

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Tesis de Bachiller e Ingeniero Civil.

"PASO A DOS NIVELES EN LA PLAZA JORGE

CHAVEZ"

Carlos Torres Llosa

Facultad de Ingeniería Civil

P. I. C. 1957.

Ia. Parte.- Tesis de Bachiller

I N T R O D U C C I O N

Lima al igual que otras grandes capitales sudamericanas, está sufriendo las consecuencias de un desarrollo inmoderado, imprevisible y sobre todo improvisado. Cualquier servicio en estas ciudades está actualmente anticuado y necesita pronta modernización.

El tránsito, debido a estos antecedentes, es uno de los mayores problemas que adolece nuestra ciudad capital. Este aspecto se agranda si se piensa que además de los vehículos que poseen las personas que viven dentro del area metropolitana, transitan también el 97% de los vehículos que circulan por las carreteras vecinas a Lima, (ver gráfico 143, pag. 199, Escario). Complicación mayor en cuanto se piensa que no poseemos vías que permitan desplazarse por los extremos de la ciudad sin entrar en ella.

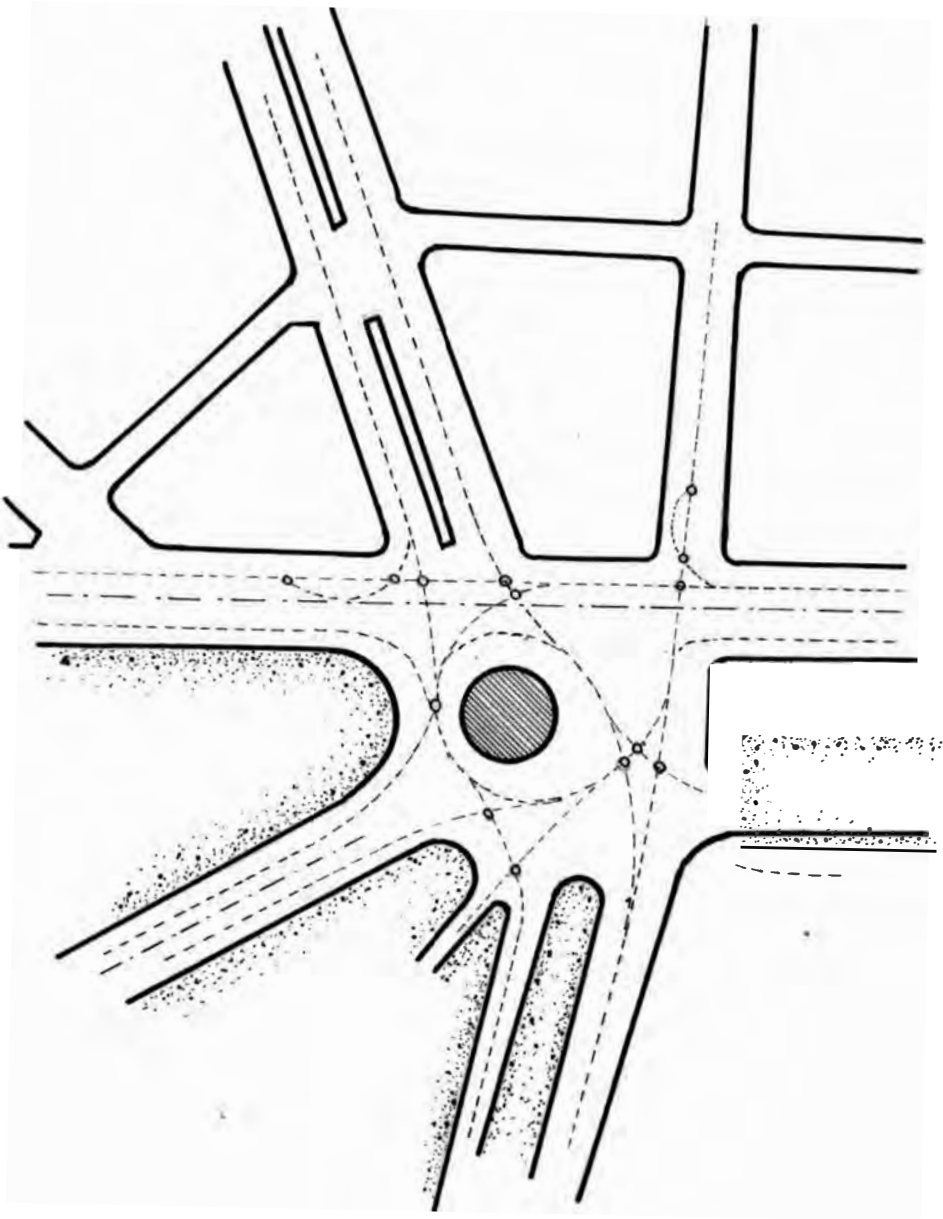
Si analizamos todos estos problemas, observamos que cada día que pasa el problema crece, y el llegar de un punto a otro de la urbe se hace cada vez más difícil. Urge pues pensar y sobre todo "llevar a cabo" obras que hagan más seguro, fluído y rápido el tránsito, tales como vías expresas o semi expresas, subterráneas o a campo abierto, que resuelvan lo mejor posible la circulación en una ciudad que se hizo para un movimiento vehicular nunca sospechado.

1.- OBJETO Y JUSTIFICACION DEL PROYECTO.

El objeto del presente trabajo, junto con el del Sr. Raúl Mata, es mejorar las condiciones de tránsito de la llamada "llave de Lima", vale decir la zona de la Plaza Jorge Chávez, en donde concurren vías que se comunican casi directamente con las tres carreteras troncales del Perú, y sobre todo con distritos que poseen el más alto índice de vehículos en el país (Miraflores, San Isidro, etc.).

Actualmente el círculo donde se encuentra el monumento a Jorge Chávez es un maremagnum de vehículos sin control de ninguna clase, debido sobre todo al poco criterio con que fué planeada la hoy llamada plaza. En el gráfico n° 1 se observa claramente el gran número de puntos de conflicto que se producen a su alrededor. Todos estos factores hacen que la velocidad con que fueron planeadas las vías que concurren a este cruce se vean mermadas en un fuerte porcentaje, así como el crecimiento de accidentes se hace cada vez mayor, sobre todo debido a la impotencia con que se ven las autoridades de tránsito de regularizar o señalizar dicha zona.

