los pilares intermedios se han espaciado a 15 y 16 m. Y no satisfechos aun con esta solución vemos que se tiende a construir hangares o almacenes de una sola luz, que alcanza por ejemplo los valores siguientes:

- 24,00 m. en Dieppe.
- 25,20 m. " Roven.
- 27,50 m. " Havre (dársena del Ense)
- 28,96 m. " Liverpool (Alexandra dock)
- 30,00 m. " Dunquerque.

Vemos por tanto antes de decidirnos los resultados económicos de ambas soluciones en nuestro caso particular; sabemos que para 15 m. de luz resultan económicas las cerchas rectas tipo inglés por ejemplo, y para 30 m. por el contrario da buen resultado económico el arco. Estudiemos pues estas dos solu-



ciones y supongamos para simplificar los cálculos que las cerchas de 15 m. se van a colocar a 5 m. de separación, o sea, que van a ser análogas a las que cubren los almacenes de los edificios de pesca mas adelante calculado y cuyo peso es de 640 kgs. Supongamos también que se coloca un pilar intermedio cada tres cerchas de éstas, o sea un fila de pilares corriendo por el centro del almacén y a 15 m. unos de otros. Para sostener las dos cerchas intermedias será preciso colocar una viga de 15 m. cuya carga concentrada en dos puntos a la distancia  $1/3$  de cada apoyo es la que corresponde a una superficie de cubierta de  $10 \times 15 = 150 \text{ m}^2$ . doble de la que carga cada cercha, o sean 19,280 kg. el momento flector máximo de esta viga será:

$$19,280 \times \frac{5}{2} + \frac{2,761 \times 15}{8} = 53,377 \text{ mkg.}$$

Momento capaz de ser resistido por una viga armada del tipo  $\frac{775}{265}$  del Catálogo de Altos Hornos, cuyo peso es de 184,1 Kg/m. o sea en total 2,761,5 Kgs. Las columnas del centro resistirán una carga de

$$19,280 + 2,761 = 22,041 \text{ Kgs.}$$

su altura mínima será de unos 5,00 m. determinada por la altura mínima de las puertas, pue-



den ser por tanto del tipo

n<sup>o</sup>  $\frac{16}{24}$  cuyo peso es de  $49,9 \times 5 = 249,5$  Kg.

Las columnas laterales colocadas a 5 m. de separación sosteniendo cada una una cercha soportan 4,820 Kg. a compresión y a flexión por empuje del viento sobre la cubierta y puertas con camino de rodadura superior de:

$$(22 \times 5 \times 7,5 + 250 \times 2,5 \times 5) 5 = 19,750 \text{ kg.}$$

Pueden ser del tipo  $\frac{30}{24}$  cuyo peso es  $98 \times 5 = 490$  Kg.

El peso total por tanto de las armaduras, vigas, columnas y correas metálicas es para  $15 \times 30$  m. de área.

|                    |                |
|--------------------|----------------|
| Peso de 6 cerchas: | 3,840 Kgs.     |
| " viga printral:   | 2,761 "        |
| " columna central: | 250 "          |
| " seis laterales : | 2,940 "        |
| " correas:         | <u>3,780</u> " |

Peso total 13,571 Kgs.

Peso por m<sup>2</sup>. de almacén 30,15 Kgs.

En este cálculo trabaja el hierro a 10 kg/mm<sup>2</sup>; trabajando a 8 Kg/mm<sup>2</sup> su peso será:

$$30,15 \times \frac{10}{8} = 37,7 \text{ Kg/m}^2.$$

Con este mismo coeficiente de trabajo se calcula mas adelante la solución en arco y da



un peso de 30,4 Kg/m<sup>2</sup> con las ventajas en favor de esta última solución de dejar absolutamente libre de obstáculos el interior del almacén y de dar una sensación de desahogo, de ligereza, de atrevimiento y de monumentalidad muchísimo mayor.

En cuanto a la clase de arco hemos escogido el articulado por presentar sobre el empotrado la ventaja de no dar momentos de empotramiento en los apoyos, ventaja muy grande en este caso por ser difíciles de transmitir con seguridad a la cimentación de pilotes. Después de articular los apoyos caben las soluciones de articular o no, la clave, La primera solución tiene el inconveniente de aumentar las reacciones horizontales en los apoyos, pero como estos empujes son fácilmente contrarrestables con solo unir las bases de las rótulas correspondientes con armaduras colocadas en el piso de hormigón y como además el arco de tres articulaciones tiene la ventaja de ser isostático, de no estar sometido a esfuerzos anormales por dilataciones debidas a cambios de temperatura, y de ser mucho mas flexible para amoldarse a posibles movimientos de sus apoyos, hemos escogido el arco articulado de tres rótulas.



El perfil del arco viene determinado por la obligación de dejar libre la línea de puertas de 5,00 m. de altura y de no aumentar excesivamente la altura de la clase para disminuir el empuje del viento, carga principal de estas armaduras. Determinados pues la posición de las rótulas y de los vértices de las puertas, hemos procurado dar al arco un perfil agradable a la vista y al mismo tiempo conforme a las cargas que ha de resistir, aumentando sucesivamente el canto de la viga desde las rótulas al punto de máximos momentos flectores.

La triangulación es Pratt en la zona alta, y Warren con montantes en la baja, en que la directriz de la viga es casi vertical; la razón de estas triangulaciones procede de la forma misma de la viga. Podría haberse hecho la viga en celosía y con menor canto de viga, pero dadas la luz y las cargas que ha de resistir creemos que esta solución será mas pesada que la que hemos adoptado.

La distancia o separación entre arcos se ha fijado en 8,00 m. por comparación con otras construcciones análogas.

La carga de trabajo del hierro se ha supuesto aquí de 8 kgs. por creerlo lo mas prudente teniendo en cuenta los empujes oscilantes o periódicos que puede producir el viento.



En cuanto al modo de construcción de estos arcos puede escogerse entre armarlos directamente "in-situ" o bien armar sobre el muelle y en las proximidades de su ubicación cada una de las dos cerchas que componen el arco e izarlas y transportarlas luego por medio de un andamio o grua móvil. Al contratista corresponde decidirse por uno u otro sistema previa la autorización del Ingeniero encargado.

Detalle y cálculo.- La cubierta está formada por chapas de zinc ondulado y combado de 2 x 3 m. con espesor de un mm. y ondulaciones de 100 x 32 mm. Estas chapas se sujetan a largueros horizontales de madera de 100 x 52 cm. de escuadría colocados a 1,50 m. de separación horizontal, y que apoyan en cables también de madera de 150 x 76 cm. de escuadría y a 1,60 m. de separación. Estos cables se sujetan a las correas metálicas que unen las cerchas.

La comprobación de los largueros es la siguiente:

Luz : 1,60 m.

Carga por metro : 120 Kg/m<sup>2</sup>.

Momento flector :  $\frac{120 \times 1,6^2 \times 1,5}{8} = 57,6 \text{ mtg.}$

" resistente:  $\frac{1}{6} 10^2 \times 5,2 = 86 \text{ cm}^3$

" flector:  $86 \times 80 = 6,880 \text{ cmkg.}$



La comprobación de los cables es la siguiente:

Luz máxima = 3,10 m.

Carga total:  $120 \times 1,6 \times 3,1 = 594$  Kgs.

Momento flector:  $\frac{594 \times 3,1}{8} = 226$  mkg.

" resistente:  $\frac{1}{6} 15,0^2 \times 7,6 = 284$  cm.<sup>3</sup>

" flector resistente:  $284 \times 80 = 2,268$  cmkg.

Las correas son de 8,00 m. de longitud y se colocan a 3,00 m. de separación en planta o sea correspondiéndose con un nudo sí y otro no, pues de corresponderse con todos los nudos o sea a 1,5 m. de separación, aumentaría el peso del hierro marcadamente. Las cargas que resisten estas correas, según cálculo gráfico que puede verse mas adelante, son las siguientes:

| Barras | Empuje del viento |            | Peso propio | Empuje vert/total | Perfil |
|--------|-------------------|------------|-------------|-------------------|--------|
|        | Vertical          | Horizontal |             |                   |        |
| c      | 2,474             | 600        | 248         | 3,722             | 22     |
| e      | 1,860             | 100        | 210         | 2,076             | 20     |
| g      | 1,520             | 50         | 175         | 1,698             | 18     |
| i      | 3,502             | 266        |             |                   | 26     |

Inmediatamente se ve que la correa c no tiene resistencia transversal suficiente para resistir la componente horizontal del viento, por ello se ati-



ranta uniéndola a la correa a cuya resistencia transversal es mas que suficiente.

La correa a ha de resistir no solamente el peso de la parte de cubierta que le corresponde, sino también por el lado del andén de descarga, el camino de rodadura de la grua semipórtica que sobre él se dispone. La carga máxima que ha de resistir este camino de rodadura es de 3,000 kgs. para resistir los cuales basta una I perfil nº 32.

Las puertas serán de camino de rodadura superior, y para que puedan solaparse se disponen dos caminos de rodadura formados por dos carriles que se unen entre si mediante un hierro zó' res para resistir el empuje del viento sobre las puertas.

El arco tiene como se ve todo detalle en el plano correspondiente, las cabezas formadas de dos angulares que encepnan entre sí cartelas de 1,4 cm. de espesor, a las que se cosen los montantes y las diagonales.

Las cabezas son poligonales o de trozos rectos entre nudos con objeto de aligerar todo lo posible la cercha y para no aumentar excesivamente el número de sus costuras se disponen los angulares con un dobléz, es decir, que los angulares de cabeza se cortan y cosen en un nudo



si y otro y se doblan en los intermedios. A ningún angular se le hace mas de un doblez por la dificultad que hay en hacer estos dobleces a la distancia exacta que se pida. Además se ha procurado que no coincidan las costuras de la cabeza superior con las de la cabeza inferior.

El cálculo de este grádise ha hecho gráficamente y puede verse en el plano correspondiente. Primeramente se ha hecho el cálculo suponiendo que el viento empuja por un lado y que la grua apoya en el camino de rodadura antedicho por el otro, y luego se ha repetido el cálculo suponiendo el arco descargado, es decir, sometido solamente a su peso propio y al de la cubierta.

A continuación se indican las cargas adoptadas por nudo en uno y otro caso, las tensiones y compresiones que resultan en cada barra y las secciones adoptadas con la comprobación correspondiente. Por el metrado que mas adelante se hace de este arco puede verse que las cargas adoptadas exceden algo a las reales.

Las principales cargas adoptadas son las siguientes:

- Peso de la cubierta = 40 Kg/m<sup>2</sup>.
- Peso de las correas = 300 Kgs.
- Empuje del viento = 250 Kg/m<sup>2</sup>.
- Peso de la cercha = Kgs.



cargas con viento y con grua (Cercha izquierda)

| Nudos | Pesos de |        | Empujes del viento |          |            | Cargas totales |       |
|-------|----------|--------|--------------------|----------|------------|----------------|-------|
|       | Cubierta | Cercha | Normal             | Vertical | Horizontal | Vertical       | Horiz |
| A     | "        | 40     | "                  | "        | "          | 40             | "     |
| o     | "        | 20     | "                  | "        | "          | 20             | "     |
| n     | "        | 23     | "                  | "        | "          | 23             | "     |
| m     | "        | 30     | "                  | "        | "          | 30             | "     |
| l     | "        | 50     | "                  | "        | "          | 50             | "     |
| a     | 2,440    | 220    | 7,200              | 900      | 7,050      | 3,560          | 7,050 |
| b     | "        | 55     | "                  | "        | "          | 55             | "     |
| c     | 1,328    | 46     | 1,300              | 1,100    | 600        | 2,474          | 600   |
| d     | "        | 42     | "                  | "        | "          | 42             | "     |
| e     | 1,324    | 36     | 500                | 500      | 100        | 1,860          | 100   |
| f     | "        | 33     | "                  | "        | "          | 33             | "     |
| g     | "        | 30     | "                  | "        | "          | 30             | "     |
| h     | "        | 30     | "                  | "        | "          | 30             | "     |
| i     | 1,260    | 30     | 25                 | 25       | "          | 3,502          | 266   |
| j     | "        | 30     | "                  | "        | "          | 30             | "     |
| k     | "        | 30     | "                  | "        | "          | 30             | "     |



| Nudos | Pesos de |        | Empujes del viento |          |            | Cargas totales |            |
|-------|----------|--------|--------------------|----------|------------|----------------|------------|
|       | Cubierta | Cercha | Normal             | Vertical | Horizontal | Vertical       | Horizontal |
| j'    | "        | 30     | "                  | "        | "          | "              | "          |
| i'    | "        | 30     | "                  | "        | "          | 30             | 166        |
| h'    | "        | 30     | "                  | "        | "          | 30             | "          |
| g'    | "        | 31     | "                  | "        | "          | 31             | "          |
| f'    | "        | 33     | "                  | "        | "          | 33             | "          |
| e'    | "        | 36     | "                  | "        | "          | 36             | "          |
| d'    | "        | 42     | "                  | "        | "          | 42             | "          |
| c'    | "        | 46     | "                  | "        | "          | 46             | "          |
| b'    | "        | 55     | "                  | "        | "          | 55             | "          |
| l'    | "        | 50     | "                  | "        | "          | 50             | "          |
| m'    | "        | 30     | "                  | "        | "          | 30             | "          |
| n'    | "        | 22     | "                  | "        | "          | 22             | "          |
| o'    | "        | 20     | "                  | "        | "          | 20             | "          |
| p     | 2,000    | "      | 260                | 250      | 50         | "              | "          |

p transmite a i una presión vertical de 2,000 + 250 x 3/4 = 2,187 kgs. y una horizontal de 50 x  $\frac{26}{6}$  + 50 = 266, y a i' una horizontal de - 50 x  $\frac{26}{6}$  + 50 = - 166 kgs.

Para facilitar el cálculo gráfico se suponen estas cargas concentradas en los vértices de apoyo de las correas (pues las cargas de los demás vértices son muy pequeñas con relación a estas. Las cargas que han servido por tanto de base para el cálculo gráfico del plano nº 6 son las siguientes:



Primera hipótesis: Lado izquierdo o del  
viento

| Nudos | Cargas     |              |
|-------|------------|--------------|
|       | Verticales | Horizontales |
| a     | 3,778      | 7,050        |
| n'    | 122        | 600          |
| c     | 2,617      | 100          |
| e     | 1,971      | 50           |
| g     | 1,614      | 266          |
| i     | 3,592      | - 166        |
| k     | 60         |              |

Lado derecho o contrario al vien  
to

| Nudos | Cargas     |              |
|-------|------------|--------------|
|       | Verticales | Horizontales |
| a     | 5,878      | "            |
| a'    | 122        | "            |
| c     | 1,517      | "            |
| e     | 1,471      | "            |
| g     | 1,414      | "            |
| i     | 3,442      | "            |
| k     | 60         | "            |

Segunda hipótesis. Arco descargado



| Nudos | Cargas     |              |
|-------|------------|--------------|
|       | Verticales | Horizontales |
| a     | 1,278      | "            |
| n'    | 122        | "            |
| c     | 1,517      | "            |
| e     | 1,471      | "            |
| g     | 1,414      | "            |
| i     | 3,442      | "            |
| k     | 50         | "            |



Gercha derecha.

| Nudos | Cargas totales |            | Nudos | Cargas totales |            |
|-------|----------------|------------|-------|----------------|------------|
|       | Vertical       | Horizontal |       | Vertical       | Horizontal |
| A     | 40             | "          | "     | "              | "          |
| o     | 20             | "          | o'    | 20             | "          |
| n     | 25             | "          | n'    | 22             | "          |
| m     | 30             | "          | m'    | 30             | "          |
| l     | 50             | "          | l'    | 50             | "          |
| a     | 5,660          | "          | "     | "              | "          |
| b     | 53             | "          | b'    | 55             | "          |
| c     | 1,374          | "          | c'    | 46             | "          |
| d     | 42             | "          | d'    | 42             | "          |
| e     | 1,360          | "          | e'    | 36             | "          |
| f     | 33             | "          | f'    | 33             | "          |
| g     | 1,323          | "          | g'    | 31             | "          |
| h     | 30             | "          | h'    | 30             | "          |
| i     | 3,352          | "          | i'    | 30             | "          |
| j     | 30             | "          | j'    | 30             | "          |
| k     | 30             | "          | "     | "              | "          |

La grúa carga en a 3,000 Kgs.

Segunda hipótesis. Arco descargado

| Nudos | Cargas totales |            | Nudos | Cargas totales |            |
|-------|----------------|------------|-------|----------------|------------|
|       | Vertical       | Horizontal |       | Vertical       | Horizontal |
| A     | 40             | "          | "     | "              | "          |
| o     | 20             | "          | o'    | 20             | "          |
| n     | 23             | "          | n'    | 22             | "          |
| m     | 30             | "          | m'    | 30             | "          |
| l     | 50             | "          | l'    | 50             | "          |
| a     | 1,069          | "          | "     | "              | "          |
| b     | 55             | "          | b'    | 55             | "          |
| c     | 1,374          | "          | c'    | 46             | "          |
| d     | 42             | "          | d'    | 42             | "          |
| e     | 1,360          | "          | e'    | 36             | "          |
| f     | 33             | "          | f'    | 33             | "          |
| g     | 1,323          | "          | g'    | 31             | "          |
| h     | 30             | "          | h'    | 30             | "          |
| i     | 3,260          | "          | i'    | 30             | "          |
| j     | 30             | "          | j'    | 30             | "          |
| k     | 30             | "          | "     | "              | "          |

p carga sobre i en este caso 2,000 Kg verticalmente.



EDUARDO TORROJA  
 OFICINA TÉCNICA DE INGENIERÍA  
 Sección de Proyectos

| Barras | 1ª hipótesis                      |                    |                                 |                    | 2ª hipótesis    |                    | Cargas máximas  |                    |
|--------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
|        | Lado izquierdo<br>Tensión<br>kgs. | Compresión<br>kgs. | Lado derecho<br>Tensión<br>kgs. | Compresión<br>kgs. | Tensión<br>kgs. | Compresión<br>kgs. | Tensión<br>kgs. | Compresión<br>kgs. |
| k j'   | "                                 | 11,200             | "                               | 100                | "               | 4,300              | "               | 11,200             |
| j i    | "                                 | 11,150             | "                               | 85                 | "               | 4,300              | "               | 11,150             |
| i h    | "                                 | 16,100             | 2,200                           | "                  | "               | 5,700              | 2,200           | 16,100             |
| h g    | "                                 | 13,700             | 11,000                          | "                  | 300             | "                  | 11,000          | 13,700             |
| g f    | "                                 | 12,300             | 17,000                          | "                  | 4,300           | "                  | 17,000          | 12,300             |
| f e    | "                                 | 9,700              | 22,660                          | "                  | 9,300           | "                  | 22,660          | 9,700              |
| e d    | "                                 | 8,300              | 27,000                          | "                  | 15,300          | "                  | 27,000          | 8,300              |
| d c    | "                                 | 5,450              | 29,800                          | "                  | 16,200          | "                  | 29,800          | 5,450              |
| c b    | "                                 | 4,200              | 30,800                          | "                  | 17,300          | "                  | 30,800          | 4,200              |
| b a    | "                                 | 3,000              | 27,000                          | "                  | 21,400          | "                  | 27,000          | 3,000              |
| a l    | "                                 | 3,900              | 18,800                          | "                  | 18,250          | "                  | 18,800          | 3,900              |
| l m    | "                                 | 550                | 31,300                          | "                  | 39,700          | "                  | 39,700          | 550                |
| m n    | "                                 | 550                | 31,300                          | "                  | 39,700          | "                  | 39,700          | 550                |
| n o    | "                                 | 2,500              | 7,200                           | "                  | 14,000          | "                  | 14,000          | 2,500              |
| o A    | "                                 | 2,700              | 8,000                           | "                  | 14,800          | "                  | 14,800          | 2,700              |

Reacciones de la cabeza inferior

| Barras | 1ª Hipótesis                      |                    | 2ª Hipótesis                    |                    | Reacción Maxi   |                |              |
|--------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------|----------------|--------------|
|        | Lado izquierdo<br>Tensión<br>kgs. | Compresión<br>kgs. | Lado derecho<br>Tensión<br>kgs. | Compresión<br>kgs. | Tensión<br>kgs. | Compr.<br>kgs. |              |
| k j'   | 1,100                             | "                  | "                               | 10,400             | "               | 2,900          | 1,100 10,400 |
| j' i'  | 6,300                             | "                  | "                               | 12,100             | "               | 1,470          | 6,300 12,100 |
| i' h'  | 3,650                             | "                  | "                               | 21,000             | "               | 7,500          | 3,650 21,000 |
| h' g'  | 2,200                             | "                  | "                               | 26,920             | "               | 11,500         | 2,200 26,920 |
| g' f'  | "                                 | 630                | "                               | 33,100             | "               | 16,750         | " 33,100     |
| f' e'  | "                                 | 2,100              | "                               | 37,400             | "               | 20,800         | " 37,400     |
| e' d'  | "                                 | 530                | "                               | 40,800             | "               | 24,250         | " 40,800     |
| d' e'  | "                                 | 6,450              | "                               | 42,160             | "               | 25,750         | " 42,160     |
| c' b'  | "                                 | 9,00               | "                               | 41,000             | "               | 26,550         | " 41,000     |
| b' l'  | "                                 | 11,600             | "                               | 49,000             | "               | 40,100         | " 49,000     |
| b' m'  | "                                 | 10,150             | "                               | 41,800             | "               | 37,000         | " 41,800     |
| m' n'  | "                                 | 10,900             | "                               | 38,800             | "               | 52,400         | " 52,400     |
| n' o'  | "                                 | 10,800             | "                               | 38,500             | "               | 52,000         | " 52,000     |
| o' B   | "                                 | 9,400              | "                               | 24,200             | "               | 17,100         | " 24,200     |



Reacciones de las diagonales

| Barras | 1ª Hipótesis                      |                    |                                 |                    | 2ª Hipótesis    |                    | cargas máximas  |                |
|--------|-----------------------------------|--------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|----------------|
|        | Lado izquierdo<br>Tensión<br>kgs. | Compresión<br>kgs. | Lado derecho<br>Tensión<br>kgs. | Compresión<br>kgs. | Tensión<br>kgs. | Compresión<br>kgs. | Tensión<br>kgs. | Compr.<br>kgs. |
| J'i    | "                                 | 5,400              | 2,260                           | "                  | "               | 1,400              | 2,260           | 5,400          |
| i'h    | 2,550                             | "                  | 9,200                           | "                  | 6,200           | "                  | 9,200           | "              |
| h'g    | 1,500                             | "                  | 6,000                           | "                  | 4,100           | "                  | 6,000           | "              |
| g'f    | 2,850                             | "                  | 5,600                           | "                  | 5,000           | "                  | 5,600           | "              |
| f'e    | 1,400                             | "                  | 3,900                           | "                  | 3,800           | "                  | 3,900           | "              |
| e'd    | 3,000                             | "                  | 1,300                           | "                  | 2,400           | "                  | 3,000           | "              |
| d'c    | 750                               | "                  | "                               | 400                | 200             | "                  | 750             | 400            |
| c'b    | 1,350                             | "                  | "                               | 5,800              | "               | 2,130              | 1,350           | 5,800          |
| b'l    | 3,850                             | "                  | 16,000                          | "                  | 17,700          | "                  | 17,700          | "              |
| l m'   | "                                 | 1,650              | "                               | 4,600              | "               | 13,000             | "               | 13,000         |
| m'n    | "                                 | 400                | "                               | 9,500              | 3,500           | "                  | 3,500           | 9,500          |
| n o'   | 2,000                             | "                  | 18,000                          | "                  | 21,400          | "                  | 21,400          | "              |