Las consideraciones anteriores nos llevaron pues, a pensar en una remodelación del lugar en cuestión . Ahora bien si esta se llevara a cabo por un simple encauzamiento del tránsito, con islas de seguridad, señalización, etc., la solución al problema hubiese



Puntos de Conflicto

mejorado, pero gran parte de los males permanecerían aún, ya que los peligros y defectos de la intersección por rotación no se hubieran podido absolver, los cuales se agravan más si pensamos que dicha plaza nunca debió proyectarse como tal, porque las condiciones existentes no permiten que haya allí un cruce de este tipo. Así por ejemplo, la mínima distancia entre las intersecciones de dos vías consecutivas debería ser de 40 m. para que hubiese fluidez en el movimiento, pero en la realidad esta condición es imposible de obtener ya que no se puede pensar que exista ninguna distancia entre dos intersecciones que se cortan formando una escuina. Igualmente un radio mínimo recomendable sería de 25 m., el cual es irrealizable por el poco espacio que existe, el que sólo permite un círculo de 14 m. de radio.

Por todas estas razones, una solución del tipo de "paso a des nivel" que haría recuperar a la zona su fisonomía antigua, sin los peligros de ella, sería a nuestro concepto una de las mejores soluciones al tránsito de aquel lugar, ya que pensar en una plaza redonda, cuadrada o de otra forma sería una utopía por las razones ya expresadas. Además todos sabemos las amplias ventajas que ofrecen las intersecciones a dos niveles, ya que el aumento de seguridad, rapidez y comodidad en la circulación se eleva extraordinariamente al acabar con todas las engorrosas maniobras de los cruces a nivel.

Sin embargo estos simples motivos expuestos no sería bastantes justificativos si no hubiesen otras causas de por medio. Por ejemplo la zona escogida reúne una condición casi fundamental para una solución del tipo propuesto, que es bastante difícil encon-

trar en un barrio urbano, y es el de tener espacio disponible. En este lugar a despecho de remodelar un 7% del Campo de Marte y la Plazuela Cervantes, logramos formar un trébol para servir al paso a desnivel.

Si pensamos también que ha dicho cruce concurren dos avenidas la 28 de Julio y la Salaverry, se verá que estas llevan a zonas de gran atracción de la capital; la primera a uno de los centros comerciales más importantes y más densamente poblados de la ciudad: el Mercado Mayorista. La segunda avenida enlaza el centro de Lima con esa gran zona administrativa-social, en donde se encuentran dos grandes ministerios, el hospital más grande del Perú, que entrará en funcionamiento muy en breve, el mayor centro de juego con que contamos, es decir el Hipódromo, y que cuando deje de funcionar allí es muy factible que se convierta en un gran zoológico, lugares todos que necesariamente hacen afluir una corriente vehículos y personas bastante elevado. Es pues deseable brindar mayor número de facilidades a todos aquéllos que se dirigen a estos lugares por medio de un mejor servicio de tránsito.

Sin embargo uno de los motivos más importantes para realizar la obra a que nos referimos es la posibilidad de que la remodelación de Jorge Chávez sea el primer paso para convertir a la Av. Salaverry en una vía semi expresa. Cuáles son pues las características que hacen ideal a la citada avenida, para convertirla en una arteria de este tipo? Podemos resumirlas en tres acápites.

- Número reducido de cruces.
- Características especiales de la vía.
- El gran area de servicio que posee.

Respecto al primer punto su evidencia es saltante, dado a que existen tramos muy grande de la avenida absolutamente sin cruces, tales como la zona del Campo de Marte, Hospital del Empleado, Club Hípico e Hipódromo. Además de estos factores, un gran número de los cruces que hay en dicha vía son del tipo "T", o sea que la calle que desemboca en la Salverry no la atraviesa, lo cual facilita el tránsito en esta última. Como medio de ilustración presento a continuación un cuadro en donde se muestran varias de las principales arterias de Lima con la cantidad de intersecciones en cruz y en "T" que cada una posee.

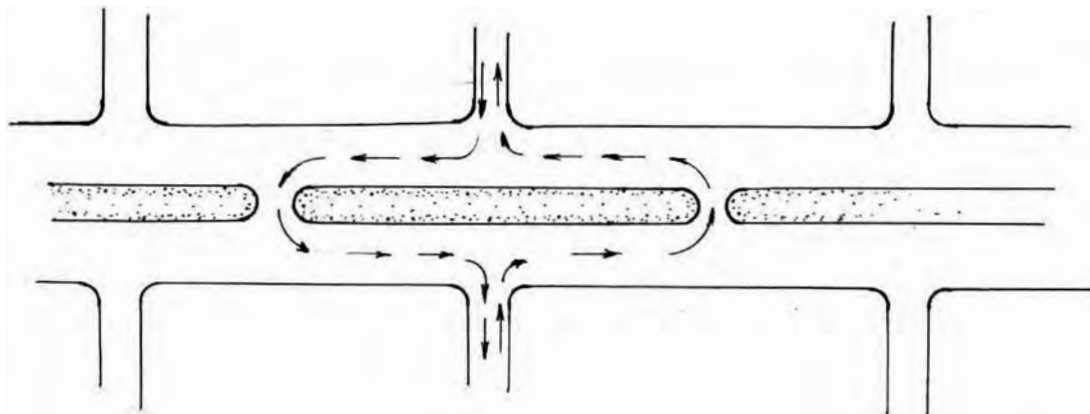
Avenida	Cruz	T	Total	Nº de Cuad.	%
Arequipa	46	13	59	52	100
Brasil	36	10	46	42	78
28 de Julio	31	10	41	37	70
Javier Prado	37	3	40	39	68
SALAVERRY	18	0	27	35	46

Como se puede observar, la Salaverry entre avenidas de más o menos igual importancia tiene condiciones verdaderamente excepcionales ya que sólo posee 27 intersecciones de las cuales la tercera parte corresponde al tipo "T".