Reacciones de los montantes

| Barras | 1ª hipótesis   |                   |                |                   | 2ª hipótesis |            | Cargas máximas |            |
|--------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------|------------|----------------|------------|
|        | Lado izquierdo |                   | lado derecho   |                   | Tensión      | Compresión | Tensión        | Compresión |
|        | Tensión<br>kgs | Compresión<br>kgs | Tensión<br>kgs | Compresión<br>kgs | kgs          | kgs.       | kgs            | kgs        |
| j j'   | 2,000          | "                 | "              | "                 | 800          | "          | 2,000          | "          |
| i i'   | "              | 800               | "              | 2,200             | "            | 2,700      | "              | 2,700      |
| h h'   | "              | 550               | "              | 2,000             | "            | 2,400      | "              | 2,400      |
| g g'   | "              | 1,400             | "              | 5,140             | "            | 3,500      | "              | 5,140      |
| f f'   | "              | 9,000             | "              | 3,900             | "            | 2,850      | "              | 3,900      |
| e e'   | "              | 2,300             | "              | 5,400             | "            | 4,300      | "              | 5,400      |
| d d'   | "              | 1,250             | "              | 4,000             | "            | 2,950      | "              | 4,000      |
| c c'   | "              | 3,000             | "              | 4,300             | "            | 3,670      | "              | 4,300      |
| b b'   | "              | 650               | 200            | "                 | "            | 4,850      | 200            | 4,850      |
| a b'   | "              | 5,000             | "              | 23,200            | "            | 18,600     | "              | 23,200     |
| l l'   | "              | 2,400             | "              | 10,800            | "            | 3,200      | "              | 10,800     |
| m m'   | "              | "                 | "              | "                 | "            | "          | "              | "          |
| n n'   | "              | 750               | "              | 2,000             | "            | 4,000      | "              | 4,000      |
| o o'   | 900            | "                 | "              | 2,200             | "            | 4,200      | 900            | 4,200      |



## Cabeza inferior

| Barras | Tensión<br>kgs. | Compresión<br>kgs. | Sección<br>práctica<br>cm <sup>2</sup> | Sección<br>total<br>cm <sup>2</sup> | Sección<br>neta<br>cm <sup>2</sup> | Momento<br>de inercia<br>cm <sup>4</sup> | No de<br>roblos<br>nes | Lon<br>gi-<br>tud<br>pandeo.<br>kgs. | Resiste-<br>cia al<br>pandeo.<br>kgs. |
|--------|-----------------|--------------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|--|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| k j'   | 1,100           | 10,400             | 2 $\frac{70 \times 70}{7}$             | 18,62                               | 15,54                              | 137,0                                    | 3                      | 1,52                                 | "                                     |
| j i'   | 6,300           | 12,100             | 2 $\frac{90 \times 90}{9}$             | 30,80                               | 26,84                              | 374,0                                    | 3                      | 1,51                                 | "                                     |
| i h'   | 3,650           | 21,000             | 2 $\frac{90 \times 90}{9}$             | 30,80                               | 26,84                              | 374,0                                    | 5                      | 1,52                                 | 26,000                                |
| h g'   | 2,200           | 26,920             | 2 $\frac{120 \times 120}{11}$          | 50,40                               | 45,56                              | 1,098,0                                  | 6                      | 1,53                                 | "                                     |
| g f'   | "               | 33,100             | 2 $\frac{120 \times 120}{11}$          | 50,40                               | 45,56                              | 1,098,0                                  | 6                      | 1,55                                 | 44,000                                |
| f e'   | "               | 37,400             | 2 $\frac{120 \times 120}{13}$          | 59,00                               | 53,28                              | 1,268,0                                  | 7                      | 1,57                                 | "                                     |
| e d'   | "               | 40,800             | 2 $\frac{120 \times 120}{13}$          | 59,00                               | 53,28                              | 1,268,0                                  | 7                      | 1,65                                 | "                                     |
| d c'   | "               | 42,160             | 2 $\frac{120 \times 120}{13}$          | 59,00                               | 53,28                              | 1,268,0                                  | 7                      | 1,70                                 | 52,000                                |
| c h'   | "               | 41,000             | 2 $\frac{120 \times 120}{13}$          | 59,00                               | 53,28                              | 1,268,0                                  | 7                      | 1,95                                 | 52,600                                |
| b l'   | "               | 49,000             | 2 $\frac{140 \times 140}{13}$          | 69,40                               | 63,68                              | 2,050,0                                  | 9                      | 1,10                                 | 62,000                                |
| l m'   | "               | 41,800             | 2 $\frac{140 \times 140}{13}$          | 69,40                               | 63,68                              | 2,050,0                                  | 9                      | 1,60                                 | "                                     |
| m n'   | "               | 52,400             | 2 $\frac{140 \times 140}{15}$          | 79,60                               | 73,44                              | 2,320,0                                  | 9                      | 1,03                                 | 76,000                                |
| n o'   | "               | 52,000             | 2 $\frac{140 \times 140}{15}$          | 79,60                               | 73,44                              | 2,320,0                                  | 9                      | 1,01                                 | "                                     |
| o A    | "               | 24,200             | 2 $\frac{80 \times 80}{12}$            | 35,60                               | 30,32                              | 324,0                                    | 5                      | 0,80                                 | 32,000                                |



Cabeza superior

| Barras | Tensión<br>khs | Compresión<br>kgs. | Sección<br>práctica<br>cm <sup>2</sup> . | Sección<br>total<br>cm <sup>2</sup> . | Sección<br>neta<br>cm <sup>2</sup> | Momento<br>de<br>inercia<br>cm <sup>4</sup> . | Lon-<br>gitud<br>m <sup>3</sup> . | Nº de<br>res.<br>pandeo. | Resisten-<br>cia al<br>pandeo.<br>kgs. |
|--------|----------------|--------------------|--|---------------------------------------|------------------------------------|---|-----------------------------------|--------------------------|--|
| k j    | "              | 11,200             | 2 $\frac{70 \times 70}{7}$               | 18,62                                 | 15,54                              | 137,0   | 1,52                              | 2                        | 14,000                                 |
| j i'   | "              | 11,150             | 2 $\frac{80 \times 80}{8}$               | 24,40                                 | 20,88                              | 234,0   | 1,50                              | 2                        | "                                      |
| i h    | 2,200          | 16,100             | 2 $\frac{80 \times 80}{8}$               | 24,40                                 | 20,88                              | 234,0   | 1,50                              | 4                        | 20,000                                 |
| h g    | 11,000         | 13,700             | 2 $\frac{80 \times 80}{10}$              | 30,00                                 | 25,60                              | 282,0   | 1,51                              | 3                        | "                                      |
| g f    | 17,000         | 12,300             | 2 $\frac{80 \times 80}{10}$              | 30,00                                 | 25,60                              | 282,0   | 1,52                              | 4                        | "                                      |
| f e    | 22,660         | 9,700              | 2 $\frac{100 \times 100}{10}$            | 38,00                                 | 34,60                              | 570,0   | 1,55                              | 5                        | "                                      |
| e d    | 27,000         | 8,300              | 2 $\frac{100 \times 100}{10}$            | 38,00                                 | 34,60                              | 570,0   | 1,58                              | 6                        | "                                      |
| d c    | 29,800         | 5,450              | 2 $\frac{100 \times 100}{12}$            | 45,20                                 | 39,92                              | 666,0   | 1,61                              | 7                        | "                                      |
| c b    | 30,800         | 4,200              | 2 $\frac{100 \times 100}{12}$            | 45,20                                 | 39,92                              | 666,0   | 1,70                              | 7                        | "                                      |
| b a    | 27,000         | 3,000              | 2 $\frac{100 \times 100}{10}$            | 38,00                                 | 33,60                              | 570,0   | 1,95                              | 6                        | "                                      |
| a l    | 18,800         | 3,900              | 2 $\frac{100 \times 100}{10}$            | 38,00                                 | 33,60                              | 570,0   | 1,50                              | 4                        | "                                      |
| l m    | 39,700         | 550                | 2 $\frac{120 \times 120}{13}$            | 59,00                                 | 52,28                              | 1268,0  | 1,00                              | 9                        | "                                      |
| m n    | 39,700         | 550                | 2 $\frac{120 \times 120}{13}$            | 59,00                                 | 52,28                              | 1268,0  | 1,00                              | 9                        | "                                      |
| n o    | 14,000         | 2,500              | 2 $\frac{80 \times 80}{8}$               | 24,40                                 | 20,88                              | 234,0   | 1,00                              | 3                        | "                                      |
| o A    | 14,800         | 2,700              | 2 $\frac{80 \times 80}{8}$               | 24,40                                 | 20,88                              | 234,0   | 1,00                              | 4                        | "                                      |

Las resistencias al pandeo se han hallado con la fórmula:

$$P = 1,000 \times \frac{I}{+ I \times l^2} \text{ " siendos } I \text{ el momento de inercia en cm}^4 \text{os,}$$

el área en cm<sup>2</sup>. y l la longitud en metros.



Diagonales

| Barras | Tensión<br>kgs | Compresión<br>kgs | Sección<br>práctica<br>cm <sup>2</sup> | Sección<br>total<br>cm <sup>2</sup> | Sección<br>neta<br>cm <sup>2</sup> | Momento<br>de<br>inercia<br>cm <sup>4</sup> | Lon-<br>gitud<br>m. | Nº de<br>bloques. | Resiste-<br>ncia al<br>pandeo.<br>kgs |
|--------|----------------|-------------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|---|---------------------|-------------------|---------------------------------------|
| j i'   | 2,260          | 5,400             | $\frac{70 \times 70}{7}$               | 18,62                               | 15,54                              | 68,5  | 1,54                | 2                 | "                                     |
| h'g    | 9,200          | "                 | $\frac{75 \times 75}{10}$              | 28,00                               | 23,60                              | 115,0                                       | 1,54                | 2                 | "                                     |
| h'g    | 6,000          | "                 | $\frac{70 \times 70}{9}$               | 23,60                               | 19,64                              | 84,8  | 1,55                | 2                 | "                                     |
| g'f    | 5,600          | "                 | $\frac{70 \times 70}{9}$               | 23,60                               | 19,64                              | 84,8  | 1,55                | 1                 | "                                     |
| f'e    | 3,900          | "                 | $\frac{60 \times 60}{6}$               | 17,92                               | 14,40                              | 47,2  | 1,56                | 1                 | "                                     |
| e'd    | 3,000          | "                 | $\frac{60 \times 60}{8}$               | 17,92                               | 14,40                              | 47,2  | 1,57                | 1                 | "                                     |
| d'c    | 750            | 400               | $\frac{60 \times 60}{8}$               | 17,92                               | 14,40                              | 47,2  | 1,59                | 1                 | "                                     |
| c'b    | 1,350          | 5,800             | $\frac{70 \times 70}{9}$               | 23,60                               | 19,64                              | 84,8  | 1,62                | 1                 | 8,000                                 |
| b'l    | 17,700         | "                 | 2 $\frac{70 \times 70}{11}$            | 28,40                               | 23,56                              | 199,8                                       | 1,80                | 3                 | "                                     |
| l m'   | "              | 13,000            | 2 $\frac{60 \times 60}{10}$            | 22,00                               | 17,60                              | 112,6                                       | 1,27                | 3                 | 16,400                                |
| m'n    | 3,500          | 9,500             | 2 $\frac{60 \times 60}{8}$             | 17,92                               | 14,40                              | 94,4  | 1,27                | 2                 | 9,800                                 |
| n o'   | 21,400         | "                 | 2 $\frac{90 \times 90}{9}$             | 30,80                               | 26,84                              | 374,0                                       | 1,10                | 4                 | "                                     |

M o n t a n t e s

| Barras | Tensión<br>kgs | Compresión<br>kgs | Sección<br>práctica<br>cm <sup>2</sup> | Sección<br>total<br>cm <sup>2</sup> | Sección<br>neta<br>cm <sup>2</sup> | Momento<br>de iner-<br>cia.<br>cm <sup>4</sup> | Lon-<br>gitud<br>m | Nº de<br>bloques | Resisten-<br>cia al<br>pandeo.<br>kgs |
|--------|----------------|-------------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|--|--------------------|------------------|---------------------------------------|
| j j'   | 2,000          | "                 | $\frac{60 \times 60}{8}$               | 8,96                                | 5,44                               | 47,2   | 0,50               | 1                | "                                     |
| i i'   | "              | 2,700             | $\frac{60 \times 60}{8}$               | 8,96                                | 5,44                               | 47,2   | 0,56               | 1                | "                                     |
| h h'   | "              | 2,400             | $\frac{60 \times 60}{8}$               | 8,96                                | 5,44                               | 47,2   | 0,64               | 1                | "                                     |
| g g'   | "              | 5,140             | $\frac{65 \times 65}{8}$               | 8,50                                | 4,98                               | 67,0   | 0,74               | 1                | "                                     |
| f f'   | "              | 3,900             | $\frac{70 \times 70}{11}$              | 11,10                               | 6,26                               | 99,8   | 0,85               | 1                | 13,000                                |
| e e'   | "              | 5,400             | $\frac{65 \times 65}{8}$               | 8,50                                | 4,98                               | 54,4   | 0,77               | 1                | 7,500                                 |
| d d'   | "              | 4,000             | $\frac{60 \times 60}{8}$               | 8,96                                | 5,44                               | 47,2   | 1,10               | 1                | "                                     |
| c c'   | "              | 4,300             | $\frac{60 \times 60}{8}$               | 8,96                                | 5,44                               | 47,2   | 1,30               | 1                | 5,300                                 |
| b b'   | 200            | 4,850             | $\frac{70 \times 70}{3}$               | 9,70                                | 5,78                               | 68,5   | 1,75               | 2                | 6,600                                 |
| a a'   | "              | 23,200            | $2 \frac{90 \times 90}{11}$            | 37,20                               | 32,26                              | 444,0  | 1,65               | 4                | 30,000                                |
| l l'   | "              | 10,800            | $2 \frac{60 \times 60}{8}$             | 17,82                               | 14,30                              | 94,4   | 1,00               | 2                | 14,000                                |
| m m'   | "              | "                 | $2 \frac{60 \times 60}{6}$             | 10,60                               | 7,96                               | 74,0   | 0,72               | 0                | "                                     |
| n n'   | "              | 4,000             | $2 \frac{60 \times 60}{6}$             | 10,60                               | 7,96                               | 74,0   | 0,56               | 1                | "                                     |
| o o'   | 900            | 4,200             | $2 \frac{60 \times 60}{6}$             | 10,60                               | 7,96                               | 74,0   | 0,48               | 1                | "                                     |



Las rótulas no se han calculado, Las fórmulas corrientes darían valores excesivamente pequeños; por esto y teniendo en cuenta que estas cerchas se construirán seguramente por una casa constructora a quien corresponde el hacer y justificar los planos de taller, dejamos a su cargo el cálculo y justificación de las rótulas que componga.

Para dar al almacén mayor luz y ventilación de las que reciba por las puertas se proyecta sobre elevar la cubierta en su parte central y en una anchura de 6,00 m. dejando a cada lado una abertu-  
 ra corrida de 1,00 m. de alto. Este trozo de cubierta se proyecta como es lo corriente a dos aguas y sostenida por cerchas metálicas parhileras con tirante y pendolón, apoyadas en sus extremos sobre montantes que se cosen a su vez a los nudos correspondientes de los arcos-cerchas. Esta cubierta es también de zinc ondulado del mismo tipo que el de la cubierta general, e insistiendo en correas metálicas de 8,00 m. de longitud cuya carga total es:

|                                       |                |
|---------------------------------------|----------------|
| Sobregarca: $120 \times 8 \times 1,5$ | = 1,440 Kgs.   |
| Peso propio                           | = <u>176</u> " |
| Peso total                            | = 1,616 Kgs.   |

Corresponden viguetas I del perfil 18 .



Los pares de las cerchas sufren una flexión producida por una carga concentrada en el centro de 720 Kgs. Son viguetas I del perfil 14.

Para el tirante inferior basta un angular de  $\frac{60 \times 60}{6}$  y para pendolón un redondo de 0,8 cm. de diámetro.

Los montantes que sostienen las cerchas tienen 1,00 m. de altura y soportan una carga a compresión de

$$120 \times 8 \times 3 = 2,880 \text{ Kgs.}$$

y a flexión en caso de viento de 50 mkg, teniendo en cuenta que el empuje horizontal del viento es de 50 kgs. Para resistir estas cargas basta un angular  $\frac{60 \times 60}{6}$  cuyo momento resistente es 8,32 cm<sup>3</sup>. Este angular se coserá por sus extremos a cartelas anchas con tres roblones para asegurar la rigidez del conjunto.

Arriostramiento.- Las tres cerchas extremas se unen con tirantes en diagonal en número de doce; estos tirantes son angulares de  $\frac{60 \times 60}{6}$  cosidos directamente a las cabezas superiores de las vigas. Su resistencia es excesiva dadas las cargas que han de resistir, pero no nos ha parecido prudente disminuir su número ni sus dimensiones dadas las luces que salvan.

Fachada.- Las fachadas extremas pueden considerarse divididas en dos partes, la inferior



que es de flexión, y la superior metálica y con vidriera. La primera parte está formada por un sencillo muro de 20 cms. de espesor en ladrillo hueco para disminuir su peso y cruzado por seis vigas armadas verticales que sostienen la parte superior o armazón metálica. Este armazón está formado por viguetas verticales que apoyan por su parte superior en el arco de la última cercha e insisten por su extremo inferior en un larguero horizontal que transmite las presiones a las vigas armadas antedichas. Las viguetas verticales que son las que han de resistir el fuerte empuje del viento se unen por su extremo superior al arco mediante una junta deformable formada de pasadores con agujeros ovalados que permiten el movimiento vertical de una parte respecto de la otra, con lo que se logra que el empuje del viento se transmita al arco-cercha que está como ya se ha dicho convenientemente arriostrado para resistirlo, y que quede libre al mismo tiempo el arco para deformarse en su plano sin producir esfuerzos anormales en la armadura metálica de la fachada.

El empuje que el viento produce sobre la vidriera se transmite a las viguetas metálicas en la siguiente forma:



| Longitu de<br>la vigueta | C a r g a s            | Perfiles |
|--------------------------|------------------------|----------|
| 2,25                     | 250×2,25×1,7 = 956 Kgs | 10       |
| 3,00                     | 250×3,00×1,7 = 1275 "  | 12       |
| 3,50                     | 250×3,50×1,7 = 1487 "  | 14       |
| 4,00                     | 250×4,00×1,7 = 1700 "  | 16       |
| 4,50                     | 250×4,50×1,7 = 1912 "  | 18       |
| 4,50                     | 250×4,50×1,4 = 1575 "  | 16       |
| 1,20                     | 250×1,20×1,4 = 420 "   | 1/8      |

siendo 1,70 m. la separación de las primeras o laterales y 1,40 m. la de las últimas o centrales.

Las viguetas horizontales, que encuadran y arriostran las anteriores cerrando los cuadros o marcos en que han de encajar las vidrieras, no han sido objeto de cálculo, indicándose en el plano los perfiles que se proponen y que deberán ser comprobados cuando se proyecte el detalle de las vidrieras.

La puerta central de esta fachada es de 5,4 m. de ancho por 5,0 m. de alto; para sostener la parte de vidriera que carga sobre este hueco y cuyo peso se calcula en 3,600 kgs. o sea a 100 kg m<sup>2</sup>. se dispone una vigueta I del perfil n<sup>o</sup> 22.



El empuje horizontal del viento en esta parte de vidriera es de

$$250 \times 2,25 \times 6 = 2,375 \text{ Kgs.}$$

y el de la puerta con camino de rodadura superior:

$$250 \times 2,50 \times 6 = 3,750 \text{ Kgs.}$$

o sea en total = 6,125 Kgs; para resistirlo se dispone también sobre la puerta un perfil nº 20 con el eje principal horizontal.

La reacción horizontal que producen las viguetas verticales en su extremo horizontal derribaría el muro de fábrica si no estuviese armado, esta es la razón de las vigas armadas de que antes hablamos y cuyo cálculo es el siguiente:

Vigas armadas que bordean la puerta: Son vigas empotradas por su extremo inferior de 5,00 m. de altura y que resisten una presión horizontal continua producida por el empuje del viento sobre el muro cuyo valor es:

$$250 \times 5 \times 3,40 = 4,250 \text{ Kgs.}$$

y una carga horizontal en su extremo superior de

$$(6,125 + 1,575 + \frac{1,912}{2}) = 4,328 \text{ Kgs.}$$

el momento flector máximo en la base es de:

$$4,250 \times 2,5 + 4,328 \times 5,0 = 32,265 \text{ mkg.}$$

para resistirlos se dispone una viga armada del perfil  $\frac{600}{250}$  del Catálogo de Altos Hornos cuyo momento de resistencia es de 3,276 cm<sup>3</sup>. Como es-



te momento disminuye hacia el extremo superior en que se anula puede disminuirse también el canto de la viga en este sentido como se indica en el corte de la fachada del plano correspondiente.

Del mismo modo las vigas armadas laterales serán de 4,50 m. de altura y habrán de resistir (considerando las mas cargadas) las siguientes fuerzas.

Carga horizontal uniformemente repartida:

$$250 \times 4,5 \times 3,40 = 3,825 \text{ Kgs.}$$

Carga horizontal en su extremo:

$$\left( \frac{1,912}{2} + 1,700 + \frac{1,487}{2} \right) = 3,400 \text{ kgs.}$$

momento máximo en la base:

$$3,825 \times 2,25 + 3,400 \times 4,50 = 24,000 \text{ mkg.}$$

Corresponde un perfil análogo al anterior y tipo nº  $\frac{550}{240}$  cuyo momento resistente es de 2,570 cm<sup>3</sup>.

Cimentación.- En la hoja de cálculo gráfico se ve que la máxima reacción vertical sobre el cimiento es de 16,000 kgs. por rótula o apoyo de cercha. Como el murete inferior va armado y apoya sobre pilotes a razón de uno por metro, la carga se reparte entre ellos, pero mayor seguridad contaremos solamente con los dos contiguos a la rótula, cuya carga resultante es de :



|                     |   |                |
|---------------------|---|----------------|
| Cercha - - - - -    | = | 16,000 kgs.    |
| Rótula - - - - -    | = | 700 "          |
| Murete (1 m.l.) - - | = | <u>3,200 "</u> |
| Total               |   | 19,800 Kgs.    |

y el pilote de 20 x 20 queda trabajando a

$$\frac{19,800}{2 \times 20 \times 20} = 29,0 \text{ Kg/cm}^2.$$

La longitud de hincas de estos pilotes para resistir esta carga es pequeña y dado el caracter del terraplén del terreno es conveniente hincarlos más de lo que arroje el cálculo bajando a una profundidad de unos 8,00 m. para hincar 3 o 4 m. por bajo del terreno actual donde ya la compacidad del terreno les hará dar el rechazo absoluto.

El resto de los pilotes que solo sostiene el murete puede hincarse a menos profundidad, 4,00 m. por ejemplo, con lo que por rozamiento lateral tiene resistencia suficiente para asegurar la inmovilidad del murete.

Desagües.- El agua de las cubiertas se recogerá en dos canalones longitudinales de zinc de dm2 de sección y bajadas de fundición cada m. correspondiéndose con los arcos y de m. de diámetro. Estas bajadas atravesarán el muelle de hormigón para desaguar directamente en la dársena.

Conducciones de agua.- Para la buena limpieza del piso de estos almacenes se le dará una pendiente hacia ambos lados del 2% y se dispondrán dos bocas de riego cada 32 m. una a cada lado y junto a las rótulas de los arcos. Las tuberías de estas bocas serán de 5 cms. de diámetro y tomarán directamente de las conducciones de agua del muelle.

Pararrayos.- Para defensa del edificio se colocarán pararrayos cada 32 m. y de dos metros de varilla.

Iluminación.- Se iluminarán estos almacenes con focos de 1,000 bujías colocadas a 32 m. de separación.



A L M A C E N E S

---

## A L M A C E N E S

---

Cuando la actividad de tráfico se intensifica se necesita proceder a la ejecución de edificios de varios pisos para almacenar todas las mercancías sin ensanchar el fondo o ancho del área de almacén, lo que redundaría en un mayor recorrido, y por tanto en un encarecimiento de la manipulación.

Esta necesidad de almacenes de varios pisos se hace notar mas sensiblemente en los puertos francos donde las mercancías permanecen a veces bastante tiempo sin sufrir manipulación alguna en espera de nuevo flete o de mejor comprador, y donde se reúnen por consiguiente mayor volumen de mercancías almacenadas para una misma intensidad de tráfico.

Para el trazado de las líneas fundamentales de estos almacenes nos hemos inspirado en los proyectados para Malmö donde están dando satisfactorios resultados en una zona franca parecida en ciertas condiciones a Cadiz por estar aquella en la boca del Báltico y ésta en la del Mediterráneo. En las hojas siguientes se ven las secciones del almacén de Malmö y del que proyectamos para Cá-



diz. Hemos reducido el ancho en unos 3,00 m. para acortar el camino a las mercancías y lograr una buena distribución de luces, mejor a nuestro entender que la de malmö, pues aumentando algo las luces queda mas despejado el espacio para el movimiento de mercancías. Hemos supuestos el entre sótano de 2,50 m. de altura porque estando enrasados los muelles de Cádiz a solo 0,50 m. sobre la plea, resultaría sumamente húmedo e impropio para almacén; y en cambio preveemos que el edificio pueda elavrse un piso mas, para lo cual tiene todavía buena altura pues le alcanzarán bien los ganchos de las gruas de muelle.

Otra modificación es la de prolongarla plataforma del primer piso por encima de la primera via de carga para que pueda cargarse simultáneamente la segunda via desde los pisos superiores. Gracias a esta disposición se duplica la velocidad de carga por el lado de tierra.

Por último sustituimos la cubierta de madera por una cubierta metálica montada sobre cerchas inglesas que permite dejar completamente diáfanos los 15 m. de anchura de la nave superior.

Todo el resto del edificio se proyecta de hormigón armado por considerarse que tratándose ya de edificios de gran costo y de caracter definitivo es mas apropiado este material, siendo



además mucho mas resistente en caso de incendio de las mercancías que aloje.

La vista de la sección transversal nos exime de toda explicación; el piso superior tiene 15,00 m. de luz completamente libre, el primer piso tiene m. divididos en cuatro luces, y el inferior tiene m. distribuidos en cinco luces. Todos ellos reciben directamente la carga de las gruas del muelle que la depositan o la recogen en las plataformas de carga situadas al nivel de cada piso sin entorpecer el trabajo en los demás.

Por el lado de tierra, el piso inferior carga directamente en la vía de carga cuyos vagones quedan a nivel, el piso primero descarga por una plataforma en la segunda vía de carga por intermedio de una grua de m. de brazo y kgs. de potencia que levanta la mercancía desde el vagón y la deposita en la plataforma o viceversa. Por último, el piso alto se sirve de esta misma grua y plataforma, pero eleva o desciende sus productos hasta ella por medio de un montacargas.

Longitudinalmente el edificio tiene m. de largo divididos en tres cuerpos de m. y dos cajas de escalera de 5 m. Los muros de estas se aprovechan como cortafuegos y así cada



cuerpo queda perfectamente aislado.

Distribución de luces y estructura.- La estructura está for-

mada por pisos planos sin vigas sobre columnas con capitel y las armaduras se extienden en los pisos con cuatro direcciones cortándose sobre los apoyos. Las ventajas de este tipo de estructura para el caso que nos ocupa son indudables pues es mas económico y mas resistente al fuego que el tipo de pisos con viguetas y forjados como ha podido comprobarse en varios casos, particularmente en los Estados Unidos; ocupa menos espacio en vertical por no existir vigas que disminuyen la altura libre y por consiguiente la elevación de los materiales y el volumen de los muros es menor. En fin, se presta mejor a resistir sobrecargas desigualmente distribuidas por la uniformidad y trabazón de los elementos resistentes. Por todo esto no hemos dudado en emplear el sistema de "flot slab"; la separación de columnas oscila entre 5,30 para las luces interiores y 4,30 m. para las exteriores; gracias a esto las flexiones son sensiblemente iguales en todas las losas. Longitudinalmente todas las luces son de 5,00 m. entre ejes y los muros están a 1,00 m. de la última hilera de columnas, con lo cual se obtiene un empotramiento perfecto que hace que no aumenten las



**flexiones en las luces extremas.**

Los muros no existen lateralmente y únicamente son puertas de corredera que permiten abrir cualquier vano para facilitar las operaciones de carga y descarga.

Cálculo de los pisos. - Para el cálculo de los pisos empleamos las fórmulas y coeficientes que marca el reglamento del American Concrete Institute (1917) partiendo de la luz máxima, esto es, 5,30 m. entre ejes.

La sobrecarga de cálculo es de 1,800 kg/m<sup>2</sup>. igual que en Malmö, el espesor de los forjados 20 cm. y el diámetro máximo del capitel 1,50 m.

El peso total es por tanto:

|                           |   |                         |
|---------------------------|---|-------------------------|
| Sobrecarga - - - - -      | = | 1,800 kg/m <sup>2</sup> |
| Peso propio: 0,20 x 2,400 | = | <u>480</u> "            |
|                           |   | 2,280 Kg/m <sup>2</sup> |

o sensiblemente 2,300 Kg/m<sup>2</sup>.

Con arreglo a las normas antedichas el momento total vale:

$$0,09 \times p \times l \times (1 - \frac{2}{3} c)^2$$

siendo: p = carga total por metro cuadrado = 2,300 Kg

l = luz entre ejes = 5,30 m.

c = diámetro máximo del capitel = 1,50 m.

y este momento se distribuye en la siguiente forma:

- Sección de capitel = 50 %
- Sección central = 30 %
- Sección lateral = 20 %



Dando estas denominaciones a las secciones que se indican en el adjunto croquis.

Aplicando pues estos valores se obtiene:

Momento total:

$$0,09 \times 2,300 \times 5,30 (5,30 - 1,00)^2 = 20,000 \text{ mkg.}$$

Momento sobre la sección capitel = 10,000 "

" " " central = 6,400 "

" " " lateral = 4,000 "

Ahora bien, con la armadura distribuida como se indica en bandas de 16 redondos de 15 mm. La sección recta de acero en cada una de las secciones anteriores y el ancho de las mismas son las siguientes:

Sección capitel =  $(1 + 2 \quad 2) 16 \phi 15 = 62 \text{ cm}^2$  y  
 340 cm. de ancho.

" central =  $(2 \quad 2) 16 \phi 15 = 36 \text{ cm}^2$  y  
 310 cm de ancho.

" lateral =  $16 \phi 15 = 26 \text{ cm}^2$  y 215  
 cm. de ancho.

Con estos datos hacemos a continuación la comprobación a flexión de las tres secciones:

#### Sección capitel

Momento flector = 10,000 mkg.

Ancho = 340 cms. "

Armadura = 68 cm<sup>2</sup>.

Canto total = 20 cms.

Canto util = 17 cms.

Profundidad de la fibra neutra:

$$\frac{340}{2} f^2 + 15 \times 68 (17 - f) = 0 \quad " \quad f = 6,0 \text{ cm}$$

Momento de inercia:

$$I = \frac{340}{3} 6^3 + 15 \times 68 \times 11^2 = 147,000 \text{ cm}^4$$

Cargas máximas del hormigón y el acero:

$$H = \frac{1,000,000 \times 6}{147,000} = 41 \text{ kg/cm}^2.$$

$$A = 15 \frac{10,000 \times 11}{147,000} = 11,3 \text{ Kg/mm}^2.$$

Sección central.-

Momento flector = 6,400 mkg.

Ancho = 310 cm.

Armadura = 40 cm<sup>2</sup>.

Canto total = 20 cm.

Canto util = 18 cms.

Profundidad de la fibra neutra:

$$\frac{310}{2} f^2 + 15 \times 40 (18 - f) = 0 \quad " \quad f = 6 \text{ cm.}$$

Momento de inercia:

$$I = \frac{310}{3} 6^3 + 15 \times 40 \times 12^2 = 108,000 \text{ cm}^4$$

Cargas máximas:

$$H = \frac{640,000 \times 6}{108,000} = 35,5 \text{ kg/cm}^2.$$

$$A = 15 \frac{6,400 \times 12}{108,000} = 10,6 \text{ KG/mm}^2.$$



Sección lateral.-

Momento flector = 4,000 mkg.

Ancho = 215 cms.

Armadura = 28 cm<sup>2</sup>.

Canto total = 20 cm.

Canto util " 18 cm.

Profundidad de la fibra neutra:

$$\frac{215}{2} f^2 + 15 \times 28 (18 - f) = f = 8 \text{ cm.}$$

Momento de inercia:

$$I = \frac{215}{3} 8^3 + 15 \times 28 \times 10^2 = 78,500 \text{ cm}^4$$

Cargas máximas:

$$H = \frac{400,000 \times 8}{78,500} = 41 \text{ kg/cm}^2.$$

$$A = 15 \frac{4,000 \times 10}{78,500} = 7,6 \text{ kg/mm}^2.$$

En las losas extremas por falta de continuidad en los momentos negativos recomienda el American Concrete Institute que se cuente con un aumento en los momentos del 40 %, pero como hemos reducido la luz a 4,30 m. resulta :

$$1,40 \times 0,09 \times 2,300 \times 4,30 (4,30 - 1,00)^2 = 13,500 \text{ mkg}$$

sensiblemente menor que el hallado anteriormente; por consiguiente como conservamos las mismas armaduras para mantener la continuidad no necesitamos hacer nueva comprobación.

Comprobación al esfuerzo cortante. - La sección mas peligrosa que es la extrema de capitel sufre una carga de :  
 $2,300 \times (5,0 \times 5,30 - \frac{\times 1,90^2}{4}) = 54,000 \text{ Kg.}$   
y tiene un desarrollo de 6,00 m.

Por tanto la carga unitaria en el hormigón es de

$$\frac{54,000}{600 \times 20} = 4,5 \text{ kg/cm}^2.$$

Por razones de buena construcción proyectamos todos los pilares iguales de forma octogonal con 25 cm de apotema y armados con 8 redondos de 25 mm. Para el cálculo consideraremos solamente como área resistente la del círculo inscrito. En esta forma su sección total resistente, contando con una razón entre los coeficientes de elasticidad de 15, es de:

$$\frac{\times 50^2}{4} + 15 \times 40 = 2.450 \text{ cm}^2.$$

Su momento de inercia, vale:

$$I = \frac{\times 50^4}{64} + \frac{\times 50^4}{64} ( \frac{44^4}{64} - \frac{43,75^4}{64} ) = 406,000 \text{ cm}^4$$

contando con la tracción de hormigón porque como vamos a ver los pilares no sufren tracciones o las sufren pequeñas por ser mas importante la compresión axial que la flexión.



Las compresiones que sufren estos pilares  
 son las siguientes:

|  |                         |   |                     |
|--|-------------------------|---|---------------------|
|  | ( Cercha de cubierta    | = | 4,500 Kgs.          |
| Pilar superior exterior                        | ( Viga de hormigón:     |   |                     |
|  | ( 5,00x0,3x0,4x2,400    | = | 1,400 "             |
|  | ( Pilar: 4,00x0,22x     |   |                     |
|  | ( 2,400                 | = | <u>2,100 "</u>      |
|  |                         |   | 8,000 Kgs.          |
| Pilar medio exterior.                          | ( Pilar superior - -    | = | 8,000 Kgs.          |
|  | ( Piso: 2,300x2,50x5,30 |   | 30,500 "            |
|  | ( Capitel: 04x2,400     | = | 900 "               |
|  | ( Peso propio - - - -   | = | <u>2,100 "</u>      |
|  |                         |   | 41,500 Kgs.         |
| Pilar inferior exterior                        | ( Piso: 2,300x3,50x5,30 |   | 43,000 Kgs.         |
|  | ( Capitel - - - - -     | = | 900 "               |
|  | ( Peso propio - - - -   | = | <u>2,100 "</u>      |
|  |                         |   | 46,000 Kgs.         |
| Cimiento exterior                              | ( Pilar inferior - -    | = | 46,000 Kgs.         |
|  | ( Zapata = 3,3x2,400    | = | <u>8,000 "</u>      |
|  |                         |   | 54,000 Kgs.         |
| Pilar medio interior                           | ( Piso: 2,300x5,00x5,30 |   | 61,000 Kgs.         |
|  | ( Capitel - - - - -     | = | 900 "               |
|  | ( Peso propio - - - -   | = | <u>2,100 "</u>      |
|  |                         |   | 64,000 Kgs.         |
| Pilar inferior interior (con peso de cubierta) | ( Pilar superior - - -  | = | 8,000 Kgs.          |
|  | ( Pilar medio - - - -   | = | 64,000 "            |
|  | ( Piso - - - - -        | = | 61,000 "            |
|  | ( Capitel - - - - -     | = | 900 "               |
|  | ( Peso propio - - - -   | = | <u>2,100 "</u>      |
|  |                         |   | <u>136,000 Kgs.</u> |



|   |  |
|---|--|
|   | ( Pilar medio - - - - - = 64,000 kgs.    |
|   | ( Piso - - - - - = 61,000 "              |
|   | ( Capitel - - - - - = 900 "              |
| Pilar inferior interior (sin apoyo de cubierta) | ( Peso propio - - - - - = <u>2,100</u> " |
|   | 128,000 Kgs.                             |

Las flexiones son algo mas pesadas de hallar por tratarse de una estructura hiperestática, pero el problema se puede simplificar mucho Para ello emplearemos el método de las masas elásticas siguiendo los desarrollos de Mancy y de Hool (1).

Como los principios del método son conocidos de todos, y el desarrollo del mismo sería la copia de los trabajos de dichos autores no haremos mas que aplicar las fórmulas obtenidas, pero si conviene que advirtamos de antemano las simplificaciones particularmente adoptadas en cada caso.

Los pilares superiores no sufren flexión alguna importante porque las cerchas cargan axialmente sobre ellos y los empujes del viento se transmiten por los arriostramientos de esta cubierta a los piñones y muros contafuegos.

Todos los pilares exteriores, tanto los medios

(1) Mancy - Secondary Stresses and other problems in rigid building Francés - University of Minnesota - Boletin nº 1.  
Hool and Johnson - Concrete Engineers' Handbook - 1918.



como los inferiores, van semiarticulados a raíz de capitel, precisamente para cortar las flexiones que el piso pudiera transmitirles y que resistirían con dificultad.

De los pilares interiores hemos de distinguir los medios de los inferiores, no solo por la diferencia de su carga axial, sino también porque los primeros no tienen sobre pilar y los segundos si.

Para los primeros, como se trata de buscar las máximas flexiones hacemos la hipótesis algo desfavorable de que el piso está articulado sobre los pilares contiguos, cosa que en realidad sucede por un lado en las luces inmediatas a los extremos.

En cuanto a los pilares los supondremos semiempotrados abajo. Como demuestra Hool en sus gráficos la diferencia entre considerar estos extremos articulados o empotrados es pequeña para el fin que buscamos, y considerando un caso intermedio muy parecido a la realidad tendremos grandes garantías de acierto.

En estas condiciones los máximos momentos flectores en el piso y en la columna vienen dados por la expresiones siguientes:

$$M_p = - \frac{F}{l} \frac{6 k_0 + 3 k_1 + 6 k_3}{6 k_0 + 5 k_1 + 6 k_3}$$

$$M_c = \frac{F}{1} \frac{6 k_0}{6 k_0 + 5 k_1 + 6 k_3}$$

en las que : F es un factor de carga que en el caso de sobrecarga uniformemente repartida vale:  $F = \frac{p l^2}{12}$ , y  $k_0$ ,  $k_1$  y  $k_3$  son las masas elásticas o razones de los momentos de inercia a las longitudes respectivas. Es decir:

$$k_0 = \frac{406,000}{4,5} = 9$$

$$k_1 = \frac{160,000}{5,3} = 3$$

$$k_3 = 0$$

$$F = \frac{1,800 \times 5,3^2}{12} = 3,500$$

Y aplicando estos valores se obtiene:

$$M_p = 3,200 \text{ mkg. y } M_c = 2,800 \text{ mkg.}$$

Para los pilares interiores inferiores consideraremos también el piso articulado sobre los pilares contiguos, y los pilares semiempotrados por arriba y rígidamente empotrados por abajo sobre la zapata de cimentación. Las fórmulas se convierten entonces :

$$M_p = - \frac{F}{1} \frac{4 k_0 + 3 k_1 + 6 k_3}{4 k_0 + 5 k_1 + 6 k_3}$$

$$M_c = \frac{F}{1} \frac{6 k_3}{4 k_0 + 5 k_1 + 6 k_3}$$



con los siguientes valores:

$$K_0 = 9 \quad " \quad K_1 = 3 \quad " \quad K_2 = 9 \quad " \quad F = 3,500$$

por tanto

$$M_p = 3,800 \text{ mkg.} \quad M_c = 2,200 \text{ mkg.}$$

Vemos por una parte que los momentos en el piso son mucho menores que los tenidos en cuenta para el caso de piso cargado, y que por consiguiente nada hemos de añadir al estudio de este hecho con arreglo a las ordenanzas del American Concrete Institute. Por otra parte tenemos los momentos flectores máximos de 2,800 mkg. en los pilares medios y 2,200 mkg en los inferiores. Las cargas axiales que sufren estos pilares son como hemos visto: 64,000 kg. y 128,000 kg a toda carga, pero como las flexiones máximas se producen a media carga, es decir, cuando está cargada una luz sí y otra no, las cargas axiales a combinar son las siguientes:

|                |  |   |               |
|----------------|--|---|---------------|
|                | (Piso: $500 \times 5,0 \times 5,30$ )    | = | 13,200        |
| Pilar medio    | (Sobrecarga:                             |   |               |
|                | $1,800 \times \frac{5,0 \times 5,30}{2}$ | = | 23,800        |
|                | (Capitel - - - - -)                      | = | 900           |
|                |  |   | <u>37,900</u> |
|                | (Pilar medio (con                        |   |               |
|                | (peso propio)                            | = | 40,000        |
| Pilar inferior | (Piso - - - - -)                         | = | 13,200        |
|                | (Sobrecarga - - - - -)                   | = | 23,800        |
|                | (Capitel - - - - -)                      | = | 900           |
|                |  |   |               |



Las cargas unitarias resultantes máximas son las siguientes:

Pilar medio:

$$\frac{38,000}{2,450} + \frac{280,000 \times 25}{406,000} = 15,6 + 17,3 = 32,9 \text{ Kg/cm}^2.$$

Pilar inferior:

$$\frac{78,000}{2,450} + \frac{220,000 \times 25}{406,000} = 32 + 13,6 = 45,6 \text{ kg/cm}^2.$$

Vemos que no existen tracciones en el pilar o que alcanzan solamente un valor de  $17,3 - 15,6 = 1,7 \text{ kg/cm}^2$ , sobradamente bajos para poder admitirse sin temor.

#### Vigas de gruas.-

Sobre las últimas filas de pilares, tanto por el lado del muelle como por el lado de tierra, corren vigas de apoyo para las vías de las gruas. Teóricamente estas vigas no serían necesarias porque las cargas de las gruas son análogas a las del piso y no tienen lugar simultáneamente con ellas, pero se colocan para aumentar la rigidez del sistema con una armadura suficiente para aumentar el módulo resistente de la banda.

#### Cálculo de las escaleras.-

Cada nave de 32 m. de longitud puede formar un conjunto monolítico sin junta de dilatación ninguna, pero no es prudente pasar de este límite y unir rígidamente unas naves con otras. Por este



motivo colocamos la caja de escaleras libre o unida a las naves con juntas de dilatación.

Las losas del piso de este espacio apoyan sobre las ménsulas que forman los pisos de las naves volando por fuera de los muros; y las escaleras forman losas apoyadas sobre pilares independientes.

Las losas de piso trabajan por tanto como apoyadas en dos bordes con una luz de 5,00 m. Como su espesor es de 20 cms. la larga total es la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Sobrecarga} &= 500 \text{ Kgs/m.l.} \\ \text{Peso propio} &= \underline{500} \text{ "} \\ &1,000 \text{ Kgs/m.l.} \end{aligned}$$

y la comprobación de la losa se hace a continuación teniendo en cuenta que la armadura es doble y con una inclinación de 30°.

$$\text{Momento flector} = \frac{1,000 \times 5,00^2}{8} = 3,130$$

mtg.

Ancho = 100 cm.

Armadura : (16 Ø 15) cos 30° = 24,5 cm<sup>2</sup>.

Canto util = 18 cms.