Con miras a su conversión en una vía de tránsito rápido, debemos anotar que de esa 27 intersecciones sólo interesan conservar en su totalidad cuatro de ellas, las cuales son: Javier Prado, por el gran movimiento que tiene actualmente, el se acrecentará más cuando esté completamente urbanizado Monterrico; la Pershing, porque ella será el paso obligado de los vehículos que irán al nuevo Aeropuerto; Av. San Felipe, Cruce en "T" que no puede pensar

se en eliminar por su fuerte volumen de tránsito; y finalmente el cruce de las Avs. Mariátegui y Ctlmte. Montero que se podría suprimir por las consecuencias que traería, ya que ambas avenidas se cortan en diagonal justamente en la Salaverry, y ambas poseen también un abultado volumen de tránsito. Todos los demás cruces que existen a los largo de la vía podrían desecharse, en nuestro concepto, ya que no se incomodaría demasiado a automovilista. Esto sucede al eliminar 10 cruces en plenos barrios residenciales, 1 los cuales poseen muy poca densidad de tránsito, y cuatro cruces más, dos correspondientes al Ministerio de Salud Pública, uno al Hospital del empleado y el otro correspondiente a la Av. Cuba. Los nueve cruces en "T", no molestan mayormente al cerrarlos, y más aún estando cinco de ellos suprimidos actualmente.

El segundo punto que se refiere a las características de la vía es ampliamente justificatorio para la consecución de nuestro fin. En primer lugar, cuando anteriormente nos referíamos a la eliminación de los cruces, no pensábamos que al quitarlos no se pudiese pasar de un lado a otro, sino que el vehículo que viene por una de las intersecciones voltee a la derecha cuando llegue a la Salaverry, tenga tiempo de encauzarse y luego haciendo un giro a la izquierda a mitad de cuadra pueda ingresar a la pista de sentido contrario de la Salaverry y finalmente volver al alineamien-



to de la calle por donde había venido. Este procedimiento no podría hacerse si las cuadras que forman la avenida no fuesen lo suficientemente grandes para permitir el encauzamiento, y si el jardín central no permitiera el espacio necesario para que los vehículos puedan esperar comodamente para incorporarse nuevamente al tránsito del otro sentido. Estos dos requisitos son ampliamente satisfechos en la arteria en referencia.

Otra condición esencial que debe satisfacer esta vía es la de su posibilidad de expansión conforme vaya aumentando el número de coches que circulan en ella. Si se ve su perfil transversal en el plano P-1, se observa que tiene actualmente dos pistas de 7 m. cada una y a sus costados existe 5 m. de aceras de los cuales 3 m. son dedicados a jardines. Teniendo en cuenta que esta avenida no tendrá un número excepcional de peatones, se podrá en un futuro eliminar los 3 m. de jardín para dedicarlos al tránsito. Igualmente en el centro de la avenida existe un jardín central de 16 m., al cual se le puede suprimir 50 cm. a cada lado con el fin de que la vía posea tres trochas de 3.65 m., lo que haría a esta arteria sumamente espaciosa y permitiría un tránsito verdaderamente fluido. Hay que tener en cuenta que toda esta ampliación se hace a expensas de fajas de tierra que no malogran en absoluto la estética de la vía ya que los árboles son respetados en su integridad.

Finalmente el tercer punto a que nos referimos al comienzo respecto al area de servicio que tiene Salaverry, es ampliamente apreciada por todos, pero se ve incrementada si se piensa que nuestra vía al empalmarse con Guzmán Blanco, y luego con Alfonso

Ugarte, ambas debidamente remodeladas y existiendo un paso por debajo de la Plaza Bolgnesi que une estas dos avenidas, trabajos que realizan el Sr. Julio Riccini, comunicaría Miraflores y alrededores con el centro de Lima (Plaza 2 de Mayo), merced a una vía rápida y segura que adaptaría a Lima al tránsito moderno en una zona en la cual el movimiento de vehículos se hace cada vez más intenso.

2.- ESTUDIO DEL TRANSITO.

Como anteriormente he dicho el cruce formado por las avenidas Salaverry, Guzmán Blanco, 28 de Julio y Washington, es una intersección por rotación un poco "sui generis", ya que nunca fué planeada como tal. Es por esta razón que un estudio de tránsito de esa zona requería mucho tiempo, personal muy especializado y contadores automáticos para poder hacer un estudio exhaustivo de los diversos movimientos que pueden hacer los vehículos.

La Oficina de Planeamiento y Urbanismo de Lima, que es la única repartición oficial que se ocupa de estudiar el tránsito de una manera técnica, no poseía estudios realizados en la Plaza Jorge Chávez. Es por esta razón que un grupo del 5º Año de Ingeniería Civil (1957), formado por los alumnos: Ernesto Farragut, Raúl Mata, Carlos Pimentel, Alejandro Pimentel, Angel Pacheco y Carlos Torres Llosa, tuvo que hacer el estudio del tránsito en esa zona, con las limitaciones del conteo a mano, y la dificultad que supone una intersección por rotación.

Los volúmenes de tránsito fueron tomados a las 12 del día y a las 6 de la tarde durante una hora, por ser en esos momentos, según la O.N.P.U. las horas en que se producen el máximo movimiento de vehículos.

El tránsito se ha separado en tres grupos: autos, omnibus, ca

miones y otros vehículos (bicicletas, motocicletas, etc.). En la medida de lo posible se ha tratado de ver la trayectoria que siguen los vehículos al ingresar al cruce (giros derecha, izquierda de frente, etc.) ya que tratar de lograr conocer todos los desplazamientos es muy difícil en nuestro medio por las razones ya nombradas.