Profundidad de la fibra neutra :

$$\frac{100}{2} f^2 + 15 \times 24,5 (18 - f) = 0 \text{ " } f = 8,4 \text{ cm,}$$

Momento de inercia :

$$I = \frac{100}{3} \times 8,4^3 + 15 \times 24,2 \times 9,6^2 = 53,000 \text{ cm}^4$$

Cargas máximas del hormigón y el acero:

$$H = \frac{313,000 \times 8,4}{53,000} = 49 \text{ kg/cm}^2.$$

$$A = 15 \frac{3,130 \times 9,6}{53,000} = 8,6 \text{ kg/mm}^2.$$

Las escaleras calculadas del mismo modo arrojan los resultados siguientes:

$$\text{Luz horizontal} = 4,30 \text{ m.}$$

$$\text{Carga total} = 1,200 \text{ kgs.}$$

$$\text{Momento flector: } \frac{1,200 \times 4,3^2}{10} = 2,230 \text{ mkg.}$$

$$\text{Ancho} = 100 \text{ cm.}$$

$$\text{Canto útil} = 18 \text{ cms.}$$

$$\text{Armadura: } 8 \phi 15 = 14,2 \text{ cm}^2.$$

Profundidad de la fibra neutra:

$$\frac{100}{2} f^2 + 15 \times 14,2 (18 - f) = f = 7 \text{ cm.}$$

Momento de inercia:

$$I = \frac{100}{3} 7^3 + 15 \times 14,2 \times 11^2 = 37,200 \text{ cm}^4$$

Cargas máximas:

$$H = \frac{223,000 \times 7}{37,200} = 42 \text{ kg/cm}^2.$$

$$A = 15 \frac{2,230 \times 11}{37,200} = 10 \text{ kg/mm}^2.$$

La armadura de repartición es una tercera parte de la de trabajo sensiblemente.

El apoyo de los tramos de escalera sobre los pilares se hace por medio de vigas embutidas en el mismo forjado, es decir, de igual espesor que él,



e individualizadas únicamente por la armadura simétrica formada por 6 redondos de 25 mm. Facilmente se comprende que la resistencia de estas vigas es sobrada porque la luz es solamente de 2,50 m. y la carga:

$$1,200 \times 2,50 \times \left( \frac{4,30}{2} + \frac{1,50}{2} \right) = 8,700 \text{ kgs.}$$

y el momento flector

$$\frac{8,700 \times 2,5}{10} = 2,170 \text{ mkg}$$

por lo tanto la tensión en la armadura es aproximadamente

$$\frac{217,000}{7/8 \times 18} = 13,800 \text{ kg.}$$

y la carga unitaria : 9,3 kg/mm<sup>2</sup>.

Los pilares sufren en el piso bajo una carga de 17,400 kg y como su sección es de 30 x 30 cm con 4  $\phi$  25 la carga unitaria es de  $\frac{17,400}{30 \times 30 + 15 \times 20} = 19,4 \text{ kg/cm}^2$  solamente, no habiendo lugar a considerar flexiones en ellos.

Cercha de cubierta.- La cubierta de los almacenes se proyecta chapa de zinc sobre tabla para disminuir algo su conductibilidad al calor. Las cerchas que la sostienen son de 15 m. de luz tipo inglés y con separación de 5,00 m. entre ellas, con siete montantes o sea con una separación entre nudos de 1,875 m. Con una sobrecarga

de cálculo de 120 kgs/m<sup>2</sup>. y un peso propio de cálculo de 700 kgs. se obtienen los valores siguientes:

Las fórmulas empleadas son:

$$C_m = \frac{9 l}{4 h \cos} \quad \acute{m}$$

$$a_m = \frac{9 l}{4 h} \quad \acute{m} - 1$$

$$D_m = \frac{9 l}{4 h} \quad d_m$$

$$V_m = \frac{9}{2} \quad m - 1$$

| Barras | Tensión<br>kgs | Compresión<br>kgs | Sección<br>práctica<br>cm <sup>2</sup> . | Sección<br>total<br>cm <sup>2</sup> . | Sección<br>neta<br>cm <sup>2</sup> . | Momento<br>de<br>inercia<br>cm <sup>4</sup> . | No de<br>roblo<br>nes. | Lon<br>gi-<br>tud<br>m. | Resisten<br>cia al<br>pandeo.<br>kgs. |
|--------|----------------|-------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------------|---|------------------------|-------------------------|---------------------------------------|
| a b    | 13,776         | "                 | 2 $\frac{65 \times 65}{7}$               | 17,22                                 | 14,42                                | 108,8   | 3                      | 1,87                    | "                                     |
| b c    | 13,776         | "                 | "  | "                                     | "                                    | "   | 3                      | "                       | "                                     |
| c d    | 11,800         | "                 | "  | "                                     | "                                    | "   | 3                      | "                       | "                                     |
| d e    | 9,830          | "                 | "  | "                                     | "                                    | "   | 3                      | "                       | "                                     |
| e f    | "              | 14,120            | 2 $\frac{70 \times 70}{9}$               | 23,60                                 | 20,00                                | 169,6   | 3                      | 1,95                    | 15,000                                |
| f g    | "              | 12,100            | "  | "                                     | "                                    | "   | 3                      | "                       | "                                     |
| g h    | "              | 10,080            | 2 $\frac{65 \times 65}{7}$               | 17,22                                 | 14,42                                | 108,8   | 3                      | "                       | 10,700                                |
| h i    | "              | 8,070             | "  | "                                     | "                                    | "   | 3                      | "                       | "                                     |
| b f    | "              | "                 | $\frac{55 \times 55}{6}$                 | 6,24                                  | 5,04                                 | 28,2  | 2                      | 0,62                    | "                                     |
| i g    | 660            | "                 | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 1,25                    | "                                     |
| d h    | 1,316          | "                 | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 1,88                    | "                                     |
| i e    | 2,630          | "                 | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 2,50                    | "                                     |
| f c    | "              | 2,060             | $\frac{60 \times 60}{6}$                 | 6,84                                  | 5,64                                 | 37,0  | 2                      | 1,96                    | "                                     |
| g d    | "              | 2,360             | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 2,25                    | 3,500                                 |
| h c    | "              | "                 | "  | 8,96                                  | 7,76                                 | 47,2  | 2                      | 2,68                    | 3,800                                 |
|        |                | 2,815             | 60x60                                    |                                       |                                      |   |                        |                         |                                       |



Los largueros que unen las cerchas tienen 5,00 m. de longitud y resisten la carga siguiente:

|             |                           |             |
|-------------|---------------------------|-------------|
| Sobrecarga: | $120 \times 5 \times 6 =$ | 900 kgs.    |
| Peso propio | - - - - - =               | <u>70</u> " |
|             | Carga total               | 970 Kgs.    |

Son viguetas I perfil nº 14.

Muros.- Los muros son todos ellos de 30 cms. de espesor y de hormigón. No há lugar a hacer en ellos cálculo ninguno porque van arriostrados con la estructura por paños y cada uno de ellos resiste únicamente sus propio peso.

Cimentación del edificio.- Ya vimos que los pilares interiores daban reacciones sobre el cimiento de 128 a 136 tn y reparten su carga entre cuatro pilotes de 30 x 30 armados con redondos de 25 mm. dando una carga unitaria de

$$\frac{136,000}{4 (30 \times 30 + 15 \times 20)} = 38 \text{ kg/cm}^2.$$

Los pilares exteriores resiten una carga de 53 tn, mas la debida a las gruas y sus esfuerzos dinámicos. Contando con 60 tn, la carga unitaria de los tres pilotes de 30x 30 armados con redondos de 15 es:

$$\frac{60,000}{3 (30 \times 30 + 15 \times 7)} = 20 \text{ kg/cm}^2$$

El murete que contiene el terraplén necesario para colocar la planta baja a la altura del vagón también sobre pilotes de 20 x 20 para darle estabilidad pero no necesita cálculo ninguno, no necesitan tampoco hincarse hasta el firme como los otros; por eso cubicamos estos con 5,00 m. de longitud solamente y los otros con 12,00 m.

Los pilares de escalera apoyan sobre tres pilotes de 20 x 20 y no necesitan comprobación porque la carga es muy pequeña.

Solera inferior.- La solera del piso bajo apoya directamente sobre el terraplén y es completamente independiente de los pilares que la atraviesan para no sobrecargarlos ni sufrir asientos desiguales. Pero como el terreno no es firme la armamos con bandas análogas a las de los pisos, pero de seis redondos solamente en vez de diez y seis, para darles resistencia ante las desigualdades de carga.



EDUARDO TORROJA  
OFICINA TÉCNICA DE INGENIERÍA  
Sección de Proyectos

---

CÁMARAS FRIGORÍFICAS

## CÁMARAS FRIGORÍFICAS

---

La instalación frigorífica se destina a refrigerar una de las tres naves que comprende el almacén. La instalación comprende la maquinaria destinada a refrigerar hasta una temperatura mínima de  $- 8^{\circ}\text{C}$ , pudiendo desde luego obtenerse la temperatura que convenga en cada una de ellas hasta por encima de  $+ 10^{\circ}\text{C}$ . Los locales a refrigerar son los siguientes:

- 3 Cámaras para la conservación de carne congelada sumando en total una superficie de  $700 \text{ m}^2$ , y una altura de  $4,00$  metros.
- 1 Cámara para la conservación de pescado de  $270 \text{ m}^2$  de superficie y una altura igual a la anterior.
- 1 Cámara para conservación de huevos u otra clase de alimentos en general de  $270 \text{ m}^2$  de superficie del suelo e igual altura.
- 8 Antecámaras para el servicio de entrada y salida de las respectivas cámaras.
- 1 Antecámara general de entrada para carga y descarga de vagones.

La entrada diaria de carne congelada en las tres cámaras se supone de aproximadamente  $10,000$  kgs; siendo la capacidad de las mismas de  $450$  toneladas.

La capacidad de la cámara para pescado se supone de  $80,000$  kgs. variando su entrada según las



fluctuaciones de la pesca.

La cámara destinada a productos en general se ha supuesto que conservará principalmente huevos, siendo su capacidad de 3,000 cajas con una carga de unos 270,000 kgs.

Las cámaras y antecámaras estarán perfectamente aisladas en todas sus paredes, techos y suelos, con planchas de corcho de primera calidad. A este efecto la instalación producirá unas  $2 \times 80,000$  frig/hora a una temperatura de evaporación del amoniaco de  $-15^{\circ}\text{C}$  y a una temperatura de liquefacción del amoniaco de  $+35^{\circ}\text{C}$ .

La fuerza absorbida por los compresores y por los ventiladores destinados a la circulación del aire es de 130 HP incluídas las pérdidas de transmisión.

El consumo de agua para el condensador de cascada única subirá a 60 m<sup>3</sup>. hora; fijando la duración diaria de trabajo en 16 horas.

La instalación estará preparada a base del suministro que a continuación se relaciona:

Dos compresores de amoniaco de alto rendimiento, dispuestos para marcha en recalentado y accionamiento por correa desde motores eléctricos con dos tensores de correa.

Un condensador de cascada única permitiendo la condensación del amoniaco a la temperatu-

ra mínima del agua de condensación y en consecuencia el ahorro de corriente por trabajar el compresor a presión mínima.

Dos bombas centrífugas para circulación del agua de refrigeración.

Un frigorífero para refrigeración del aire de las cámaras de carne.

Un frigorífero para refrigeración del aire de las cámaras de pescado.

Los frigoríferos de estas cámaras se proveen por medio de expansión directa del amoníaco, y la circulación del aire de las cámaras estará asegurada por ventiladores de baja presión, cada uno accionado por un motor eléctrico.

La tubería de amoníaco asegurando la unión de los citados aparatos se proyecta por el sistema de circuito de amoníaco recalentado.



EDUARDO TORROJA  
OFICINA TÉCNICA DE INGENIERÍA  
Sección de Proyectos  
—

INSTALACIÓN DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS

INSTALACIÓN DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS

La importancia cada día creciente que han ido tomando los combustibles, el haberse convertido en elemento propulsor de muchos barcos, el carácter especial de sus instalaciones y el peligro mismo de incendio que siempre llevan consigo, son razones que obligan a nuestro entender a disponer desde el primer momento una instalación especial para estos materiales.

El emplazamiento de esta instalación ha de ser un lugar separado del resto del puerto y rodeado de un amplio paseo para evitar el peligro de incendio. Por eso y teniendo más que nada en cuenta la forma de alijo de los barcos petroleros hemos escogido para emplazar esta instalación el rincón comprendido entre el muelle Norte y el de Ribera, porque allí es donde sería más enojoso el atraque en un día de Levante fuerte por converger contra el oleaje de ambos muelles. Como los petroleros no deben atracar nunca al muelle sino amarrar a duques de Alba preparados al efecto, pueden hacerlo dando proa al Levante con lo cual la molestia del moleaje es muchísimo menor.

Como resultado de esto, no es necesario que el muelle tenga gran calado a ras del muro



puesto que no ha de haber atraque, y así disponemos un muro pequeño y un fondo de dársena inclinado para ganar con pendientes estables los 10 m. de calado en el lugar de fondeo de las embarcaciones.

Los amarraderos de los cargos son duques de Alba situados en dos líneas, a 40 m. del muelle la primera, y a 18 m. la segunda y alineados por parejas en la dirección del Levante de modo que pueda amarrarse a uno y otro lado. Así con cuatro pares de duques de Alba espaciados a 80 m. pueden fondear ocho barcos simultáneamente por grandes que sean, tanto en eslora como en manga y calado, y aun podría contra ellos amadrinarse otros cinco.

Cada duque de Alba está formado por doce pilotes colocados en exágono, seis verticales y seis inclinados a modo de tornapuntas y fuertemente encepados por encima de la baja mar y en sus cabezas. Todos los pilotes son de 30 x 30 cm. de escuadría y armados con barras de 25 mm. y el macizo de cabeza sobrelleva dos bolardos de amarre. Los pilotes van defendidos con defensas o sobrepilotes de madera que apoyan solamente en los puntos rígidos de la cabeza y del arriostramiento, alejando así el peligro de rotura de los pilotes por flexión bajo el empuje de un barco.



Toda la zona petrolera, que es de forma triangular, va rodeada por un paseo de 40 m. de anchura y dispone a lo largo de uno de los lados de tierra de cuatro vías utilizables como pequeña estación de clasificación para formar en ella los trenes de salida.

Por el lado del muelle se dispone la zona de depósitos de la Administración y en el interior queda un amplio solar de m<sup>2</sup> para instalación de refinerías y demás industrias petrolíferas. Toda la zona va rodeada por tuberías de agua de 20 cm. con amplias bocas de incendio.

La zona de depósitos se reduce a los siguientes elementos: Depósitos semi-enterrados de 1,500 m<sup>3</sup>. cada uno, depósitos elevados para la carga de los vagones y barcos petroleros cuyos tanques suelen llegar bastante por encima de la línea de agua, y las tuberías bombas y llaves necesarias para el paso del fluido. La prolongación de estas tuberías hasta las embarcaciones se hace por medio de mangas flexibles apoyadas sobre flotadores preparados al efecto.

Los depósitos de 1,500 m<sup>3</sup>. cada uno se agrupan en grupos de cinco con un depósito elevado de 100 m<sup>3</sup> y un grupo motorabomba; la tubería que entra normalmente al muelle se ramifi-



ca para llegar a los cinco depósitos y al de carga por intermedio de las bombas de elevación. Además se disponen tuberías de comunicación entre unos grupos y otros, y otra a lo largo de todos ellos por el lado de tierra con comunicación a cada grupo para el servicio de la zona industrial interior.

Las tuberías son de hormigón armado y van en cunetas o canales de hormigón con losas de tapa para poder revisarse en todos sus puntos y notar cualquier fuga que se presente.

Las bombas se calculan para un caudal de 100 l/s con el máximo desnivel, es decir, unos 12 m.; así resulta una potencia de

$$\frac{100 \times 12}{75} = 16 \text{ HP}$$

que vienen a representar unos 20 HP en el motor.

Para mayor seguridad de funcionamiento se disponen dos grupos motobombas de 10 KP con motor eléctrico separado para evitar el peligro de incendio; y cada dos grupos pueden acoplarse a un depósito elevado o directamente a las tuberías de embarque.

Los depósitos se proyectan de 1,500 m3. por comparación con otras instalaciones analogas y por prestarse todavía bien a la forma de cuba cilíndrica con cubierta esférica apoyada en el



contorno, disposición que presenta indudables ventajas económicas para la construcción y la explotación.

La disposición de fondo cóncavo y pared lateral troncocónica es una particularidad propia en la que hemos encontrado siempre apreciables ventajas. Con ella se logra disminuir la altura y por consiguiente la importancia de la pared a igualdad de cubicación, se reparten mejor las presiones sobre el suelo, y se disminuye el diámetro de la cubierta logrando mayor rigidez en el anillo superior donde interesa obtenerla para regularizar las flexiones secundarias de la pared. También la proporción de altura y diámetro ha sido objeto de estudio para lograr la máxima economía, pero mejor que extendernos en este género de explicaciones preferimos entrar en el cálculo con el cual pueden apreciarse concretamente. Solo diremos antes que para corregir cualquier filtración y aislar mejor la cuba se dispone doble pared en toda la parte enterrada, y en la parte inferior se coloca un tubo de drenaje. Contra lo que suele hacerse disponemos la pared delgada de aislamiento por la parte exterior y dejamos la pared de trabajo en el interior por ser la que mejores condiciones de resistencia e



impermeabilidad reune.

Contando con que en los terraplenes el agua se mantendrá normalmente al nivel de la media marea colocamos sobre ésta el fondo y dejamos por tanto sobre el nivel del muelle una altura de depósito de m.

Cálculo de la pared.- Cada anillo horizontal de la pared resiste la presión hidrostática correspondiente, pero por efecto de la fijeza de la zapata interior se modifica este régimen de cargas. Si la sección de las armaduras circulares es proporcional a la carga hidrostática, la elástica tendrá una forma análoga a la que dibujamos en el croquis adjunto, y la ley de empujes representada por el área (A B C) se descompone en dos: una (A B C) resistida por los anillos y otra (A B C) que ha de ser resistida por armaduras verticales por tratarse de una flexión de eje horizontal que se transmite a la zapata, Asimilando la curva (A D) a una recta nos quedamos del lado de la seguri-

dad para esta flexión y podemos deducir fácilmente la altura del punto (D) igualando las deformaciones debidas a la dilatación de los anillos como tales, y a su dilatación como pieza sometida a flexión y empotrada en la base.

Los anillos trabajan a una carga pequeña porque dado el espesor de la pared, necesario para obtener una buena impermeabilidad, la carga a tracción del hormigón es pequeña y por tanto debe contarse con ella.

Por el contrario la flexión produce cargas de tracción grandes que no puede resistir la fábrica, sin que esto reporte perjuicio puesto que siempre hay otra zona de la sección comprimida y con espesor suficiente para asegurar la impermeabilidad. Según esto los datos que necesitamos son los siguientes:

Altura de la pared:  $A = 4,00 \text{ m.}$

Radio (en el punto D):  $R = 8,50 \text{ m.}$

Armadura en anillos =  $3 \text{ } \phi \text{ } 20 \text{ p. m.l.} =$   
 $= 10 \text{ cm}^2.$

Armadura de tensión en el arranque de la zapata =  $6 \text{ } \phi \text{ } 20 = \text{cm}^2.$

Coefficiente de elasticidad del hormigón:  
 $E = 200,000 \text{ Kg/cm}^2.$

Coefficiente de elasticidad del acero =  
 $\rightarrow 2,100,000 \text{ Kg/cm}^2.$

Razón de coeficientes =  $10,5$



Sección resistente de los anillos:

$$S = 20 \times 100 + 10,5 \times 10 = 2,100 \text{ cm}^2/\text{m.l.}$$

Profundidad de la fibra neutra en la sección arranque de la zapata:

$$\frac{100}{2} f^2 + 10,5 \times 20 (27 - f) = 0 \Rightarrow f = 8,7 \text{ cm}$$

Momento de inercia de la misma:

$$I = \frac{100}{3} 8,7^3 + 10,5 \times 20 \times 18,3^2 = 92,000 \text{ cm}^4.$$

Ahora bien, llamando H la altura del punto D sobre la zapata, la dilatación radial del mismo vendrá dada por la fórmula.

$$\frac{(A - H) R^2}{S E}$$

siendo \_\_\_\_\_ la densidad del líquido que tomaremos igual a la unidad.

Llamando M al momento flector en el arranque de la zapata y m' el momento en el punto (D) tenemos para determinarlos las ecuaciones siguientes:

$$m = \frac{M^3}{6,000} - m'$$

siendo 1,000 kgs. el peso del metro cúbico

$$y \quad \int_0^H \frac{M}{E I} dh = 0$$

Eliminado M e integrando queda:

$$\frac{H^4}{24,000} = m' H$$

y por tanto:

$$M' = \frac{H^3}{24,000} \quad " \quad M = \frac{H^3}{8,000}$$

La deformación o corrimiento horizontal de (D) será:

$$\begin{aligned} &= \frac{H}{R} \frac{M}{I} h d h = - \frac{1}{E I} H \left( M' - \frac{h^3}{6,000} \right) h d h = \\ &= \frac{H^5}{13,333 \times E I} \end{aligned}$$

e igualando esta deformación con la obtenida anteriormente para los anillos queda la ecuación:

$$\frac{H^5}{13,333 E I} = \frac{(A - H) R^2}{S E}$$

y substituyendo valores:

$$\frac{H^5}{13,333 \times 92,000} = \frac{(400 - H) 850^2}{21}$$

de donde:

$$H = 320 \text{ cm.}$$

$$M = \frac{320^3}{8,000} = 4,100 \text{ kg.}$$

$$M' = \frac{320^3}{24,000} = 1,400 \text{ kg.}$$

Las cargas máximas en el arranque de la zapata son por tanto :

$$H = \frac{410,000 \times 8,7}{92,000} = 38,5 \text{ Kg/ cm}^2.$$

$$A = 15 \frac{4,100 \times 18,3}{92,000} = 12 \text{ kg/cm}^2.$$

La sección (D) trabaja mucho menos y no necesita comprobación.



El esfuerzo cortante máximo se produce en la parte inferior, donde da una carga de:

$$\frac{1,000 \times 3,20^2}{2} = 5,100 \text{ Kg.}$$

y una reacción unitaria en el hormigón de:

$$\frac{5,100}{3,000} = 1,4 \text{ Kg/cm}^2.$$

Cálculo de la cubierta.- Para no perjudicar la pared lateral ni sobrecargarla con esfuerzo inútiles, proponemos construir la cubierta independiente, es decir, dejando una junta de dilatación entre ambos elementos de modo que la cubierta no dé reacciones horizontales sobre la pared. En estas condiciones todo el empuje ha de ser resistido por un anillo de contorno.

Como vamos a ver las cargas son pequeñas dados los espesores que hay que dar por razones constructivas, y por tanto no necesitamos afinar inutilmente el cálculo y bastará aplicar la teoría de membranas rígidas.

El peso de la cubierta es como medio de 300 kg/m<sup>2</sup>.

Como la inclinación de la tangente en el anillo con la vertical es de 30°, el empuje horizontal en el sentido del radio vale:

$$\frac{R^2 p}{2 R} \times \frac{\cos 30^\circ}{\sin 30^\circ} = \frac{p, R}{2 \operatorname{tg} 30^\circ} = \frac{300 \times 8,00}{2 \times 0,577} =$$



$$= 2,100 \text{ Kg/ m. l.}$$

y la tensión tangencial en el anillo :

$$2,100 \times 8,00 = 16,800 \text{ Kgs.}$$

que se resiste con 8 ¢ 20 = 24 cm<sup>2</sup>. a razón de 7 kg/ mm<sup>2</sup>.

La compresión radial en el hormigón sin armadura alguna valdria solamente:

$$\frac{2,100}{1,500} = 1,4 \text{ Kg/ cm}^2.$$

Vemos pues que la armadura no es teóricamente necesaria; sin embargo conviene disponerla, particularmente para resistir las flexiones debidas a los cambios de temperatura entre las caras superior e inferior.

Solera.- Teóricamente, si el terreno es firme,

la solera no necesitaría de armadura, pero en la práctica no puede prescindirse de ella. En nuestro caso, aunque el terreno no sea fuerte puede lograrse cuidando bien los productos que se vierten durante la ejecución de los terraplenes para que pueda lograrse un asiento uniforme, y desde luego con la armadura proyectada se salva perfectamente la resistencia de la solera aun con desigualdades o bolsadas de alguna magnitud en el terreno. Baste indicar que aun cuando en la mitad de la solera fallara la reacción del terreno, que



como veremos vale como medio 2,400 kg/m<sup>2</sup> y se produjera una tensión radial de

$$\frac{1}{2} \times \frac{p R}{2 \text{ sen } \alpha} = \frac{1}{2} = \frac{2.400 \times 9,00}{2 \times \text{sen } 30^\circ} = 10,600 \text{ Kg}$$

sería resistida por la armadura de 4  $\phi$  20 a razón de 9 kg/mm<sup>2</sup>.

Reacción del terreno.- Valiente puede parecer la solución de cimentar directamente sobre el suelo del relleno la solera de los depósitos; pero aparte de que esta solución presenta una enorme ventaja económica sobre todas las demás, creemos que hay también razones técnicas que la garantizan. Aun en el caso de que el cimiento no se hiciera sobre arena, como debe hacerse, sino sobre un relleno formado con fangos gelatinosos del tipo de Matagorda, la estabilidad estaría asegurada por el peso propio del fango; porque en el centro la carga es sensiblemente de 6,000 kg/cm<sup>2</sup> y el peso de los 4,00 m. de tierras que tiene el piso sobre ese plano de cimiento representa ya 4,00 x 1,800 = 7,200 kg/m<sup>2</sup>; y en la zapata cuya carga es:

$$\text{Peso de la cubierta: } 300 \times \frac{8,00}{2} = 1,200 \text{ kg/m.l.}$$

$$\text{Peso de la pared y zapata: } 2,40 \times 2,400 = 5,800 \text{ kg/m.l. TOTAL: } 7,000 \text{ kg/m.l.}$$

que repartida en 2,50 m. de ancho da una reacción de 2,800 kg/m<sup>2</sup>. La sobrecarga del suelo es igual-



mente:  $2,00 \times 1,800 = 3,600 \text{ kg/m}^2$

Así es que aunque el fango fuese completamente fluido, el depósito no se hundiría sino que encontraría el equilibrio estable con un calado algo menor que un barco. Claro es que la cohesión de los fangos es más que suficiente para impedir estos movimientos y la estabilidad del depósito queda por tanto completamente garantizada.

Ningún cálculo hacemos sobre la doble pared porque estando referida a la pared resistente en puntos muy próximos no sufre apenas esfuerzo ninguno.

Depósito elevado de  $100 \text{ m}^3$  y 7,00 m. de elevación

El depósito está formado por una cuba cilíndrica de 2,60 m. de altura y 7,10 m. de diámetro interior, sostenida por siete pilares de 9,00 m. de altura sobre el terreno y 1,00 m. de profundidad de cimentación. La cuba es de hormigón de 400 kgs y los pilares de 350 kgs.

Pared de la cuba.- En la sección inferior la presión hidrostática vale 2,600

kg/m<sup>2</sup>; la tensión a que estará sometida la armadura será de  $2,600 \times \frac{7,10}{2} = 925 \text{ kg/ml.}$  por consiguiente con una armadura de 8  $\phi$  de 12 mm.p.m.l. la carga unitaria del hierro será de 10,2 kg/mm<sup>2</sup>.

Dispondremos una armadura de repartición de 10  $\phi$  10 mm. p.m.l. y daremos a la pared un espesor



medio de 10 cm. suficiente para asegurar la impermeabilidad del depósito.

Fondo de la cuba.- Está formado por una losa de igual espesor armada con barras entres direcciones como se detalla en los planos. El momento flector máximo que se produce sobre el pilar vale por cada banda de armaduras;

$$\frac{W l^3}{42} = \frac{3,000 \times 6,00^3}{42} = 1,940 \text{ mkg. (Hool and Johnson pag. 478)}$$

siendo el peso propio de la losa 400 kg/m<sup>2</sup> y la sobrecarga de agua 2,600 kg/m<sup>2</sup>. El momento flector por metro de ancho de la losa valdrá  $\frac{1,940}{1,75} = 1,100$  mkg. . Con 12 cm de canto util y una armadura de 10  $\phi$  12 p.m.l. la comprobación de la sección es la siguiente:

Profundidad de la fibra neutra

$$50 x^2 = 15 \times 11,31 (12 - x)$$

$$x = 5 \text{ cm.}$$

Momento de inercia:

$$I = \frac{100}{3} (5)^3 + 15 \times 11,31 \times (7)^2 = 12,450 \text{ cm}^4$$

Carga máxima del hormigón:

$$H = \frac{110,000 \times 5}{12,450} = 44 \text{ kg/cm}^2.$$

Carga máxima del hierro:

$$A = 15 \frac{110,000 \times 7}{12,450} = 930 \text{ kg/mm}^2.$$

Pilares.- Con un peso total del depósito de 25 m<sup>3</sup> a 2,400 kg/m<sup>3</sup> = 60,000 kg, la carga sobre cada pilar con el depósito vacío será de  $\frac{60,000}{7} = 8,600$

kg. y con el depósito cargado:

$$\frac{160,000}{7} = 23,000 \text{ kg}$$

A esto hay que añadir la sobrecarga que produce el viento y que en el caso de pilares en exagono vale:  $p = \frac{2 M}{5 r}$  siendo M el momento total máximo debido al viento y r el radio del exágono. El empuje del viento vale:

$$150 \times 7,50 \times 2,80 = 3,066 \text{ kgs.}$$

Momento de esta fuerza respecto al plano de cimentación

$$3,066 \times 9,3 = 28,500 \text{ mkg.}$$

por consiguiente

$$p = \frac{2 \times 28,513}{5 \times 3,00} = 3,800 \text{ kgs.}$$

La carga máxima sobre pilar que hay que considerar es de:

$$23,000 + 3,800 = 26,800 \text{ kgs.}$$

Con la sección de 30 x 30 y armadura de 4  $\phi$ / 25 resulta una carga unitaria de:

$$\frac{26,800}{(30)^2 + 15 \times 19,64} = 22,4 \text{ kg/cm}^2.$$

Carga a la que hay que añadir el efecto de flexión debida al viento, que suponiendo que se reparta por igual entre todos los pilares y que estos están empotrados por una punta y articulados por la otra, valen como máximo:

$$\frac{3,066 \times 4,00}{7} = 1,752 \text{ mkg.}$$

Como puede en este caso suponerse que el material



trabaja a tracción por ser la carga máxima menor que la compresión hallada más 10 kg/cm<sup>2</sup>, el momento de inercia de la sección vale

$$1/12 (30)^4 + 15 \times 19,64 \times (11)^2 = 103,100 \text{ cm}^4$$

La carga máxima a flexión será:

$$\frac{175,200 \times 15}{103,100} = 25,4 \text{ kg.}$$

y la total = 47,8 kg/cm<sup>2</sup>.

En el caso de viento y depósito vacío a la carga mínima de compresión sobre pilares es:

$$8,600 + 3,800 = 4,800 \text{ kgs.}$$

la carga unitaria correspondiente

$$\frac{4,800}{(30)^2 + 15 \times 19,64} = 4,0 \text{ kg/cm}^2.$$

y la carga debida a la flexión = 29,3 kg/cm<sup>2</sup> según se indica a continuación:

Profundidad de la fibra neutra:

$$\frac{30}{2} x^2 + 15 \times 9,82 (x - 4) = 15 \times 9,82 (26 - x) \quad x = 9 \text{ cm}$$

Momento de inercia:

$$I = \frac{30}{2} (9)^3 + 15 \times 9,82 \times (5)^2 + 15 \times 9,82 (17)^2 = 53,722 \text{ cm}^4$$

Carga máxima del hormigón:

$$H = \frac{175,200 \times 9}{53,722} = 29,3 \text{ kg/cm}^2.$$

Carga máxima del hierro:

$$A = 15 \frac{1,752 \times 17}{53,722} = 8,3 \text{ kg/mm}^2.$$

La carga máxima del hormigón es en este caso = 31,3 kg/cm2.

Por último, como comprobación al vuelco de todo el sistema vemos que el coeficiente mínimo de seguridad es:

$$c = \frac{60,000 \times 3,00}{3,066 \times 9,30} = 6,3$$

La flexión que se ha supuesto en los pilares es algo excesiva porque los pilares tienen empotramientos mas o menos perfectos en los extremos y sobre la riostra, pero lo hemos hecho así para compensar el efecto de no ser paralelas las caras de los pilares.

El momento flector en la riostra será en estas condiciones doble que en el pilar, por lo que aumentaremos su sección a 30 x 35 cm2 pues aunque se reúnen tres riostras en cada nudo, dada la oblicuidad con que se cortan no consideraremos mas que una, cuya comprobación es la siguiente:

Momento flector = 3,504 mkg.

Profundidad de la fibra neutra:

$$\frac{30}{2} \times x^2 + 15 \times 9,82 (x - 3) = 15 \times 9,82 \times (32 - x)$$

" x = 11 cm.

Momento de inercia:

$$I = 10 (11)^3 + 15 \times 9,82 (8)^2 + 15 \times 9,82 (21)^2 = 87,545 \text{ cm}^4$$

Carga máxima del hormigón:

$$H = \frac{350,400 \times 11}{87,545} = 14,0 \text{ kg/cm2.}$$



Carga máxima del hierro:

$$A = 15 \frac{3,504 \times 21}{87,545} = 12,6 \text{ kg/mm}^2.$$

aunque esta última carga es algo elevada no tiene importancia dada la seguridad excesiva de las hipótesis hechas.

### Cimentación.

Contrasentido parece a primera vista haber defendido la inutilidad de los pilotes en el depósito anterior y proyectarlos ahora en la cimentación, pero pronto se comprende que el problema estructural es totalmente distinto en un caso y en otro. Allí se trataba de una estructura muy rígida hasta la planta misma de cimientos y en la que la desigualdad de una pequeña bolsada de terreno tenía importancia ninguna, aquí, por el contrario, la menor desigualdad de asiento en uno de los pilares con relación a los demás no sería resistida por las riostras ni por los mismos pilares que fallarían por flexión, y por eso hemos preferido prolongar los pilares en forma de pilotes hasta alcanzar el firme.

Como la sección de pilotes es igual a la del pilar no necesitamos repetir su comprobación.

EDUARDO TORROJA  
OFICINA TÉCNICA DE INGENIERÍA  
Sección de Proyectos

---

EDIFICIO ADMINISTRATIVO





EDIFICIO ADMINISTRATIVO

Dimensiones.- Difícil es justificar las dimensiones de una estación marítima de este género, y creemos que la mejor justificación que de las adoptadas podemos dar es su misma distribución.

Sería ridículo querer justificar el área empleada y su distribución. La comparación con multitud de edificios del mismo género en puertos similares nos ha conducido a las dimensiones adoptadas y a la práctica que ha sancionado aquellas remitimos nuestra justificación.

El edificio está encuadrado en un rectángulo de            m. de largo por 22 m. de ancho y rodeado de un andén de 3,00 m. de ancho por el lado del muelle y 5,00 m. por el lado del ferrocarril. Como indicamos en croquis aparte, el edificio se presta muy bien a ampliaciones hasta darle 100 m. de longitud y aun más.

Fachadas La importancia de este edificio obliga a darle algún carácter artístico. Hemos procurado para ello inspirarnos en el estilo severo y sencillo del neoclasicismo gaditano. En los planos pueden verse los detalles de estas fachadas.



Materiales.- La conveniencia, o por mejor decir la necesidad de disminuir todo lo posible el peso de estos edificios teniendo en cuenta que han de apoyar sobre terreno poco firme nos obliga a emplear el hierro y el ladrillo en su construcción. No hay inconveniente ninguno de emplear ladrillo hueco en estas construcciones teniendo en cuenta la relativamente corta altura de sus muros que no sostienen mas que las cubiertas de zinc y un primer piso (salvo una reducida parte que tiene un segundo piso pequeño y ligero)

Toda la estructura es metálica por razones de economía, pues tratándose de una zona franca el acero resulta muy económico.

DISTRIBUCIÓN.- El edificio está formado por una nave central y dos laterales. En la primera se ha dispuesto un gran "hall" que alcanza toda la altura del edificio y todo el ancho del mismo; sus dimensiones horizontales son 22 x 17 m. Partiendo de este hall salen en la planta baja dos pasillos, uno por cada lado siguiendo el eje mayor del edificio, y a uno y otro lado de ellos se encuentran las habitaciones. Análoga disposición tienen las naves laterales en el primer piso y para unirlos por encima del hall se ha proyectado una pasarela. Este primer piso se ha dedicado exclusivamente a oficinas; y el segundo



que no coge mas que las habitaciones que caben en la nave central, servirá para vivienda. La distribución de los despachos por medio de tabiques de panderete puede variarse cuando se quiera según las necesidades lo exijan, y por eso mismo nada indicamos sobre la utilización de cada uno de ellos.

La nave o caja central del edificio es algo mas ancha que las naves laterales, tiene 22 m. por 23 m. Está dividida en tres zonas: el hall de 17 m. de ancho que abarca de fachada a fachada y dos zonas laterales de 6 m. de ancho que en distribución son prolongación de las naves laterales: Se logra de este modo que los pasillos lleguen hasta el hall y que queden alrededor de este cuadro habitaciones sin muro que las separe de él y que puedan tener muy buena utilización.

Cubriendo la parte central de andén de entrada, se ha proyectado una marquesina de 39 m. de longitud.

Para unir las naves laterales superiores se dispone la pasarela en voladizo que se ve en el plano. Correspondiéndose con los del piso inferior hemos colocado los W.C. y dos escaleras de caracol para subir al segundo piso.

Segundo piso.- Aprovechando la diferencia de nivel de las cubiertas de las nave central y laterales,



habrá dos cuartos, uno a cada lado del hall, que pueden dedicarse a vivienda; forman cada uno un rectángulo de 6,00 m. x 22,00 m.

DETALLE Y CÁLCULO

Disposición y espesor de muros y tabiques.-

Forman los muros de carga de la construcción los muros de fachada y los muros normales a las fachadas principales que separan estas naves de la nave central. Los muros que separan los pasillos de las salas laterales en las naves extremas están formados por un entramado metálico de que se tratará mas adelante con rellenos ligeros de ladrillo.

Los demás muros casi todos normales a las fachadas principales, son simples tabiques de 7 cm. de grueso.

Los muros de fachada son de ladrillo hueco como ya se ha dicho y tienen 30 cms. de espesor en la planta baja y 15 cms. en el primer piso, salvo los dos trozos de fachada que corresponden a la nave central que tienen 45 cm. hasta la altura del primer piso y 30 cms. en el resto.

Los muros normales a las fachadas que separan la nave central de las laterales tienen 45 cm en el piso bajo, 30 cms. en el primero y 15 cms en el segundo.

Los tabiques que no hacen mas que separar



unas habitaciones de otras tienen todos 7 cm de espesor.

Cubiertas.- Todas las cubiertas del edificio son de zinc sobre entablado de madera.

La nave central se cubre con una cubierta a dos aguas que sigue la línea de los frontones de las fachadas. Apoya sobre estos y sobre cuatro cerchas colocadas paralelamente al eje mayor del edificio y dejando 4,10 m. de separación entre las centrales (para que correspondan con los muros de los pasillos) y a 4,25 m. entre estas y laterales y entre las laterales y los frontones de fachada.

Apoya cada una de estas cerchas por sus extremos sobre los muros transversales del edificio que están a 29 m. de separación y además sobre dos columnas distanciadas a 17 m. o sea correspondiéndose con las paredes del hall. Queda por lo tanto la cercha con tres luces; una central de 17 m. y dos laterales de 6 m. Se salva la primera con una cercha inglesa de diagonales comprimidas y de nueve montantes o sea de 1,7 m. de separación entre los mismos y las segundas con dos semicerchas inglesas de diagonales estiradas y dos montantes, con objeto de que su cabeza inferior afiance la columna en que se apoya evitando su pandeo y que al mismo tiempo sostenga el cielo raso del segundo piso que cubre.

Cálculo de la cercha de 17 m. de luz.-

Altura en el centro: 2 m. (obligada por las líneas del frontón).

Separación de cerchas = 4,25 m.

Carga de cálculo: Para todas las cerchas con cubierta de zinc se ha supuesto para esta un peso de 40 kg/m<sup>2</sup> y para la sobrecarga producida por el viento 80 kg/m<sup>2</sup>, deducidos del siguiente modo:

Presión máxima del viento = 225 kg/m<sup>2</sup>.

Inclinación máxima de la cubierta = 1/3

Presión normal del viento:

$$225 \times \text{sen arctg } 1/3 = 70 \text{ kg/m}^2.$$

Presión vertical del viento:

$$225 \times \text{sen} \quad \times \text{cos} \quad = 66 \text{ kg/m}^2.$$

Presión horizontal del viento:

$$225 \times \text{sen}^2 \quad = 22 \text{ kg/m}^2.$$

En general se ha despreciado esta última presión y se ha supuesto la vertical de 80 kg/m<sup>2</sup> que son los 40 kg/cm<sup>2</sup> del peso de la cubierta dan en suma los 120 kg/m<sup>2</sup> antedichos.

Peso de cálculo de la cercha = 1,000 kgs.

Carga total por metro lineal de cercha:

$$\frac{1,000}{17} + 4,25 \times 120 = 600 \text{ kgs.}$$



EDUARDO TORROJA  
 OFICINA TÉCNICA DE INGENIERÍA  
 Sección de Proyectos

| Barras | Tensión<br>kgs | Compresión<br>kgs | Sección<br>práctica<br>cm <sup>2</sup> | Sección<br>total<br>cm <sup>2</sup> | Sección<br>neta<br>cm <sup>2</sup> | Momento<br>de<br>inercia<br>cm <sup>4</sup> | Nº de<br>roblo<br>nes. | Resistencia<br>al<br>pandeo<br>kgs |
|--------|----------------|-------------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|---|------------------------|------------------------------------|
| a b    | 19,500         |                   | 2 $\frac{70 \times 70}{9}$             | 11,8                                | 10,0                               | 169,6                                       | 4                      |                                    |
| b c    | 19,500         |                   | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 4                      |                                    |
| c d    | 17,340         |                   | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 3                      |                                    |
| d e    | 15,170         |                   | 2 $\frac{70 \times 70}{7}$             | 9,31                                | 7,01                               | 137,0                                       | 3                      |                                    |
| e f    | 13,000         |                   | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 3                      |                                    |
| a k    |                | 20,000            | 2 $\frac{70 \times 70}{11}$            | 14,2                                | 11,80                              | 199,6                                       | 4                      | 20,000                             |
| j k    |                | 17,950            | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 4                      |                                    |
| i j    |                | 15,700            | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 3                      |                                    |
| h i    |                | 13,460            | 2 $\frac{70 \times 70}{7}$             | 9,31                                | 7,01                               | 137,0                                       | 3                      | 13,600                             |
| g h    |                | 11,217            | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 3                      |                                    |
| k b    |                |                   | $\frac{60 \times 60}{6}$               | 6,84                                | 5,60                               | 37,0  | 2                      |                                    |
| j c    | 510            | 510               | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 2                      |                                    |
| i d    | 1,020          | 1,020             | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 2                      |                                    |
| h e    | 1,530          | 1,530             | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 2                      |                                    |
| g f    | 2,040          | 2,040             | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 2                      |                                    |
| k c    |                | 2,295             | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 2                      |                                    |
| j d    |                | 2,422             | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 2                      |                                    |
| i e    |                | 2,677             | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 2                      |                                    |
| h f    |                | 3,060             | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 2                      | 3,200                              |

Estos valores se han obtenido aplicando las conocidas fórmulas:

$$O_m = \frac{q l}{4 h \cos} \quad " \quad U_m = \frac{q l}{4 h} x_m' - 1 \quad " \quad U_1 = U_2$$

$$D_m = \frac{q l}{4 h} d_m \quad " \quad V_m = \frac{q}{2} x_m - 1$$

Las correas que unen estas cerchas son de 4,25 m. de longitud y cargan:

$$120 \times 4,25 \times 1,7 = 867 \text{ kgs. de sobrecarga.}$$

$$46 \quad " \quad \text{de peso propio}$$

$$\text{Peso total} = 913 \text{ kgs.}$$

Son viguetas I perfil nº 12.

Cálculo de la cercha de 6,00 m. de luz.-

Se han calculado solamente las reacciones en a g, b a, a f y e c que son las máximas que nos interesan.

Las reacciones verticales en a y e son:

$$120 \times 3 \times 4,25 = 1,525 \text{ kgs.}$$

De la descomposición gráfica que se hace en la página anterior se deducen los siguientes valores:

- Maxima reacción en la cabeza superior = 6,750 kgs.
- " " inferior = 6,600 "
- " en las diagonales = 4,000 "



Las diagonales serán angulares de  $60 \times 60$  con una sección neta de  $5,6 \text{ cm}^2$ ; los montantes tendrán la misma sección, y las cabezas estarán formadas de dos angulares de  $\frac{60 \times 60}{6}$  que comprobados

al pando dan una carga máxima de

$$1,100 \frac{13,68 \times 74}{74 \times 13,68 \times 2^2} = 7,800 \text{ kgs.}$$

En el plano correspondiente a la sección longitudinal puede verse con detalle todas estas cerchas.

Las correas son de  $4,25 \text{ m.}$  de longitud y soportan una carga de:

$$\text{Sobrecarga: } 120 \times 4,25 \times 2 = 1,020 \text{ kgs.}$$

$$\text{Peso propio : } \quad \quad \quad 62 \text{ "}$$

$$\text{Peso total } \quad \quad \quad \underline{1,082 \text{ "}}$$

Son viguetas I del perfil nº 14.