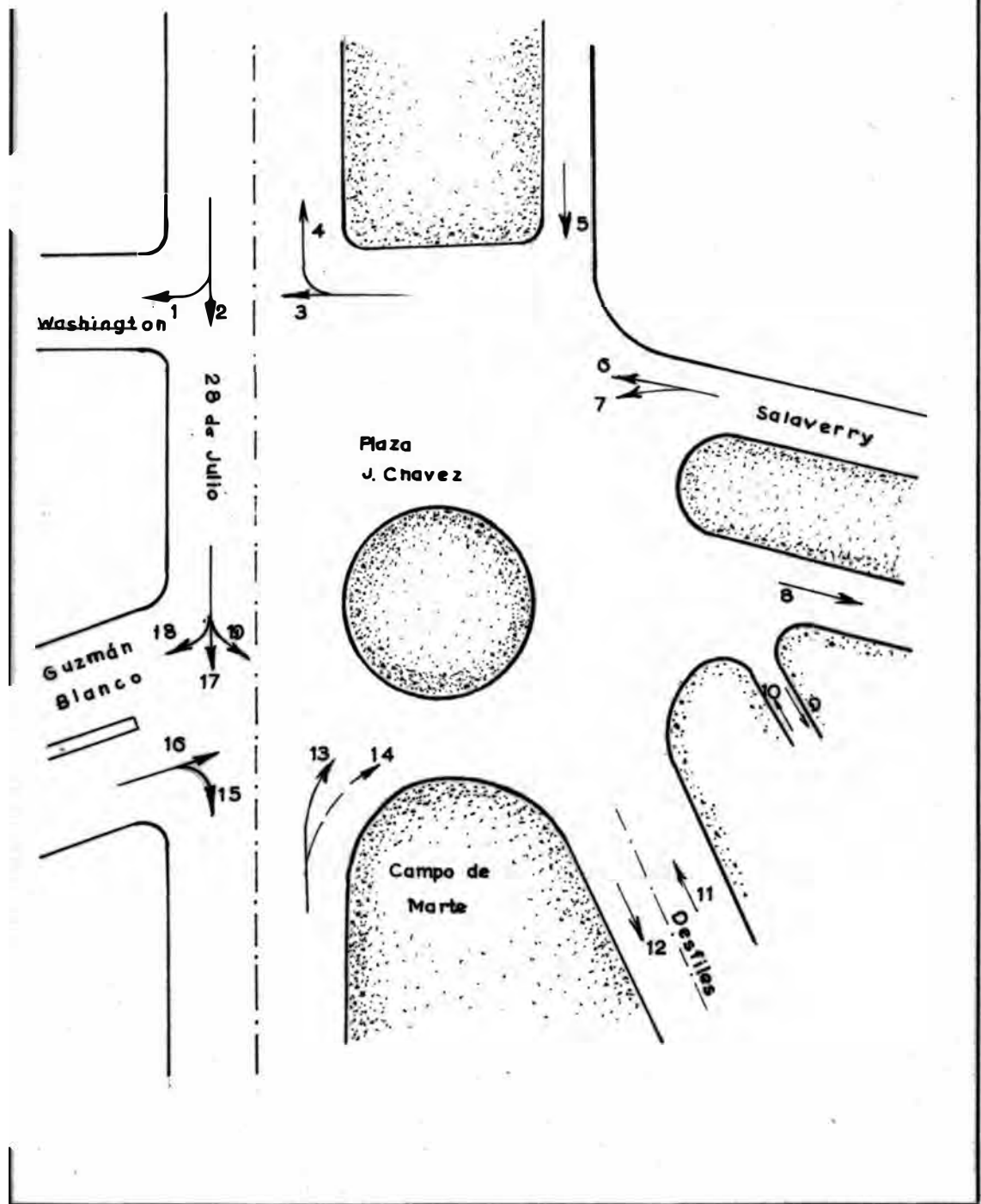
En el gráfico que adjunto se muestran las direcciones que fueron estudiadas, y los resultados obtenidos se ven en los siguientes cuadros.

Día: 23 - 5 - 57.

Hora: 12 - 1 p.m.

Dirección	Autos	Camiones Omnibus.	Otros	Total
1	1108	109	75	1292
2	44	13	10	67
3	287	16	6	309
4	750	106	40	905
5	11		2	13
6	431	9	19	459
7	253	47	6	306
8	1409	68	56	1533
9	38		2	38
10	29		4	33
11	51	2		53
12	86	4	2	92
13	345	81	18	444
14				
15	32	2	3	37

Estudio del Tránsito



Dirección	Autos	Camiones Omnibus.	Otros	Total
17	384	34	19	437
18	382	60	37	479
19	360	9	8	377