La cubierta propiamente dicha está formada por chapa de zinc de  $0,8 \text{ mm.}$  de espesor sobre tabla de  $1 \text{ cm.}$  de grueso que descansa sobre cabios de madera de  $7,5 \times 5,2 \text{ cm.}$  de escuadría y  $2,20$  de largo.

La comprobación de estos cabios es la siguiente:

$$\text{Carga: } 120 \times 0,5 \times 2,2 = 132 \text{ kgs.}$$

$$\text{momento flector máximo } = \frac{132 \times 2,2}{8} = 36,3 \text{ mkggs.}$$

momento resistente:

$$1/6 \times 5,2 \times 7,5^2 = 474,5 \text{ cm.}^3$$







La cubierta de estas naves laterales es idéntica a la de la nave central, y sus cabios son como los ya calculados de 7,5 x 5,2 cm. de escuadría.

EDUARDO TORROJA  
 OFICINA TÉCNICA DE INGENIERÍA  
 Sección de Proyectos

| Barras | Tensión<br>kgs. | Compresión<br>kgs. | Sección<br>práctica<br>cm <sup>2</sup> . | Sección<br>total<br>cm <sup>2</sup> . | Sección<br>neta<br>cm <sup>2</sup> . | Momento<br>de<br>inercia<br>cm <sup>4</sup> . | Nº de<br>roblos.<br>m. | Longitud<br>tud.<br>m. | Resistencia<br>al<br>pandeo.<br>kgs. |
|--------|-----------------|--------------------|--|---------------------------------------|--------------------------------------|---|------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| a b    | 6,100           |                    | 2 $\frac{55 \times 55}{6}$               | 12,48                                 | 10,0                                 | 56,4  | 2                      | 2,00                   | 6,470                                |
| b c    | 4,100           |                    | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 2,00                   |                                      |
| c d    | 2,050           |                    | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 2,00                   |                                      |
| d e    | "               |                    | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 2,00                   |                                      |
| f g    |                 | 2,100              | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 2,09                   |                                      |
| g h    |                 | 4,300              | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 2,09                   |                                      |
| h i    |                 | 6,400              | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 2,09                   |                                      |
| i a    |                 | 6,400              | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 2,09                   |                                      |
| e f    |                 | 2,400              | $\frac{50 \times 50}{5}$                 | 4,75                                  | 3,75                                 | 17,8  | 2                      | 2,40                   |                                      |
| g d    |                 | 2,400              | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 1,80                   |                                      |
| h c    |                 | 1,800              | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 1,20                   |                                      |
| i b    |                 |                    | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 0,60                   |                                      |
| f d    | 3,150           |                    | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 3,15                   |                                      |
| g c    | 2,750           |                    | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 2,70                   |                                      |
| h b    | 2,350           |                    | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 2,30                   |                                      |
| k f    |                 | 2,100              | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 2,09                   |                                      |
| j e    | "               |                    | "  | "                                     | "v                                   | "   | 2                      | 4,00                   |                                      |
| j f    | "               |                    | "  | "                                     | "                                    | "   | 2                      | 3,15                   |                                      |



FORJADOS

Segundo piso.- Como se trata de habitaciones pequeñas y dedicadas a vivienda particular se han calculado sus pisos a 100 kg/m<sup>2</sup> de sobrecarga.

En las habitaciones extremas las viguetas son de 6,00 m. de longitud colocadas a 0,70 m. de separación; resisten una carga de:

|               |   |                |   |             |
|---------------|---|----------------|---|-------------|
| Sobrecarga    | : | 100 × 6 × 0,70 | = | 420 Kgs.    |
| Forjado       | : | 110 × 6 × 0,70 | = | 462 "       |
| Pavimento     | ∇ | 13 × 6 × 0,70  | = | 54,5 "      |
| Pesos propio: |   | 14,3 × 6       | = | <u>84 "</u> |
|               |   | Peso total     | = | 1020 kgs.   |

Corresponden por tanto viguetas I del perfil 14.

Los tabiques que separan estas habitaciones de las demás pesan 90 kg/m<sup>2</sup> o sea en total

$$90 \times 3 \times 6 = 1,620 \text{ mkg.}$$

La vigueta que los sostiene es del perfil nº 16.

En las habitaciones centrales las viguetas son de 6,00 m. y cargan a mas del piso un tabique transversal a 1,60 m. de la pared; el momento flector sobre cada vigueta (colocadas a 0,70 m. de separación) será en el centro:

$$\frac{1,620 \times 6}{8} + 90 \times 3 \times 0,7 (3 - 1,60) - \frac{1,6}{6} \times 3 =$$
$$= 1,630 \text{ mkg.}$$

Corresponden viguetas II del perfil 18.

Primer piso. - Naves laterales. La sobrecarga del piso se ha supuesto de 200 kgs/m<sup>2</sup>. En las salas laterales está formado el piso por viguetas de 8,00 m. de longitud de setenta centímetros de separación. Su carga es:

|              |                |   |              |
|--------------|----------------|---|--------------|
| Sobrecarga : | 200 × 8 × 0,70 | = | 1,120 Kgs.   |
| Forjado :    | 150 × 8 × 0,70 | = | 840 "        |
| Pavimento :  | 13 × 8 × 0,70  | = | 73 "         |
| Peso propio: | 26,3 × 8       | = | <u>210</u> " |
| Peso total   |                |   | 2,243 kgs.   |

Corresponden a esta carga viguetas I del perfil 18.

Pasarela y marquesina. - La pasarela tiene un ancho de 4,25 m. Se sostiene su piso con viguetas de 4,25 m. de l rgo colocadas a 0,70 m. con una sobrecarga total de 250 kgs por ser el piso y forjado de madera solamente, o sea que sobre cada vigueta cargan:

$$250 \times 0,70 \times 4,25 = 744 \text{ Kgs.}$$

Carga y luz a las que corresponden viguetas del perfil 12.

La marquesina se calcula con una carga total de 100 kgs/m<sup>2</sup> se sostiene con viguetas de 6,00 m. de longitud a 0,70 m. de separación lo mismo que la pasarela. Soportan por tanto la siguiente carga:

|               |                |   |             |
|---------------|----------------|---|-------------|
| Sobrecarga:   | 100 × 0,70 × 6 | = | 420 Kgs.    |
| Pesos propio: | 8,30 × 6       | = | <u>49</u> " |
| Pesos total   |                |   | 469 Kgs.    |

Son viguetas I del perfil n<sup>o</sup> 10.



Todas estas viguetas cargan sobre cuatro vigas normales colocadas a 6,00 m. de distancia que atraviesan la fachada y van a apoyar por su extremo sobre otra viga normal a ellas de 17,0 m. de longitud que apoya por sus extremos en las columnas que sostienen una de las cerchas del hall. Los máximos momentos flectores que han de resistir aquellas vigas son: del lado de la marquesina

$$\text{Sobrecarga : } \frac{469 \times 5}{0,70} = 3,350 \text{ kgs.}$$

$$\text{Peso propio: } 65 \times 5 = \underline{325} \text{ "}$$

$$\text{Total } 3,675 \text{ Kgs.}$$

Y por el lado de la pasarela para las dos vigas centrales:

$$\text{Sobrecarga: } \frac{1,050 \times 4,25}{0,70} = 6,375 \text{ Kgs.}$$

$$\text{Peso propio: } 65 \times 4,25 = \underline{276} \text{ "}$$

$$\text{Peso total} = 6,651 \text{ Kgs.}$$

Y para los de los extremos que cargan por un lado parte del forjado que cubre las habitaciones de 6,00 x 9,00 metros

$$\text{Sobrecarga de pasarela} = 3,187 \text{ Kgs.}$$

id de habitaciones:

$$\frac{1,055 \times 6}{2} = 3,165 \text{ "}$$

$$\text{Peso propio: } 65 \times 4,25 = \underline{276} \text{ "}$$

$$\text{Carga total} = 6,628 \text{ khs.}$$

Los momentos que producen estas cargas son :

$$\text{Marquesina: } \frac{3,675 \times 5}{2} = 9,188 \text{ mkg}$$

$$\text{Pasarela: } \frac{6,651 \times 4,25}{8} = 3,533 \text{ mkg.}$$

Para resistirlos se disponen vigas armadas con platabandas, angulares y alma cuyas dimensiones se indican al margen y cuyo momento resistente es (según tablas)  $1,038 \text{ cm}^3$ . Para economizar material se

le hace disminuir de canto en la zona de la marquesina conforme se ve en el plano nº (detalle de la marquesina)

La viga de 17,00 m. de luz que hemos mencionado antes, recibirá en sentido vertical de arriba a abajo el peso de la pasarela y en sentido inverso el de la marquesina. Para mayor seguridad la calculamos al primero, que es el mayor, despreciando el segundo.

El momento flector máximo es

$$\frac{6,651 \times 5}{2} = 16,630 \text{ mkg.}$$

Para resistirlo se dispone una viga armada tipo  $\frac{450}{220}$  del Catálogo de Altos Hornos, cuyo momento resistente es:

$$1,828 \text{ cm}^3$$

Entramados verticales.- Las columnas en que se apoyan las cerchas que cubren la nave central tienen una altura de 14 m. y están arriostradas por las viguetas de los pisos a las alturas de 6,25 m. y



10,50 m. Las cargas que resisten son: en la parte alta el peso de la cubierta y cerchas o sea:

$$5,856 + 500 = 6,356 \text{ kg.}$$

con una altura libre de columna de 3,50 m.

En la zona inmediatamente interior esto mismo mas el peso del forjado y tabique del segundo piso que es:

$$6,356 + 3,570 + 2,700 = 12,626 \text{ Kgs.}$$

en una longitud o altura de 4,25 m.

Y en el piso bajo resisten esta carga mas la que transmite el primer piso o sea:

$$12,626 + 3,165 * 1,764 = 17,555 \text{ Kgs.}$$

Para evitar ensambles y variaciones bruscas de sección que siempre debilitan las columnas, asi como para atender a posibles momentos flectores a que se viera sometida en tanta longitud, se proyecta de arriba a abajo la sección, n<sup>o</sup>  $\frac{12}{15}$  que puede resistir con 6,50 m. de longitud libre 17,5 tns.

En las naves laterales y en el piso superior las columnas colocadas cada 5,00 m. sostienen la cubierta y sus cerchas que dan un peso de

$$3,600 + 200 = 3,800 \text{ kgs.}$$

a resistir en una longitud o altura libre de 4,25 m.

En el piso bajo sostienen a mas de la anterior el piso y los tabiques de cerramiento o sea:

$$3,800 + 13,715 = 17,515 \text{ Kgs.}$$

en una altura de 6,25 m.



Se adopta en toda su longitud el tipo nº  $\frac{12}{15}$  que resiste con un largo de 6,25 m. 17,550 kg  
Cimentación.- La carga de las columnas que como vanos es/de 17,500 kgs se reparte entre tres pilotes de 20 x 20 a razón de:

$$\frac{17,500}{3 \times 20 \times 20} = 14,6 \text{ Kg/cm}^2.$$

La carga de los muros en las naves laterales contando para mayor amplitud con un tizón medio de 30 cms. es de:

cubierta - - - - - = 500 kgs/m.l.  
primer piso - - - - - = 1100 "  
muros:  
 $0,30 \times 13,00 \times 1,800 = \underline{7000}$  "  
8600 Kgs/m.l.

Y en los muros de la nave central con 0,45 m. de tizón medio

Cubierta - - - - - = 300 kg/m.l.  
Muros:  
 $0,45 \times 13,00 \times 1,800 = \underline{10,700}$  "  
11,000 Kg/m.l.

Como todos estos muros apoyan sobre pilotes de 20 x 20 cm. distanciados a razón de dos por metro lineal, resultan trabajando a:

$$\frac{8,600}{400} = 21,5 \text{ Kg/cm}^2. \text{ y } \frac{11,000}{400} = 27,5 \text{ kg/cm}^2. \text{ respectivamente.}$$

La longitud de hincas de estos pilotes es la necesaria para alcanzar el fondo de arena compacta que hay en este emplazamiento a unos 2,00 m. bajo bajamar y su longitud total es por tanto de unos 6,00 m.



Desagües de cubiertas.- Rodeando las vertientes de las cubiertas se dispondrán canalones de zinc en forma de media caña de 15 cms. de diámetro y bajadas cada 20 m. para dar paso a las cuales se dejarán las chimeneas correspondientes en los muros de fachadas correspondiéndose con las columnas. Estas bajadas serán también de zinc y de 15 cm. de diámetro y atravesarán el muelle de hormigón para buscar el desagüe directamente.

Conducciones de agua.- Para atender a los servicios interiores y en particular para casos de incendio se colocarán grifos de 5 cms. de diámetro en la siguiente forma:

- Pasillos inferiores = 6
- Pasillos superiores = 6
- Halla = 2

y además grifos pequeños de 1 cm. de diámetro en los pisos superiores, en la cocina de la fonda y en cada W. C. disponiéndose además en estos las cañerías propias de la instalación.

Las cañerías serán de 5 cm. de diámetro y sus longitudes, contadas a partir de la cañería general que corre a lo largo de la estación marítima y junto a las vías férreas, serán:

- Pasillo inferior y hall = 15 m.
- Pasillo superior = 21 m.
- Fonda = 24 m.
- Pisos superiores = 34,5 m.

Pararrayos.- Para defender el edificio contra la electricidad atmosférica se colocarán para rrayos en las cubiertas laterales en número de        y        en la central, quedando, por tanto, a una separación media de        m.- La longitud de sus varillas será de 4 m.

Iluminación.- Para iluminar el edificio se hará la correspondiente instalación contando con los siguientes gastos:

|           |   |         |       |                |
|-----------|---|---------|-------|----------------|
| Hall      | : | 374 m2. | - - - | 374 bujias     |
| Piso bajo | : | 1,164 " | - - - | 4,656 "        |
| Piso 1º.- | : | 1,164 " | - - - | 6,984 "        |
| Piso 2º.- | : | 264 "   | - - - | <u>792 "</u>   |
| Total     |   |         |       | 12,806 bujias. |



EDUARDO TORROJA  
OFICINA TÉCNICA DE INGENIERÍA  
Sección de Proyectos

---

REDES FERROVIARIA Y CARRETERA

---

---

RED FERROVIARIA

A lo largo de todos los muelles se ha dispuesto una vía de carga y otra de tráfico. A uno y otro lado de las zonas industriales se dispone una sola vía de tráfico dejando de cuenta del particular la instalación de la o las vías de carga que necesiten. Una doble vía a lo largo del paseo principal sirve el tráfico general de la zona.

Con estos tres tipos y las transversales de comunicación entre unas y otras se forma la red general. Las vías del paseo se comunican cada kilómetro próximamente con las de muelle y zonas industriales y cada vía de carga tiene apartaderos a su correspondiente vía de tráfico cada 500 m. como término medio.

Una estación de clasificación formada de dos haces de diez vías cada uno completa la instalación. Uno de ellos se utilizará para la formación de los trenes interiores y otra para los de salida hacia la vía general de Cadiz o de Jerez. Cada haz tiene unos 1,100 m. de longitud mas que suficiente para formación de buenos trenes de carga.

Terminan estos haces en dos vías comunicadas con cambio y traviesa y en las que se dispondrá el lomo de asno necesario para hacer la maniobra de clasificación.



Proponemos que este sea de altura variable formado por un tramo horizontal de 6,00 m. elevable por medio de gatos y dos rampas variables de 8,00 m. De este modo la maniobra se puede ejecutar bien con cualquier condición de carga, viento, etc. No proyectamos el detalle de este mecanismo por entender que se trata de un elemento de especialización de las casas constructoras, y nos limitamos a señalar en el pliego, las condiciones que se deben exigir para el concurso de suministro.

Detrás de la estación de clasificación se dispone el depósito de máquinas en un haz de seis vías con doble salida; y junto a él se coloca otro haz de seis vías con m. de longitud para separación de vagones etc, cubierto en parte por una nave de 12 m. con su correspondiente puente-grúa para facilitar las maniobras. Mas adelante detallamos los elementos de estas naves.

Para el movimiento de viajeros se dispone una pequeña estación con tres vías de 700 m. de longitud con entrada separada, y un pequeño edificio sirve las necesidades de este servicio.

Por último, para el día en que el plan de la estación se desarrolle por completo, dejamos lugar para una segunda estación de clasificación situada paralelamente a la dársena interior y con comunicación al exterior empalmado en la línea gene-



ral junto a la estación de San Fernando. Puede comprender dos haces de clasificación de siete vías de 800 m. con el lomo de asno y además elementos análogos a los descritos anteriormente.

Estas salidas se han desarrollado en rampa de 3,5 milésimas porque la vía de Cadiz está 2,70 m. sobre la plea y por tanto 2,20 mas altas que las de la zona franca. La vía de salida empalma con la de Cadiz y con la del Puente de Puntales mediante una amplia curva de 300 m. de radio, y continúa en rampa a lo largo del muelle Norte para alcanzar en el puente la altura de 5,70 m. sobre pleamar.

Pasemos pues al detalle de los edificios de talleres y estación.

Naves de taller.- Están formadas por cuatro naves de 12,00 m. las centrales y 6,00 m. las laterales. Cada una de las primeras da paso a tres vías, y las segundas están divididas por muros transversales formando salas de taller, almacén etc.

La cubierta de chapa de zinc ondulado está sostenida por cerchas de 12,00 m. de luz del tipo de cercha inglesa con siete montantes, es decir, con nudos cada 1,50 m. La pendiente de sus vertientes es de  $1/3$  y la altura de viga en el centro de 2,00 m. La separación de cerchas se ha fijado después de un tanteo en 5,00 m. En estas condiciones y suponiendo una carga total de 120 kg/m<sup>2</sup>. y un pe-



so propio de la cercha de 500 kg el cálculo de la cercha de los siguientes valores:

Las fórmulas empleadas para el cálculo son las siguientes:

Cabeza superior:  $C_m = \frac{9 l}{4 h \cos} m$

" inferior:  $F_m = \frac{9 l}{4 h} m - 1 (U_1 =$

U<sub>2</sub>)

Montantes :  $D_m = \frac{9 l}{4 h} d_m$

Diagonales :  $V_m = \frac{9}{2} m - 1$

EDUARDO TORROJA  
 OFICINA TÉCNICA DE INGENIERÍA  
 Sección de Proyectos

| Barras | Tensión<br>kgs | Compresión<br>kgs | Sección<br>práctica<br>cm <sup>2</sup> | Sección<br>total<br>cm <sup>2</sup> | Sección<br>neta<br>cm <sup>2</sup> | Momento<br>de<br>inercia<br>cm <sup>4</sup> | Nº de<br>roble<br>nes. | Lon<br>tud<br>m. | Resisten-<br>cia al<br>pandeo.<br>kgs |
|--------|----------------|-------------------|--|-------------------------------------|------------------------------------|---|------------------------|------------------|---------------------------------------|
| a b    | 13,567         | "                 | 2 $\frac{65 \times 65}{7}$             | 17,22                               | 14,42                              | 108,8                                       | 3                      | 1,50             | "                                     |
| b c    | 13,567         | "                 | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 3                      | "                | "                                     |
| c d    | 12,060         | "                 | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 3                      | "                | "                                     |
| d e    | 10,552         | "                 | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 3                      | "                | "                                     |
| e f    | "              | 13,910            | 3 $\frac{65 \times 65}{9}$             | 21,60                               | 18,20                              | 134,0                                       | 3                      | 1,58             | 15,000                                |
| f g    | "              | 12,370            | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 3                      | "                | "                                     |
| g h    | "              | 10,820            | 2 $\frac{65 \times 65}{7}$             | 17,22                               | 14,42                              | 108,8                                       | 3                      | "                | "                                     |
| h i    | "              | 9,270             | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 3                      | "                | "                                     |
| b f    | "              | "                 | $\frac{55 \times 55}{6}$               | 6,24                                | 5,04                               | 28,2  | 2                      | 0,50             | "                                     |
| c g    | 350            | "                 | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 2                      | 1,00             | "                                     |
| d h    | 700            | "                 | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 2                      | 1,50             | "                                     |
| i e    | 1,060          | "                 | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 2                      | 2,00             | "                                     |
| f c    | "              | 1,610             | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 2                      | 1,60             | "                                     |
| g d    | "              | 1,810             | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 2                      | 1,80             | "                                     |
| h e    | "              | 2,160             | "                                      | "                                   | "                                  | "   | 2                      | 2,15             | 3,000                                 |



En cuanto a disposiciones constructivas basta decir que los dos angulares de las cabezas encepnan unas cartelas a las que se cosen los montantes por un lado y las diagonales por otro.

Las correas que unen estas cerchas tienen 5,00 m. de longitud y sostienen una carga de:

Sobrecarga:  $120 \times 5 \times 1,5 = 900$  kgs.

Peso propio: 70 "

Carga total = 970 kgs.

Son por tanto viguetas I perfil nº 14.

La cubierta propiamente dicha de esta sala es de zinc ondulado de 1,0 mm. de espesor y ondulaciones de 100 x 32 mm. que se encuentra en el comercio en chapas de 1,00 x 2,00 m. Estas chapas se sujetan a los largueros horizontales de madera de 52 x 75 mm. de escuadria que insisten sobre cabios también de madera de 52 x 100 mm. de escuadria, los cuales transmiten la carga a las correas antes mencionadas. La separación de los largueros es de 0,90 m para que las chapas de zinc tengan un solape de 0,10 m. y la separación de los cabios de 1,25 m.

La comprobación de estas piezas de madera es la siguiente:

Cabios de 2,20 m. de longitud, cargan:

Carga:  $120 \times 2,20 \times 1,25 = 330$  kgs.

Momento flector:  $\frac{330 \times 2,25}{8} = 90,75$  mkg

Momento resistente:  $1/6 10^2 \times 7,6 = 127$  cm<sup>3</sup>



Momento flector resistente:  $127 \times 80 = 10,160 \text{ cmkg}$

Correas de 1,25 m. de longitud.

Carga:  $120 \times 1,25 \times 0,90 = 135 \text{ kgs.}$

Momento flector:  $\frac{135 \times 1,25}{8} = 168,75 \text{ mkg.}$

Momento resistente:  $1/6 \times 7,5^2 \times 5,2 = 48,72 \text{ cm}^3.$

Momento flector resistente:  $48,72 \times 80 = 3,896 \text{ cmkgs.}$

Las naves laterales de 5,00 m. llevan una cubierta análoga con igual separación y luz de correas insistiendo sobre dobles vigas de 5,00 m. de luz; y estas vigas apoyan por un extremo en el muro de fachada y por el otro en los pilares sirviendolos así de arriostamiento a la altura de la via del puente-grua. Estas vigas, que como decimos, son dobles y abrazan el pilar soportan una carga de 640 kg/m.l. están formadas por del perfil 22.

En las naves centrales corren sendos puentes-gruas con carro móvil, cuyo proyecto no detallamos por entender que es preferible por los elementos mecanicos que contiene sacarlo a concurso entre casas especializadas, juntamente con su maquinaria. De todos modos por comparación con otros puentes análogos podemos fijar su carga sobre las vias en 4,000 kgs. distribuidos en dos ejes a 2,50 m. de separación porque las vias con apoyos a 5,00 m. resulten mas económicas; entonces la carga concentrada en el centro de la luz de 2,000 kgs, exige vigas formadas por dos I 1. 18 que quedan trabajando a 7,5 kg/mm<sup>2</sup>.



Los pilares soportan esta via y las cubiertas de las dos naves contiguas, esto es:

|                   |            |
|-------------------|------------|
| Cubierta central: | 4,500      |
| Cubierta lateral: | 1,800      |
| Puente-grua :     | 3,000      |
| Peso propio :     | <u>700</u> |
| Total             | 10,000     |

No sufren teóricamente flexión por efecto del puente pues este obra sobre el voladizo que le presentan las vigas laterales que son las que transmiten la carga al pilar, pero de todos modos conviene calcular con cierta holgura el peligro de pandeo. Formado cada pilar por dos p. 16 y teniendo 7,00 m. de altura libre, la sobrecarga de pandeo es:

$$0,000025 \frac{700^2}{6^2} = 0,34$$

y la carga unitaria resistente:

$$P = \frac{10,000}{24,00} (1 + 0,34) = 5,6 \text{ kg/cm}^2.$$

Los demás elementos, como muros, etc. no necesitan comprobación por su escasa importancia, ni ha lugar tampoco a considerar la acción del viento puesto que los muros transversales de las salas laterales hacen de contrafuertes.

Los muros son de ladrillo de 30 cm. y se cimentan lo mismo que los pilares sobre pilotes de 20 x 20 cm. de hormigón armado cuya resistencia es muy sobrada para estas cargas, como ya hemos

visto en otras estructuras.

Estación de viajeros

Está formado este edificio de tres salas, una central de 8 x 16 m. y dos laterales de 6 x 6 m. las tres dan sobre un andén de 5 m. de ancho que las separa del bordel del andén.

La habitación central servirá de hall y en ella se colocarán los despachos de billetes, etc. Creemos suficientes sus dimensiones para el movimiento que ha de haber, aun cuando parte de ella quiera aprovecharse para servicio de aduanas. Las habitaciones laterales pueden servir, una para sala de espera y otra de pequeño almacén de mercancías o consignación de equipajes. Todas estas dimensiones vienen principalmente limitadas por la condición de no estorbar las líneas generales de circulación del muelle.



## URBANIZACIÓN O RED CARRETERA

En los planos se ve no solo la disposición general que adoptan las calles y caminos de rodadura sino también las distintas secciones transversales de los paseos. El tráfico general se lleva por un paseo llamado principal que va por detrás de las zonas industriales. Tiene este paseo 34,00 m. de calzada y 8,00 m. de andenes. Desde luego son estas dimensiones exajeradas para el tráfico de los primeros años, pero cuando toda la zona esté poblada y el movimiento se haga casi por entero por este paseo de 10 kms. no creemos que haya exajeración ninguna en ellas. Una doble via de tranvias en cada dirección y cuatro anchos de carruaje ocupa bien la calzada, y las mismas aceras se llenarán de peatones en las horas de entrada y salida del trabajo.

Claro es que en el primer plan de construcción la calzada puede reducirse al ancho normal de los otros paseos, cuya calzada tiene 14 m. con aceras de 3,00 m.

Tanto este paseo principal como las superficies de los muelles van adoquinadas sobre firme de hormigón de 20 cm. de espesor, y dada la flojedad del terreno entendemos conveniente armarlo ligeramente siguiendo las prácticas norteamericanas.

Las aceras son cemento continuo de 15 cm. de es



pesor.

Los paseos transversales que sirven las zonas industriales y los paseos de muelle tienen 14 m. de calzada y andenes de 3,00 m. En la zona de muelles donde el tráfico es intenso se proyecta adoquinado sobre firme de hormigón y en el resto se deja solamente este firme de hormigón ligeramente armado defendiéndolo de la erosión con una ligera capa de alquitranado.

Por último las vías de menor importancia como el paseo de ronda y las calles de la población, que en un principio han de tener muy poco tráfico, se pavimentan solamente con macadam asfáltico; y rodeando por completo la zona se proyecta paralelamente al paseo de ronda un foso o verdadero camino de ronda para asegurar la frontera aduanera, formado por dos pequeñas tapias espaciadas a 10,00 m. Como las alineaciones son todas rectas y muy largas, la vigilancia puede hacerse desde este foso con toda seguridad y muy poco personal.



EDUARDO TORROJA  
OFICINA TÉCNICA DE INGENIERÍA  
Sección de Proyectos

ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO

ABASTECIMIENTO DE AGUAS POTABLES

Imposible es en este caso determinar a priori la cantidad de agua que se puede necesitar porque el consumo varía en tan enormes proporciones según sean las industrias que se monten que toda previsión resulta arbitraria. Solo por comparación con algunos datos escasos que hemos podido recoger de casos análogos fijamos el promedio de 10,000 m<sup>3</sup> diarios para el conjunto de la zona. Probablemente cuando toda ella esté en servicio completo está cantidad parecerá insuficiente, pero en cambio han de pasar bastantes años sin alcanzar este consumo próspero que sea el desarrollo de la zona. Así pues la cuestión del caudal definitivo es de segunda importancia, puesto que la construcción total de tales depósitos no es gasto de primera instalación sino que han de irse construyendo y ampliando a medida de las necesidades.

Para el primer plan de construcción basta un caudal muchísimo menor, y como los ayuntamientos de la Bahía, así como la Base Naval se ocupan actualmente de ampliar sus abastecimientos, consideramos que la aportación del agua puede hacerse con los mismos manantiales y conducciones de estos, sin perjuicio de que mas adelante cuando las necesida-



des todas tanto de la propia zona franca como de las poblaciones circundantes cuyo desarrollo gradual es de esperar, lo exijan, se proyecte un amplio abastecimiento yendo quizá a buscar las aguas en la cuenca alta del Guadalete.

Con arreglo a estas consideraciones nos limitamos ahora a proyectar el servicio interior alimentado por medio de cuatro acometidas a la conducción de Cadiz, que reciben el agua de los manantiales de la Piedad propiedad actualmente, así como toda la conducción del mismo Ayuntamiento.

Las cuatro acometidas se colocan apartadas unas de otras a lo largo de la zona para que cualquier rotura o reparación no perjudique al buen servicio del conjunto. Una tubería principal de compensación corre a lo largo del paseo principal recibiendo el agua directamente de las acometidas de entrada y sirviendo a todos los ramales.

Esta tubería principal y las acometidas son de 30 cm. de diámetro, y las tuberías principales que corren a lo largo de los muelles y atraviesan las zonas industriales son de 15 cm. Aparte de estos diámetros solamente el ramal principal del muelle Norte y el que cruza la zona urbana son de 20 cms. y la red que se extiende por las calles de la red de la zona urbana es toda ella de 10 cms.

Claro es que ninguna justificación de cálculo puede hacerse sobre estos diámetros, pues si im-



sible es determinar el caudal total, mucho mas lo es el determinar la forma de reparto de este caudal; pero facilmente se comprende que los caudales adoptados, sin ser excesivamente costosos, garantizan una buena repartición media de los 10,000 m<sup>3</sup> fijados a priori con pérdidas de carga pequeñas, de 3,0 m. por ejemplo.

Como en el plano correspondiente se detalla esta red con los elementos accesorios, como llaves etc. no necesitamos entrar en el detalle de su descripción.

Para completar la instalación es necesario disponer de depósitos reguladores de alguna magnitud, por ejemplo, para el consumo diario, pero es este un elemento que con mayor razón debe construirse por ampliaciones a medida que el consumo aumente. Cuando la zona se ha construido por entero comprendiendo en sus líneas de atraque la dársena interior próxima a San Fernando, convendría construir los depósitos reguladores en alguno de los altos de las afueras de esta población; pero construyendo primeramente la parte de los muelles Norte y de Ribera es necesario construir los primeros depósitos dentro de los terraplenes correspondientes a esta parte, ya que en varios kilómetros a la redonda no se encuentra ningún punto elevado donde colocarlos.

Como se trata de un elemento de reserva con la doble misión de compensar las desigualdades



del servicio y de abastecerlo durante los pequeños periodos de avería y reparación de la conducción, proyectamos dos depósitos, uno elevado de 1,000 m<sup>3</sup>. y otro semienterrado de 3,000 m<sup>3</sup>. De este modo el primero cubre normalmente el máximo diario para que no dé abasto la conducción, que tendrá lugar en las primeras horas de la mañana cuando se junten los servicios industriales de la zona, y los urbanos de las poblaciones servidas por la conducción; y el segundo sirve mediante elevación para los casos de avería de la conducción. Como estos casos han de ser muy raros, pues la conducción de Cádiz por su poca carga y buena construcción no tiene apenas averías, no es inconveniente grave la necesidad de la elevación y está sobradamente compensada con la enorme economía de construcción que se obtiene no haciendo elevados estos depósitos.

Por las mismas razones de economía proyectamos estos depósitos bajos descubiertos, pues no han de tener utilización normal para la bebida. Normalmente el agua va directamente desde la conducción a los servicios, o pasa por el depósito elevado que si es cubierto, y solamente en caso de avería en la conducción se aprovecha el agua de los depósitos bajos descubiertos, y entonces puede económicamente alejarse todo peligro de insalubridad mediante una clorización previa de las aguas en la elevación.

Hechas estas consideraciones pasaremos ya al



al estudio de estas depósitos :

El depósito inferior está formado por dos cubas de 3,000 m<sup>3</sup>. análogo al proyectado para la instalación de combustibles líquidos, con la sola diferencia de suprimir la doble pared y la cubierta que puede colocarse cuando se quiera. No necesitamos por consiguiente repetir ningún cálculo justificativo

El depósito elevado está formado por una cuba cilíndrica en su parte superior y hemisférica en la inferior, con 5,00 m. de radio y 7,00 m. de altura en la parte cilíndrica. La cuba insiste sobre una pared cilíndrica de igual diámetro que la cuba y va cimentada con pilotes de hormigón armado.

La capacidad de la cuba es la siguiente:

$$\text{Parte cilíndrica:} \quad \times 5,50^2 \times 7,00 = 660$$

$$\text{Parte hemisférica:} \quad \frac{2}{3} \times 5,50^3 = \underline{350}$$

1,010 m<sup>3</sup>.

Por la forma continua de la pared cilíndrica y esférica no consideramos aquí ninguna restricción en las deformaciones de la pared. A los 7,00 m. es decir en la pared inferior de la pared cilíndrica la tensión anular es:

$$7,000 \times 5,50 = 38,800 \text{ kg/m.l.}$$

y haciendo trabajar la armadura a 12,0 kg/mm<sup>2</sup>. se necesitan = 32 cm<sup>2</sup> = 10  $\phi$  20, que dispondremos por parejas. Como las armaduras son proporcionales a la car-



ga de agua no necesitamos comprobar ningún otro anillo de la pared. La cubierta es simplemente de doble rasilla apoyada en el anillo reforzado que corona el depósito. La armadura de repartición es rproximamente la tercera parte de la armadura de trabajo.

El fondo de la cuba mejor que hemisférico debía seguir una superficie de revolución que resultara isoflectora con la carga máxima, pero tanto esto como el estudio detallado de la cúpula invertida resultaría de un desarrollo tan enojoso que consideramos inutil desarrollarlo aquí, tanto mas cuanto que las pequeñas diferencias que pueden resultar del empleo de uno u otro procedimiento de cálculo e incluso de uno u otro tipo de estructura son cuestiones que pueden modificarse y perfeccionarse en su día antes de la construcción.

Asi pues, nos limitaremos a considerar el fondo de la cuba, con como una superficie esférica sometidas a presiones centrífugas constantes. Entone ces todos los meridianos trabajan por igual y tomandocomo tipo el horizontal de empalme con la parte cilíndrica vemos que cortando por él, la reacción vertical que transmite a la parte cilíndrica es la siguiente:

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| Peso del agua - - - - -              | 1,000 tn. |
| Peso de la bóveda - - - -            |           |
| 4 x x 5,50 <sup>2</sup> x 0,25 x 2,2 | = 200 "   |



Tensión por metro lineal en el meridiano:

$$\frac{1,200}{2 \times 5,50} = 35 \text{ tn/m.l.}$$

que se resisten a razón de 12 kgs./cm<sup>2</sup>. con 9 ø 20 p.m.l.

Para lograr una disposición de armadura de colocación sencilla y económica proyectamos distribuir las armaduras con tres bandas radiales a 120° cubriendo cada una el tercio de la periferia; de este modo el centro queda bien armado y solo es necesario prolongar los anillos de la pared en las partes altas de la bóveda invertida, como se ve claramente en la planta de armaduras del plano correspondiente.

El espesor de la pared es de 25 cm con el cual aplicando la teoría de Zafra, de considerar una razón de coeficientes de elasticidad de 50 para determinar la resistencia del hormigón a la fisuración, resulta una carga de:

$$\frac{35,000}{2,500 \times 50 \times 29} = 8,9 \text{ kg/cm}^2.$$

suficientemente baja para asegurar una buena impermeabilidad.

La pared vertical que sostiene la cuba es de 30 cm. de espesor y resiste la siguiente carga:

|                                       |   |           |
|---------------------------------------|---|-----------|
| Agua - - - - -                        | = | 1,000 tn. |
| Fondo de la cuba - - - - -            | = | 200 "     |
| Pared: 2 5,50 x 7,00 x 0,25 x 2,2 - - | = | 133 "     |



$$\text{Cubierta: } 2 \times 5,5^2 \times 0,10 \text{ ---} = 19 \text{ tn.}$$

$$\text{Peso propio: } 2 \times 5,5 \times 1,5,0 \times 0,30 \times \\ 2,2 \text{ ---} = \underline{345} \text{ "}$$

$$1,697 \text{ tn.}$$

La carga de compresión es por tanto de:

$$\frac{1,697,000}{2 \times 550 \times 30} = 16,5 \text{ kg/cm}^2.$$

Pero en caso de viento la carga se descentra bajo la acción de un momento volcador cuyo valor es:  
 (contando con 270 kgs/m<sup>2</sup> de empuje de viento)

$$270 \times 11,50 \times \frac{22,00^2}{2} = 750,000 \text{ mkg.}$$

La excentricidad a cuba vacía es:

$$\frac{750,000}{697,000} = 1,08 \text{ m.}$$

y a cuba llena:

$$\frac{750,000}{1,697,000} = 0,44 \text{ m.}$$

Vemos pues, que en ambos casos la estabilidad está completamente asegurada, y que el aumento de presión en un lado de la base a cuba llena es despreciable pues la excentricidad no alcanza al 1/24 del diámetro.

La cimentación es por pilotaje porque la cimentación por placa de reparto necesitaría un área y por tanto una resistencia a la flexión muy grande y resulta mas costosa.

Espaciando los pilotes a 1,00 m. queda cada uno con una carga de:

$$\frac{1,700,000}{2 \times 5,5} = 49,000 \text{ kg.}$$

y siendo los pilotes de 30 x 30 cm. de escuadria armados con 4 ø 25 la carga unitaria es de :

$$\frac{49,000}{900 + 15 \times 20} = 41 \text{ kg/ cm}^2.$$

Dentro del recinto que forma la pared de sostenimiento del depósito se colocan holgadamente los dos grupo motobombas de elevación. A razón de cien litros por segundo y con la elevación de 20 m. se requiere una potencia de:

$$\frac{100 \times 20}{75} = 27 \text{ HP}$$

inferior a la de los dos grupos de 18 HP que se proyectan.

El detalle de las tuberías, llaves, etc. puede verse en los planos correspondientes y no necesita explicación.

SANEAMIENTO

La horizontalidad completa de la zona franca conveniente para el tráfico es la principal dificultad que se encuentra para el trazado del saneamiento y obliga primeramente a proyectar secciones amplias para salvar las grandes distancias de la zona con pendientes pequeñas, y en segundo lugar a hacer elevación de las aguas para el proceso de depuración.



Aunque se dé a las calles alguna pequeña pendiente para favorecer el desagüe de las aguas en los sumideros no puede contarse con ello para el trazado de las alcantarillas, y como, por efecto de esto, la red resulta cara, proponemos el empleo de alcantarillado separativo, pues de este modo los caudales de lluvia que son siempre los mas importantes, con gran diferencia, vierten al mar por alcantarillas transversales de poca longitud y se ahorra por completo el enorme colector general que se necesita para llevarlas todas a un punto de terminado.

En el muelle Norte por la estrechez del terraplén no es necesario hacer estas alcantarillas pudiendo verter el agua directamente al mar; en el muelle de Ribera las alcantarillas siguen las líneas de las calles espaciadas a 400 m. y tienen sensiblemente 600 m. de longitud. El agua de recogida es de 24 hectáreas y contando con una lluvia de 45 litros por segundo y por hectárea y un coeficiente de escorrentia y retraso de 0,70 resulta un caudal de

$$45 \times 24 \times 0,70 = 750 \text{ l/s}$$

Con la pendiente de 0,0005 salva la alcantarilla su longitud con una pérdida de altura de 0,35 m. por tanto vierte todavía bien aun en pleamar arrancando con una profundidad de 1,15 m.; y con la sección rebajada nº 2 (plano de saneamiento)



el caudal de paso es el que se deduce a continuación:

$$\text{Sección} = S = 0,90 \text{ m}^2.$$

$$\text{Radio hidráulico} : \frac{S}{P} = \frac{0,90}{3,50} = 0,26 \text{ m}$$

Velocidad (por la fórmula de Bazin)

$$V = C R i = 78 \cdot 0,26 \times 0,0005 = 0,86$$

ligeramente superior al deducido anteriormente.

En la zona industrial del muelle de espigones el área de recogida de cada alcantarilla es de  $250 \times 500 = 12,5$  hectáreas, y en la dársena interior  $350 \times 400 \text{ m.} = 14$  hectáreas con longitudes de alcantarilla de 500 y 400 m. El caudal máximo de cada una es de  $0,70 \times 14 \times 45 = 440 \text{ l/s}$  en el muelle de espigones y poco menos en la dársena interior; empleamos pues el tipo de alcantarilla nº 3 cuyo caudal de cálculo se deduce a continuación:

$$\text{Sección} = 0,58$$

$$\text{Perímetro} = 2,80$$

$$\text{Radio hidráulico} = 0,21$$

$$\text{Velocidad} = 77 \cdot 0,21 \times 0,0005 = 0,77$$

$$\text{Caudal} = 448 \text{ l/s}$$

Vemos pues, que puede emplearse este tipo en cerca de las dos terceras partes de la longitud de las alcantarillas del muelle de Ribera y así lo hacemos, pero además en el primer tercio de éstas y en la mitad de las del muelle de espigones donde el caudal no sobrepasa los  $250 \text{ l/s}$  empleamos la sec-



ción nº 4 que pasamos a comprobar:

$$\text{Sección} = 0,37$$

$$\text{Perímetro} = 2,30$$

$$\text{Radio} = 0,16$$

$$\text{Velocidad} = 75 \cdot 0,16 \times 0,0005 = 0,68 \text{ m.}$$

$$\text{Caudal} = 250 \text{ l/s.}$$

Por último en la zona urbana, proyectamos una serie de alcantarillas transversales que llevan el agua a los colectores principales que la atraviesan de punta a punta. Los primeros pueden ser circulares de 30 cms. de diámetro, pues sus cuencas de recogida son pequeñas; los colectores recogen en total el agua de una superficie de 100 hectáreas sensiblemente esto es, unos = 3,15 m<sup>3</sup>/s entre los dos para llevar los cuales se emplea la sección nº 1.

$$\text{Sección} = 1,70 \text{ m}^2.$$

$$\text{Perímetro} = 5,00 \text{ m.}$$

$$\text{Radio} = 0,34 \text{ m.}$$

$$\text{Velocidad} = 79 \cdot 0,34 \times 0,0005 = 1,03 \text{ m.}$$

$$\text{Caudal} = 1,7 \times 1,03 = 1,75 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Para las aguas negras y residuarias de ciertas industrias no puede admitirse el vertido directo al mar sin previa depuración, porque tanto por el lado de la bahía como por el del mar se producirían peligros y molestias graves dada la gran cantidad de caudal a verter cuando toda la zona esté en funciones. Por el lado de la bahía se producirían depósitos mal olientes por falta de batidos de las aguas,



y por el lado del mar se perjudicarían las condiciones sanitarias de los baños de Cádiz, No sucederá así durante largo tiempo porque el desarrollo de la zona será lento, pero en el plan completo no debemos prescindir de la estación de depuración. Como de aquí a entonces pueden haber variado mucho los sistemas de depuración dada la efervescencia actual en esta materia, no proyectamos esta estación con demasiado detalle ni justificación, limitándonos a indicar los elementos, con la disposición y costes los mismos, necesarios para depurar 10,000 m3 diarios por el sistema de fangos activados que hoy en día es sin duda el de mas porvenir.

La red está formada por un colector general que corre a lo largo del paseo principal desde el muelle Norte por un lado y desde la dársena interior por el otro, para reunirse en la estación situada detrás del ángulo que forman los muelles de Ribera y de espigones.

Aunque situando la estación en este punto resulta bien repartida la longitud del colector quedan todavía longitudes muy largas y para acortarlos separamos por un lado el muelle Norte y por otro la parte Sudeste de la dársena interior. Las aguas del primero pueden verter sin inconveniente en la bahía junto al puente pues su caudal será relativamente pequeño y allí la corriente de marea es grande. Las aguas de la zona correspondiente a la dársena inte-



rior pueden depurarse en una pequeña estación dis-  
puesta por ejemplo para 1,500 m<sup>3</sup> diarios. El resto  
de las aguas se recoge en la estación principal,  
esto es, unos 8,000 m<sup>3</sup>. diarios, Este caudal se re-  
partirá aproximadamente por partes iguales en las  
dos partes de colector que acuden a la estación, y  
contando con que el caudal máximo venga a ser doble  
del medio, como suele hacerse, resultan los mismos  
8,000 m<sup>3</sup>. para cada colector, esto es, 88 litros por  
segundo. Con la sección nº 5 que es circular de 50  
cms. de diámetro y la pendiente de 0,0005 sus caracte-  
rísticas son:

Radio hidráulico = 0,175 m.

Velocidad =  $60 \times 0,125 \times 0,0005 = 0,48 \text{ m/s}$

Caudal de paso:  $0,48 \times 0,25^2 = 0,095 \text{ m}^3/\text{s} =$

95 l/s

Como la repartición de los caudales en esta  
zona ha de ser sumamente desigual y desconocida de  
antemano, hemos preferido mantener el mismo diámetro  
en toda la longitud de los colectores; y por la mis-  
ma razón proyectamos todas las demás alcantarillas  
que acometen a ellos con la misma pendiente y 30 cm  
de diámetro sin justificación concreta.