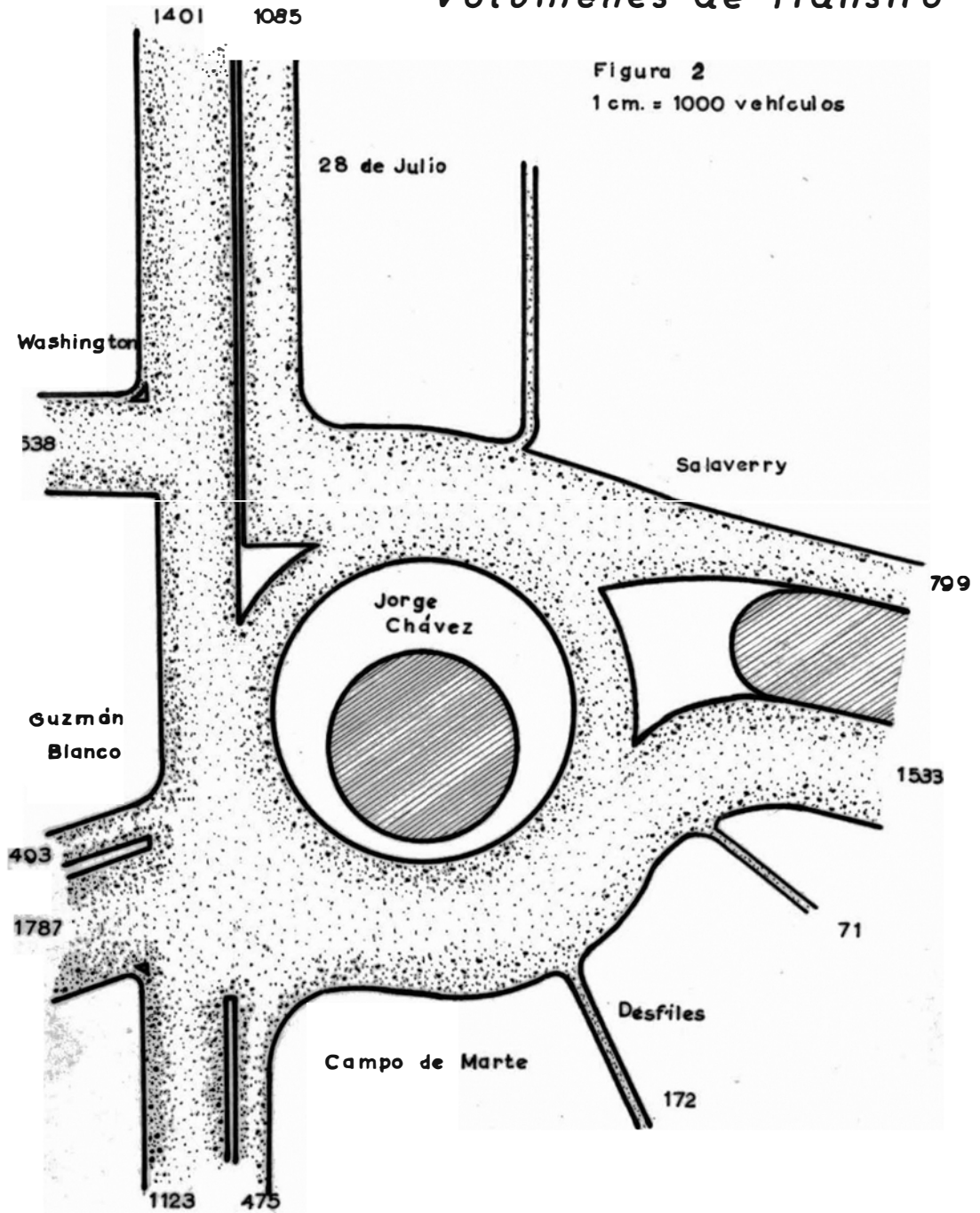
66

Según observamos de los resultados obtenidos anteriormente, los mayores volúmenes de tránsito que se producen son en las avenidas Guzmán Blanco y Salaverry en la Dirección Norte-Sur, y en la Av. 28 de Julio en sus dos sentidos. Es muy probable que las cifras anotadas se truequen en direcciones contrarias, ya que los datos obtenidos se han tomado en horas en que la población se traslada de su trabajo a sus domicilios, siendo pues de esperar que cifras similares se produzcan cuando en las primeras horas de la mañana o la tarde el movimiento vehicular sea el inverso.

Para observar con mayor claridad el movimiento horario de la zona presento a continuación el gráfico de volúmenes de tránsito (fig. 2-2) con los valores que se encuentran más altos.

Hacemos incapié sobre los resultados obtenidos en cuanto se refiere que estas cifras sólo nos servirán como una orientación y no como números exactos, ya que para considerarlos como tales habría habido necesidad de que éstos fuesen el producto de anotaciones diarias y durante todas las horas por un determinado número de meses. Como en nuestro medio es muy difícil obtener datos de esta naturaleza nos vimos pues en la obligación de hallar cifras que nos informaran aunque sea superficialmente del movimiento horario de la zona estudiada.

Volúmenes de Tránsito



3.- SOLUCION PROPUESTA.

Como hemos dicho anteriormente, nuestro punto de vista para solucionar los puntos de conflicto que se producen en la zona escogida, es el del trébol incompleto. Es decir que por condiciones topográficas sólo podemos construir en forma completa una de las cuatro hojas de que consta el trébol.

a.- Dirección del tránsito en las vías.-

Antes de dar la solución definitiva, había que considerar si era factible que en el futuro el sentido de las vías principales fuese invertido.

Para ello vimos que tres de las principales avenidas tiene doble sentido, los cuales conservaremos en su totalidad en el proyecto y por lo tanto no variarán en el futuro su dirección.

La única vía que podría pensarse en que variaría es el Jirón Washington. Esta variación podría ser de dos maneras, o cambiando el actual sentido o convirtiéndolo en vía de doble tránsito. El primer caso es francamente ilógico, ya que en vez de solucionar algo, lo único que haría es complicar más el movimiento vehicular de la zona, ya que crearía un punto de conflicto insalvable con los vehículos que vienen de los balnearios del Sur, por la Av. Salaverry; romperíamos pues de esta manera el ordenamiento lógico del tránsito que existe actualmente en esta vía, ya que además como se puede apreciar a simple vista el Jirón Washington es la prolonga-

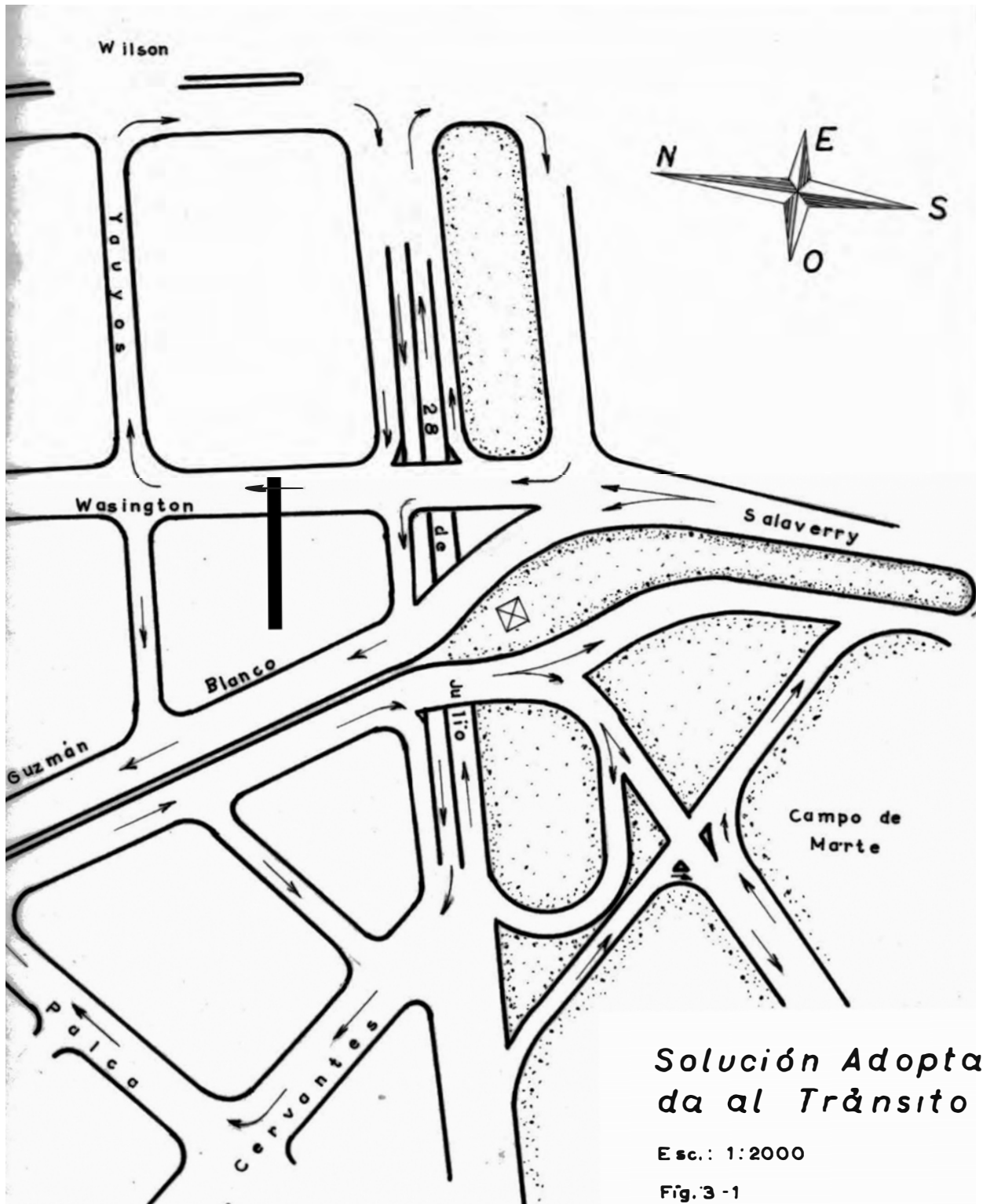
ción de la calzada de dirección Sur-Norte de la Av. Salaverry.

La segunda hipótesis, es decir la reactualización del doble sentido en el jirón mencionado, sería imposible a no ser que se le dé mayor ancho a la vía por medio de una costosísima expropiación que no se justifica. Es pues muy improbable que dicha medida se lleve a cabo por las dificultades que crearía debido a la estrechez de la calzada y los motivos que aducimos en la anterior suposición. O sea que en el proyecto definitivo conservaremos el actual sentido del Jirón Washington, por ser casi imposible que se produzca una modificación en el que está en vigencia.

b.- Solución adoptada.

La forma como se ha resuelto el problema del tránsito en la Plaza Jorge Chávez se puede observar en el gráfico 3-1. En primer lugar se puede ver que la Av. 28 de Julio es la que se hunde, y que Guzmán Blanco y Washington pasan por encima de ella. Ahora bien se ha hecho la unión real de la Av. Salaverry con con la Guzmán Blanco mediante la construcción de un jardín que une la circunferencia del Monumento con el jardín central de la Salaverry. Al proyectar esta unión se ha tratado de no disminuir en absoluto el área libre que rodea actualmente al monumento, para no restarle perspectiva, sino más bien darle mayor prestancia.

El tránsito de la pista Sur-Norte de la Salaverry se ha canalizado para su ingreso a Guzmán Blanco y Washington por medio de una isla de seguridad. Para que no sea brusco el cambio de ancho de la Salaverry (7 m.) al ancho de Guzmán Blanco y Washington (10 m.) se ha ensanchado en forma gradual la Salaverry hasta lograr la amplitud deseada, a costa de la acera que se encuentra al costado del Club Lawn Tennis que posee en su comienzo 10 m. de ancho, por lo que no le afecta que se le disminuya un tanto. (Ver planos D-1 y D - 2)



El movimiento de vehículos puede verse fácilmente en el grabado ya indicado. Los cambios de dirección se hacen por medio de las hojas de trébol, y se ha tratado que al hacerlo los carros no giren a la izquierda. En la solución propuesta el ala nor - este está formada por la manzana que constituyen las avenidas Wilson y 28 de Julio, y los jirones Washington y Yauyos. Esta hoja sirve a los vehículos que viniendo de Miraflores desean ir a la Av. 28 de Julio en su dirección este-oeste.

El ala sur -este está constituida por la Plazuela Cervantes debidamente remodelada en cuanto se refiere a curvas de volteo con radio mínimo, como también dar más amplitud a la 28 de Julio para que puedan circular los vehículos que deseen voltear hacia la Victoria viniendo de Miraflores. Esta hoja permite también que los coches que viniendo por la pista de dirección oeste-este de la 28 de Julio desean ingresar a las avenidas Guzmán Blanco y Washington.

La hoja sur-oeste es la única que puede llamarse así en todo el sentido de la palabra. En efecto por medio de una remodelación de la punta norte del Campo de Marte, logramos que los vehículos que vienen en la pista oeste-este de la 28 de Julio puedan ingresar casi directamente a la Salaverry para dirigirse a Miraflores mediante una vía de enlace. Digo casi directamente porque ésta se ve atravesada por la pista de Desfiles del Campo de Marte. Es por esta razón que nos hemos visto obligados a diseñar en esta hoja un cruce a nivel en la intersección de la Av. de Desfiles y la pista de volteo; respecto a la primera hemos considerado la subsistencia del doble sentido en su totalidad hasta el lugar del cruce, en donde los vehículos que se dirigen hacia la plaza se desvían por la vía de enlace, ingresan a la Salaverry y para dirigirse al centro de Lima hacen el único giro a la izquierda que existe en nuestro proyecto. Ahora bien este giro es ampliamente justificatorio si se ve

los pocos vehículos que ingresan por dicha avenida y si se observa que el jardín central de la Salaverry permite con mucha facilidad que un coche espere sin molestar a ninguna de sus dos vías. Los carros que ingresan a la Av. de Desfiles por su lado norte, utilizan la pista de volteo que se ha diseñado con una amplitud de la mitad del ancho de la vía considerada, para evitar que los vehículos que vienen en dirección contraria no puedan seguir de frente y se vean obligados a hacer el giro respectivo. Es también interesante hacer notar que si en un futuro más o menos remoto el volumen de tránsito aumente en tal forma que la capacidad de la vía de Desfiles resulte estrecha, podría dividirse el tránsito entre las Avenidas Angamos y de Desfiles. Así los vehículos que tienen la dirección norte-sur podrían ingresar por la pista de Desfiles y los que siguen la dirección contraria entrarían por Angamos.- En esta hoja del trébol existe también una pista especial para los coches que viniendo de Lima por la Guzmán Blanco desean dirigirse hacia la Victoria.