La estación de depuración está formada por  
cinco elementos en paralelo con capacidad cada uno  
de ellos para 1,500 litros por segundo como caudal  
medio y 3,000 como máximo, formado por las siguien-



tes partes: Canal de limpia con rejillas, cámara de sedimentación y separación, canal aireador, cámara de sedimentación final, y cámara de digestión de fangos.

El canal de limpia es de 20 m. de longitud y una sección transversal de  $0,35 \times 0,60$ , con lo cual se logra que las aguas discurren por ellas durante un minuto a una velocidad de 20 a 30 cms. por segundo, y depositen así todos los productos sólidos como arenas, restos sólidos, etc.

La sección transversal estará dividida en dos o mas canalillos con vertederos de entrada a distinta altura para que el agua pase por uno solo o varios de ellos según sea su caudal y la velocidad esté así mas regularizada. Las rejillas con vaños de 1 cm. recogen del mismo modo los sólidos flotantes.

La cámara de sedimentación y separación es circular con entrada del agua por el centro y salida por un canalillo periférico. Una pantalla cilíndrica recoge los líquidos menos densos que el agua, como grasas, etc. y las de salida independiente. Los fangos gracias a la inclinación del fondo se recogen en el pasillo central de donde salen por succión. La capacidad de la cámara es de 130 m<sup>3</sup> y el periodo mínimo de retención unos 40 segundos. Con ello se logra la sedimentación de la materia orgánica sólida sin permitir todavía su descomposición séptica. Toda la cámara es de hormigón con 20 cms. de espesor en las paredes.



El canal aireador tiene 16 m<sup>2</sup> de sección transversal y 80 m. de longitud, de modo que con el caudal máximo el periodo de detención es de cinco horas. Para lograr la aireación mas completa se inyecta el aire por un lado de la solera del canal produciéndose con ello un movimiento circular o espiral del líquido que permite una aireación mas prolongada y uniforme. La forma dada a la sección transversal tiene por fin ayudar este movimiento.

La cámara de sedimentación final es exactamente igual a la descrita anteriormente, excepto en la pantalla interior que desaparece por ser inutil ya, una vez hecha la separación de los líquidos grasos. De esta última cámara el líquido sale completamente depurado y el fango activado se recoge del fondo por succión para pasar una parte nuevamente al canal de aireación y para entrar en la cámara de digestión el resto.

Esta cámara de digestión es del tipo Kremer-Kusch con dos compartimientos de diferente profundidad. En ella se produce la descomposición séptica del fango con reducción del volumen a la mitad próximamente, y humificado en forma que la desecación es mucho mas facil que con el fango crudo,

Como elementos accesorios pero necesarios para el funcionamiento de estas partes que acabamos de describir, tenemos los siguientes: Instalación preliminar de elevación, elevación de fangos, canal mezclador de



fango activado con el líquido entrante, instalación de compresión para la aireación, instalación de desecación y compresión de fangos. Como estos elementos contienen maquinaria especial en los que hay que ajustarse a los tipos de las casas fabricantes, no haremos mas que indicar las condiciones a que deben ajustarse.

Para regularizar el trabajo de las bombas disponemos tres de estas con capacidad cada una para elevar 800 l/s a 5,00 m. es decir, con 7-8 HP de potencia en el motor.

El canal mezclador se reduce a un pequeño tubo por donde pasa el fango y el líquido, y en el que la misma velocidad del líquido mueve una hélice que verifica la mezcla y arrastre del fango.

La instalación de elevación de fangos comprende solamente dos pequeños grupos motobomba de 3 HP, pues si bien con cualquiera de ellos bastaría para la elevación deseada, conviene siempre tener uno de reserva para caso de avería.

La maquinaria de aireación comprenderá cuatro motocompresores de 8 HP de potencia, deducidos por comparación con otras estaciones en funcionamiento.

Por último, la instalación para el tratamiento de fangos puede comprender un recalentador, un filtro Wacuum y un desecador rotativo con pulverizador, pero como la mayoría de estos elementos son objeto de patentes especiales nos limitamos a indicar



en el pliego de condiciones los fines que deben satisfacer, con objeto de que se fijen en el contrato o concurso de suministro.

La disposición general de tuberías, así como la forma y dimensiones de cada elemento se detalla en el plano de la estación, lo mismo que la sección de los colectores, y no necesitamos por tanto extendernos más en su descripción.

No proyectamos la pequeña estación supletoria de que hemos hablado anteriormente para las aguas de la parte Sur/de la dársena interior, porque se reduce a emplear uno solo de los cinco elementos que forman la estación principal, y porque en definitiva el número de elementos en paralelo de cualquiera de ellas es cosa que debe irse aumentando siempre a medida de las necesidades.

EDUARDO TORROJA  
OFICINA TECNICA DE INGENIERIA  
Sección de Proyectos

---

PRODUCCION Y DISTRIBUCION DE ENERGIA  
ELÉCTRICA

---

---



## PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Dada la magnitud de este proyecto parece lógico el establecimiento de una central productora de energía eléctrica que permita la vida propia de la zona y que resuelva el problema de abastecimiento de energía, de difícil solución en esta región tanto por la escasez de fluido como por el exagerado precio actual que dificultaría el desarrollo de sus industrias.

Lo mismo que sucede con el abastecimiento de aguas, la falta de datos de consumo y de utilización de esta energía, que no será posible tener hasta que el desarrollo de la zona vaya marcando las exigencias que en cada parte de ella ha de satisfacer la energía eléctrica, nos imposibilita para el estudio de todos sus elementos, por lo cual nos limitaremos al estudio de los elementos fundamentales de la instalación que puedan servir como puntos de partida para el desarrollo detallado de la instalación, ya que cada una de sus partes merece y necesita un estudio especial que solo puede hacerse entre las necesidades ya desarrolladas de la zona.

Sin contar con la importancia que en este caso pueda tener la venta de energía al exterior de la zona, podemos asegurar que ésta necesitará para



su servicio interior en su completo desarrollo de 10,000 a 12,000 kilowattios, según se ha podido apreciar por su división en secciones y cálculo aproximado de lo que cada parte puede consumir,

Para facilitar el aumento progresivo de la producción de energía con arreglo a las nuevas exigencias que el consumo vaya presentando proponemos formar la estación de dos turboalternadores de 3,000 Kw. y un posterior de 6,000 Kw. De este modo desde un principio el primer turboalternador encontrará buena parte de consumo para su energía, y al final de la instalación el grupo de 6,000 kw. proporcionará un mayor rendimiento, siendo auxiliado en los momentos de máxima carga por los de 3,000

Para la producción de la energía hemos adoptado desde luego el carbón pulverizado por entender que este sistema de calderas unido a los turboalternadores es el mas económico de todos, incluso en este caso, que la hulla blanca, no solo por las condiciones orográficas del país sino porque tratándose de una zona franca el carbón resulta muy económico.

Pero mejor que cualquier razonamiento es la exposición del hecho de que el precio del kw. en la central estudiada es como vamos a ver de solo nueve centísimos contando con un precio de carbón de 30 pesetas toneladas y una amortización en 20 años con el interés del 10%.



Para suministrar el vapor a los tres grupos proponemos el empleo de cinco calderas, tres de 410 m<sup>2</sup> de superficie de caldeo y dos de 800 m<sup>2</sup> con objeto de que las primeras sirvan a los grupos pequeños quedando una de reserva, y las otras al grande quedando también una de reserva.

Expuesto así el plan en líneas generales pasaremos a la exposición de las características de cada elemento.

Características Nos ocupamos especialmente de los grupos de 3,000 kw. que a pesar de su peor rendimiento nos servirán de tipo para el estudio de la instalación.

2 Grupo de 3,000 kw.

Velocidad - - - - - 3,000 R.P.M.  
 Presión del vapor - - - - - 25 kg/cm<sup>2</sup>  
 Temperatura - - - - - 375 c.  
 Tensión - - - - - 6,000 voltios.  
 Frecuencia - - - - - 50 periodos

Calderas.

Carbón Newcastle menudo.

Calorías - - - - - 7,000  
 Cenizas - - - - - 10 %  
 materias volátiles - - 30 %

Vaporización: g kg de vapor por kg de carbón.

" por kw/h. :  $\frac{5 \text{ Kg}}{6} = 0,9850 \text{ kg carbón.}$

Cantidad de vapor necesario:

$$2,500 \times 5 = 12,500 \text{ kg vapor/hora.}$$

Vaporización de la caldera  $\pm$  30 kg/m<sup>2</sup> de superficie de calefacción.

Superficie de caldeo:

$$\frac{12,500}{30} = 412 \text{ m}^2.$$

3 calderas de 412 m<sup>2</sup>.

Presión de marcha : 27 kgs.  
normal 83 %

Rendimiento: sobrecarga 80%

Carbón pulverizado.

3 Cámaras de combustión.

1 central de pulverización para el total de la central.

Consumo de la turbina (sin contar la condensación)

| <u>Potencia</u> | <u>Consumo</u> |                  |
|-----------------|----------------|------------------|
|                 | <u>cos = 1</u> | <u>cos = 0,8</u> |
| 3,000 - - - -   | 5,00 kgs       | 5,20 kg.         |
| 2,500 - - - -   | 4,80           | 5,00             |
| 1,000 - - - -   | 5,50           | 5,70             |

Precio del carbón. 30 Pts. tn.

id del kw/h incluido engrases y su % por imprevistos - 0,04 pts.

Grupo de 6,000 kw.

|                               | <u>Normal</u> | <u>Forzada</u> |
|-------------------------------|---------------|----------------|
| Vaporización por hora - - - - | 24,000        | 32,000         |
| temperatura del vapor - - - - | 400°          | 400°           |



Rendimiento total - - - - - 84 % 81 %

Consumo de la turbina:

|           |           |                   |   |
|-----------|-----------|-------------------|---|
| 6,000 kw. | - - - - - | 5,22 kg. de vapor |   |
| 4,400 "   | - - - - - | 5,22 "            | " |
| 3,600 "   | - - - - - | 5,29 "            | " |
| 2,400 "   | - - - - - | 5,66 "            | " |

La red de distribución de la energía está planeada a base de una repartición de la misma entre nueve secciones de transformación, en las que el consumo se ha distribuido con arreglo a necesidades supuestas en las diferentes partes de la instalación, a mas de la iluminación de solares, talleres, calles y paseos principales.

Se ha incluido además un aumento en la potencia calculada por cada sección de un 50% aproximadamente con objeto de poder atender en años sucesivos el desarrollo industrial de la zona a un mayor aumento del consumo de energía eléctrica en la misma.

A continuación se expresa la distribución de la energía proyectada para las diferentes secciones.

SECCIÓN DE TRANSFORMACIÓN Nº 1

|   | <u>Wattios</u> |
|---|----------------|
| <u>Alumbrado de casas y hoteles</u> - - - - -           | 917,600        |
| Alumbrado de calles y vias de circunvalación            | 13,600         |
| Alumbrado de la Glorieta central - - -                  | 1,000          |
| Alumbrado de solares - - - - -                          | <u>27,968</u>  |
| Total de energía a distribuir en esta Sección - - - - - | 960,168        |

SECCIÓN DE TRANSFORMACIÓN Nº 2

Hay 8 solares a los cuales se ha distribuido una energía de 30 HP a cada uno - total

|   |                |
|---|----------------|
| Alumbrado de calles - - - - -                             | 186,640        |
| Alumbrado de calles - - - - -                             | 6,100          |
| Gruas-pórticos - Gruas corrientes y montacargas - - - - - | 191,888        |
| Alumbrado de los almacenes y tinglados                    | 30,000         |
|   | <u>414,628</u> |
| Total de energía distribuida en esta Sección - - - - -    | 414,628        |

SECCIÓN DE TRANSFORMACIÓN Nº 3

|  |               |
|--|---------------|
| Alumbrado de calles - - - - -                          | 6,150         |
| Alumbrado y energía de solares - - - - -               | 150,000       |
| Grúas y montacargas - - - - -                          | 501,952       |
| Alumbrado de almacenes - - - - -                       | <u>70,000</u> |
| Total de energía distribuida en esta Sección - - - - - | 728,202       |



SECCION DE TRANSFORMACION Nº 4

|   |                |
|---|----------------|
| Alumbrado de calles - - - - -                             | 6,900          |
| Alumbrado de solares - - - - -                            | <u>585,000</u> |
| Total de energía distribuida<br>en esta Sección - - - - - | 591,900        |

SECCION DE TRANSFORMACION Nº 5

|   |                |
|---|----------------|
| Alumbrado de calles - - - - -                             | 4,400          |
| Alumbrado de solares - - - - -                            | 400,000        |
| Alumbrado y energía Espigones - - - - -                   | <u>110,400</u> |
| Total de energía distribuida<br>en esta Sección - - - - - | 514,800        |

SECCION DE TRANSFORMACION Nº 6

|   |                |
|---|----------------|
| Alumbrado y servicio de tres espigones                    | 88,320         |
| Alumbrado de calles - - - - -                             | 7,200          |
| Alumbrado de solares - - - - -                            | <u>450,000</u> |
| Total de energía distribuida<br>en esta Sección - - - - - | 545,520        |

SECCION DE TRANSFORMACION Nº 7

|   |                  |
|---|------------------|
| Alumbrado de calles - - - - -                             | 6,750            |
| Alumbrado de almacenes y central eléctrica - - -          | 238,560          |
| Alumbrado de cargaderos de-carbón - -                     | <u>1,000,000</u> |
| Total de energía distribuida<br>en esta sección - - - - - | 1,345,310        |

SECCION DE TRANSFORMACION Nº 8

|   |                |
|---|----------------|
| Alumbrado de calles - - - - -                           | 10,005         |
| Alumbrado de Frigorífica, Almacenes y so-<br>lares - -  | 549,056        |
| Alumbrado de gruas y montacargas - - -                  | <u>553,472</u> |
| Total de energía distribuida<br>en esta Sección - - - - | 1,112,533      |

SECCION DE TRANSFORMACION Nº 9

|   |                |
|---|----------------|
| Alumbrado de calles - - - - -                         | 4,600          |
| " de almacenes - - - - -                              | 40,000         |
| " de grúas, motores, etc. - -                         | <u>272,848</u> |
| Total de energía distribuida<br>en esta Sección - - - | 317,448        |

TRANSFORMADORES

De la anterior distribución se deduce que la energía que tenemos que distribuir es, aumentando el 50% para prevenir probables peticiones de energía, de 9,823 Kw.

Adoptamos pues únicamente tres tipos de transformadores para las potencias máximas de 2,000, 1,500 y 800 Kw. resultadno uno del 1º tipo, tres del 2º y cinco del último.

CALCULO DE LA SECCION DE LOS CABLES DE ALTA TENSION

"Sección A B" - Cable que alimenta el transformador nº 1) (3 conductores).



Potencia en kw. = 1,476.

Intensidad que circulará por cada hilo = 83,2 amperes.

Longitud del cable = 1,400 m.

A esta longitud y para la intensidad dada por cada fase de 83,2 amperes corresponde un diámetro

D = 10 mm.            Sección = 78,5 mm.

«Sección C D»

Longitud 800 m.

Intensidad total = 702 amp.

Intensidad por cada fase = 234, amp.

Diámetro del conductor = 18 mm.

Sección del conductor = 254 mm<sup>2</sup>.

«Sección DE»

Longitud - - - - - 850 m.

Intensidad total - - - - 573 amp.

Intensidad por cada fase 191 amp.

Diámetro del conductor - - 16 mm.

Sección del conductor - - 200 mm.

«Sección EF»

Longitud - - - - - 1,500 m.

Intensidad total - - - - 435 amp.

Intensidad por cada fase 145 "

Diámetro del conductor - 14,5 mm.

Sección del conductor - 165 mm<sup>2</sup>.

«Sección FG»

Longitud - - - - - 900 m.

Intensidad total - - - - 331 amp.

Intensidad por cada fase - - 110 amp.  
Diámetro del conductor - - - 12 mm.  
Sección del conductor - - - 113 mm<sup>2</sup>.

"Sección GH"

Longitud - - - - - 1,400 m.  
Intensidad total - - - - - 149 amp.  
Intensidad por cada fase - - 49 "  
Diámetro del conductor - - - 8 mm.  
Sección del conductor - - - 50 mm<sup>2</sup>.

"Sección CJ"

Longitud - - - - - 1,200 m.  
Intensidad total - - - - - 353 amp.  
Intensidad por rama - - - 118 amp.  
Diámetro del conductor - - 13 mm.  
Sección del conductor - - 132 mm<sup>2</sup>.

"Sección IK"

Longitud - - - - - 1,250 m.  
Intensidad total - - - - - 78 amp.  
Intensidad por fase - - - 26 amp.  
Diámetro del conductor - - 6 mm.  
Sección del conductor - - 27 mm<sup>2</sup>.

"Sección CI"

Longitud - - - - - 300 m.  
Intensidad total - - - - - 332 amp.  
Intensidad por fase - - - 110 amp.  
Diámetro del conductor - 11 mm.  
Sección del conductor - - 95 mm<sup>2</sup>.



CALCULO DE LOS CONDUCTORES DE BAJA TENSION

Al calcular la red de baja hemos supuesto abiertos todos sus circuitos, y supuesto que las ramas están unas a continuación de otras en cada sección secundaria para compensar la falta de muchas líneas en el total del presupuesto, y en el cuadro siguiente se resumen las longitudes y secciones aproximadas que resultan.

SECCIÓN 3

- Cable a) - l = 700 m. - - - - s = 450 mm<sup>2</sup>.
- " b) - l = 700 " - - - - s = 450 "
- " c) - l = 900 " - - - - s = 110 "
- " d) - l = 1700 " - - - - s = 245 "

SECCIÓN 4

- Cable a) - l = 1,100 m. - - - - s = 150 mm<sup>2</sup>.
- " b) - l = 1,110 " - - - - s = 150 "
- " c) - l = 2,000 " - - - - s = 320 "
- " d) - l = 2,100 " - - - - s = 350 "

SECCIÓN 5

- Cable a) - l = 2,300 m. - - - - s = 350 mm<sup>2</sup>.
- " b) - l = 1,800 m. - - - - s = 250 "
- " c) - l = 1,800 m. - - - - s = 250 "

SECCION 6

- Cable a) - l = 1,400 m. - - - - - s = 185 mm2.
- " b) - l = 1,400 m. - - - - - s = 185 "
- " c) - l = 2,500 m. - - - - - s = 400 "
- " d) - l = 2,300 m. - - - - - s = 360 "
- " e) - l = 500 m. - - - - - s = 50 "

SECCION 7

- cable a) - l = 1,400 m. - - - - - s = 400 mm2.
- " b) - l = 600 m. - - - - - s = 220 "
- " c) - l = 2,100 m. - - - - - s = 250 "
- " d) - l = 2,100 m. - - - - - s = 250 "

SECCION 8

- cable a) - l = 600 m. - - - - - s = 310 mm2.
- " b) - l = 900 m. - - - - - s = 500 "
- " c) - l = 2,500 m. - - - - - s = 240 "
- " d) - l = 2,700 m. - - - - - s = 250 "

SECCION 9

- Cable a) - l = 1,600 m. - - - - - s = 50 mm2.
- " b) - l = 1,200 m. - - - - - s = 120 "
- " c) - l = 1,000 m. - - - - - s = 100 "



|   | <u>Sección de distribución</u> | <u>Longitud</u> | <u>Sección conductor</u> |
|---|--------------------------------|-----------------|--------------------------|
| 1 | ( c - a - - -                  | 2,950 m.        | 500 mm <sup>2</sup> .    |
|   | ( c - b - - -                  | 2,700 m.        | 400 mm <sup>2</sup> .    |
|   | ( c - c - - -                  | 2,600 m.        | 400 "                    |
|   | ( c - d - - -                  | 1,950 m.        | 310 "                    |
|   | ( c - e - - -                  | 2,000 m.        | 310 "                    |
| 2 | ( c - a - - -                  | 1,435 m.        | 130 "                    |
|   | ( c - b - - -                  | 1,500 m.        | 140 "                    |
|   | ( c - c - - -                  | 2,500 m.        | 300 "                    |
|   | ( c - d - - -                  | 680 m.          | 50 "                     |
| 3 | ( c - a - - -                  | 700 m.          | 450 "                    |
|   | ( c - b - - -                  | 700 m.          | 450 "                    |
|   | ( c - c - - -                  | 900 m.          | 110 "                    |
|   | ( c - d - - -                  | 1,700 m.        | 245 "                    |
| 4 | ( c - a - - -                  | 1,100 m.        | 150 "                    |
|   | ( c - b - - -                  | 1,110 m.        | 150 "                    |
|   | ( c - c - - -                  | 2,000 m.        | 320 "                    |
|   | ( c - d - - -                  | 2,100 m.        | 350 "                    |
| 5 | ( c - a - - -                  | 2,300 m.        | 350 "                    |
|   | ( c - b - - -                  | 1,800 m.        | 250 "                    |
|   | ( c - c - - -                  | 1,800 m.        | 250 "                    |
| 6 | ( c - a - - -                  | 1,400 m.        | 185 "                    |
|   | ( c - b - - -                  | 1,400 m.        | 185 "                    |
|   | ( c - c - - -                  | 2,500 m.        | 400 "                    |
|   | ( c - d - - -                  | 2,300 m.        | 360 "                    |
|   | ( c - e - - -                  | 500 m.          | 50 "                     |
| 7 | ( c - a - - -                  | 1,400 m.        | 400 "                    |
|   | ( c - b - - -                  | 600 m.          | 220 "                    |
|   | ( c - c - - -                  | 2,100 m.        | 250 "                    |
|   | ( c - d - - -                  | 2,100 m.        | 250 "                    |
| 8 | ( c - a - - -                  | 600 m.          | 310 "                    |
|   | ( c - b - - -                  | 900 m.          | 500 "                    |
|   | ( c - c - - -                  | 2,500 m.        | 240 "                    |
|   | ( c - d - - -                  | 2,700 m.        | 250 "                    |
|   | ( c - a - - -                  | 1,600 m.        | 50 "                     |
|   | ( c - b - - -                  | 1,200 m.        | 120 "                    |
|   | ( c - c - - -                  | 1,000 m.        | 100 "                    |

Total aproximado 60,000 m. de zanja.



Coste total de la central, distribución de alta tensión, transformadores y distribución principal de baja tensión (6,949,000 pesetas), que en números redondo forman un total aproximado de 7,000,000 pesetas

Suponiendo el 10% de interés y la amortización del capital en 20 años habrá que dar de amortización anual 822,300 psetas

Suponiendo un coste de 0,04 pts por kw hora que es lo que hemos obtenido anteriormente, y suponiendo solamente un 35% del consumo durante 16 horas diarias resulta un total de consumo diario de 67,200 kw. y en un año 24,192,000 kw.

Por tanto el gasto anual a razón de 0,04 pts el kw es de 967,680 pesetas

Añadiendo por gastos de personal anual, 180,000 pts y por gastos de conservación también anual, 140,000 pts resulta un total de 2,109,980 pesetas y el precio del kw. es :

$$\frac{2.109,980}{24.192,000} = 0,09 \text{ pts.}$$