Finalmente el ala nor-oeste está integrada por las calles Cervantes, Palca y Guzmán Blanco. Esta hoja sirve a los vehículos que viniendo de la Victoria desean ir a Miraflores; igualmente pueden usarla los coches que transitando por Guzmán Blanco desean ingresar a la 28 de Julio.

En el proyecto adoptado se podrá apreciar que parte de la vía existente entre Salaverry y la Av. de Desfiles ha sido suprimida y se ha creado un desvío de la misma a la altura más o menos en donde está dividido el jardín de la Salaverry para dejar pasar a los vehículos de un lado a otro. El objeto de esta supresión es obvio; en primer lugar se habrá notado que en el estudio de tránsito efectua-

do el movimiento vehicular en esa pista es casi nulo, luego si se observa un plano total de la zona se verá que dicha pista conduce practicamente nuevamente a la Salaverry, y finalmente una calle de esta naturaleza lo único que consigue al desembocar en nuestro cruce es complicar más aún el tránsito sin traer por supuesto ninguna ventaja a favor. Igualmente hemos hecho de esta vía de un solo sentido en la dirección norte-sur.

c.- Razones por las cuales se adoptó la solución propuesta.

Habiendo visto en que consiste la solución elegida, anotaremos las causas por las cuales se hundió 28 de Julio en vez de Salaverry vale decir el porqué no se eligió la solución opuesta a la nuestra.

Si se pensara hundir Salaverry o sea hacerlo igualmente con Washington y Guzmán Blanco se tendría dificultades que no se encuentran en la solución adoptada. En primer lugar habría dos vías hundidas en lugar de una, con sus consiguientes molestias. Además, las condiciones topográficas no lo permitirían en el caso de querer sumir la Salaverry, primeramente porque las amplias condiciones de visibilidad que existen en la superficie se vuelven imposibles cuando existen obstrucciones laterales, tales como los muros de contención que supone debe haber, ya que el mínimo radio de visibilidad permitido es el de 166 m. como ya veremos posteriormente, el que resulta imposible obtenerlo por el poco espacio que existe y porque el ángulo de intersección de las avenidas Guzmán Blanco y Salaverry es muy abierto, lo cual hace que sólo pueda soportar radios inferiores a los 70 m.

Aparte de todo lo expuesto, hundir de esta forma a la vía en discusión aumentaría el costo de la obra ya que sería necesario hacer una estructura especial que resistiera el peso del monumento a Jorge Chávez, así como los costos de movimiento de tierras aumentarían debido al mayor volumen de excavación.

Si consideramos ahora toda la solución en conjunto, pasando la 28 de Julio por la superficie, tendríamos que el sistema adoptaría dos giros a la izquierda contra ninguno que existe en la solución que hemos acordado, ya que ambos tienen el giro a la izquierda correspondiente a la Av. de Desfiles. Otra desventaja que tiene el usar una solución como la que se esté analizando es de que no sería posible aprovechar la Plazuela Cervantes como ala del trébol. La solución adoptada además tiene la ventaja de ser la única que no se interfiere con la solución al Cruce Wilson - 28 de Julio que ha planeado el Sr. Raúl Mata.

Todos los argumentos antes expuestos hacen ver el por qué se hundió la 28 de Julio, ya que al hacerlo se eliminaban todos los inconvenientes antes anotados, es decir visibilidad, complicación en las estructuras, etc.

4.- CAPACIDAD DE TRANSITO DE LAS VIAS PRINCIPALES.

Para fijar la capacidad de las vías, diremos primero que todas ellas, a excepción de Washington, son de doble tránsito y de cuatro trochas.

De acuerdo a normas norteamericanas, para nuestra velocidad de régimen 48 km/hora, muy aceptable para el tránsito urbano, observamos que la capacidad máxima teórica es de 2000 vehículos por hora y trocha, la que está limitada sin embargo por la capacidad práctica a 1000 vehículos por hora y trocha. Tenemos pues que nuestras vías: Salaverry, Guzmán Blanco y 28 de Julio, tienen como capacidad teórica 4000 vehículos por hora y sentido de tránsito, es decir 8000 vehículos en ambos sentidos; como capacidad práctica 2000 vehículos por hora y sentido de tránsito, o sea 4000 vehículos en total.

Por las estadísticas de tránsito que hemos mostrado anteriormente observamos que el mayor volumen que se produce en las avenidas mencionadas es el siguiente:

Avenida	Un sentido	Dos sentidos
28 de Julio	1401	2486
Guzmán Blanco	1787	2190
Salaverry	1533	2332

Como vemos aún falta un promedio de 500 vehículos para alcanzar la capacidad práctica que nos hemos fijado para una dirección, y 1700 para los dos sentidos.

En nuestras vías no existen restricciones en la capacidad debido a los vehículos comerciales o a las obstrucciones laterales, salvo el caso de la avenida 28 de Julio que posee aproximadamente el 10 % de transporte comercial, y obstrucción lateral a un lado del pavimento. Veremos cuál es la influencia de estos factores en la capacidad de esta vía de acuerdo a las especificaciones norteamericanas.

	Vehíc.Comerc.	Obst. Lat.	Total
Cap. Teórica	0.91	0.83	0.78
Cap. Práctica	0.94	0.80	0.752

Luego:

Cap. Teórica: $2000 \times 0.78 = 1560$ vehículos/hora y trocha

Cap. Práctica: $1000 \times 0.752 = 752$ vehículos/hora y trocha

Vemos pues que en total se tendrá 3120 vehículos por sentido para la capacidad teórica y 1504 para la práctica. Viendo estos datos y los estadísticos se diría que nuestro camino habría alcanzado la vejez, sin embargo hacemos notar que actualmente las restricciones laterales no existen, y que cuando las haya la vía proyectada poseerá seis trochas en total y gran parte de los vehículos comerciales no ingresarán por dicha vía, factores por los cuales se vislumbra que la 28 de Julio tendrá en cambio por remodelar una capacidad de tránsito mucho mayor que la actual.

5.- CONSIDERACIONES QUE SE HAN TENIDO EN CUENTA PARA LA PROYECCION DE LAS VIAS SUPERIORES.

Al proyectar una vía en planta que posee curvas, para que sea segura es necesario que cumpla varios requisitos, entre ellos merecen especial interés los de visibilidad, eliminación del peligro al deslizamiento debido a la fuerza centrífuga y que los pesos de la alineación recta al de curva se haga sin cambios bruscos.

a.- Visibilidad.

A pesar de que la zona existe una visibilidad absoluta, siempre es deseable cuando las condiciones lo permiten, que el radio de la curva sea el que corresponde al mínimo radio de visibilidad, es decir al de visibilidad de frenado. Con este motivo veremos qué valores se obtienen en nuestro caso particular.

La distancia de visibilidad de frenado está dada por la siguiente fórmula:

$$d_v = d_v^1 + d_v^2 \quad (1)$$

en donde d_v^1 es la distancia que recorre el vehículo desde el momento que el conductor divisa el obstáculo hasta que aplica los frenos. Esta expresión está dada por la siguiente ecuación:

$$d_v^1 = 0.00492 \frac{V^2}{u_r} \quad \begin{array}{l} d_v^1 \text{ en metros} \\ V \text{ en Km/hora} \end{array}$$

u_r es un coeficiente que varía entre 0.2 a 0.8, según la AASHO. Tomaremos en este caso el valor de 0.5, bastante recomendable.

Aplicando la fórmula, en donde $v = 48$ k/hora, tenemos:

$$d_v' = 0.00492 \frac{48^2}{0.5} = 22.60 \text{ m}$$

Ahora bien, d_v'' es la distancia que dura el frenado debido al tiempo de percepción y reacción. Este tiempo en nuestro caso es aproximadamente igual a 3 segundos. Luego:

$$d_v'' = v \times t \quad v = \text{velocidad en m/sg.}$$

Para $V = 48$ k/hora corresponde a: $v = 13.4$ m/sg.

Reemplazando valores tenemos:

$$d_v'' = 13.4 \times 3 = 40.20 \text{ m}$$

Sustituyendo en (1):

$$d_v = 22.60 + 40.20 = 62.8 \approx 63$$

$$d_v = 63 \text{ m.}$$

Con este valor pasamos a calcular el radio de la curva que le corresponde, el cual está dado por la siguiente expresión:

$$R = \frac{d_v^2}{8 \times a} \quad (2)$$

En donde "a" es la distancia del ojo del observador al filo del pavimento; considerando que el ancho normal de un vehículo es de 2.50 metros y que esté a 0.50 m. del pavimento, tendremos que la distancia "a" será de 3 m. Luego, reemplazando valores en (2), tendremos:

$$R = \frac{63^2}{8 \times 3} = 166$$

$$R = 166 \text{ m.}$$

Sin embargo, no obstante haber dicho anteriormente que sería muy recomendable utilizar este radio para los cálculos de la curva las condiciones topográficas no lo permiten en la unión de las

avenidas Salaverry y Guzmán Blanco, sino sólo en la intersección de Washington con Salaverry.

Es por este motivo, que para tener un criterio para escoger los radios de las curvas restantes hallaremos cuál es el que corresponde al efecto de la fuerza centrífuga.

b.- Radio mínimo para que no exista deslizamiento.

Antes de seguir adelante hay que considerar que no se tomará en cuenta el efecto de volteo ya que para iguales velocidades se obtienen radios más pequeños.

El radio mínimo permisible para que no exista deslizamiento está dado por la siguiente expresión:

$$R = \frac{V^2 (1 - u_t \operatorname{tg} \alpha)}{127 (\operatorname{tg} \alpha + u_t)}$$

Donde $\operatorname{tg} \alpha$ es la que corresponde al peralte de la curva. Si la hacemos igual a cero, o sea que no haya peralte tendremos:

$$R = \frac{V^2}{127 u_t}$$

Reemplazando en esta expresión: $V = 48$ k/hora
 $u_t = 0.5$

$$R = \frac{48^2}{127 \times 0.5} = 36$$

$$R = 36 \text{ m}$$

Como este radio es muy reducido en los cálculos de las curvas utilizaremos como cifra de cálculo el valor de 70 metros, es decir casi el doble del hallado, valor con el cual si se pueden escoger los puntos de cambio de las curvas.

Antes de pasar al cálculo de las curvas de transición expondremos cuál ha sido el criterio para colocar los puntos de cambio de las curvas, así como su respectivo cálculo.

c.- Cálculo de las curvas horizontales.

Para la curva que une los alineamientos rectos de Washington

y Salaverry no existió dificultad, primero porque el ángulo de intersección era muy pequeño y segundo porque las condiciones topográficas permitían hacer uso de radios más o menos grandes. Para calcular la curva se ha utilizado la intersección de cada filo del del pavimento, debido a que el ensanchamiento anteriormente citado de la Salaverry, que no posee un eje, se hizo asimétricamente para que el cambio de anchos fuese gradual. Se ha utilizado como radio de cálculo el que permite la visibilidad de parada o sea el de 166 m. En el plano n° 3, D-2 se ven las anotaciones que se han utilizado para denominar los ángulos.

$\text{tg } \alpha' = 0.2 \dots \alpha' = 11^\circ 20' \dots$	$T = 0.09189 \times 166 = 15.22 \text{ m}$
	$E = 0.00421 = 0.70 \text{ m}$
	$L = 0.18326 = 30.40 \text{ m}$
$\text{tg } \alpha'' = 0.23 \dots \alpha'' = 13^\circ 00' \dots$	$T = 0.11394 \times 166 = 18.80 \text{ m}$
	$E = 0.00647 = 1.08$
	$L = 0.22689 = 37.60$

La curva que une Salaverry con Guzmán Blanco no ha podido hacerse mediante un solo punto de cambio, sino que ha sido necesario utilizar más de uno en ambas pistas; en la de sentido sur-norte se han usado dos y en la de sentido contrario tres. La ubicación de estos P.I. se han hecho haciendo pasar los alineamientos rectos tan gentes al círculo que bordea el monumento, con la finalidad de que éste no vea restada su perspectiva por la supresión de jardines a sus costados. El radio utilizado en los cálculos ha sido de 70 m.

$\text{tg } \beta' = 0.36 \dots \beta' = 19^\circ 50' \dots$	$T = 0.17483 \times 70 = 12.30 \text{ m}$
	$E = 0.01517 = 1.06$
	$L = 0.34616 = 24.20$
$\text{tg } \beta'' = 0.51 \dots \beta'' = 27^\circ 01' \dots$	$T = 0.24008 \times 70 = 16.80 \text{ m}$

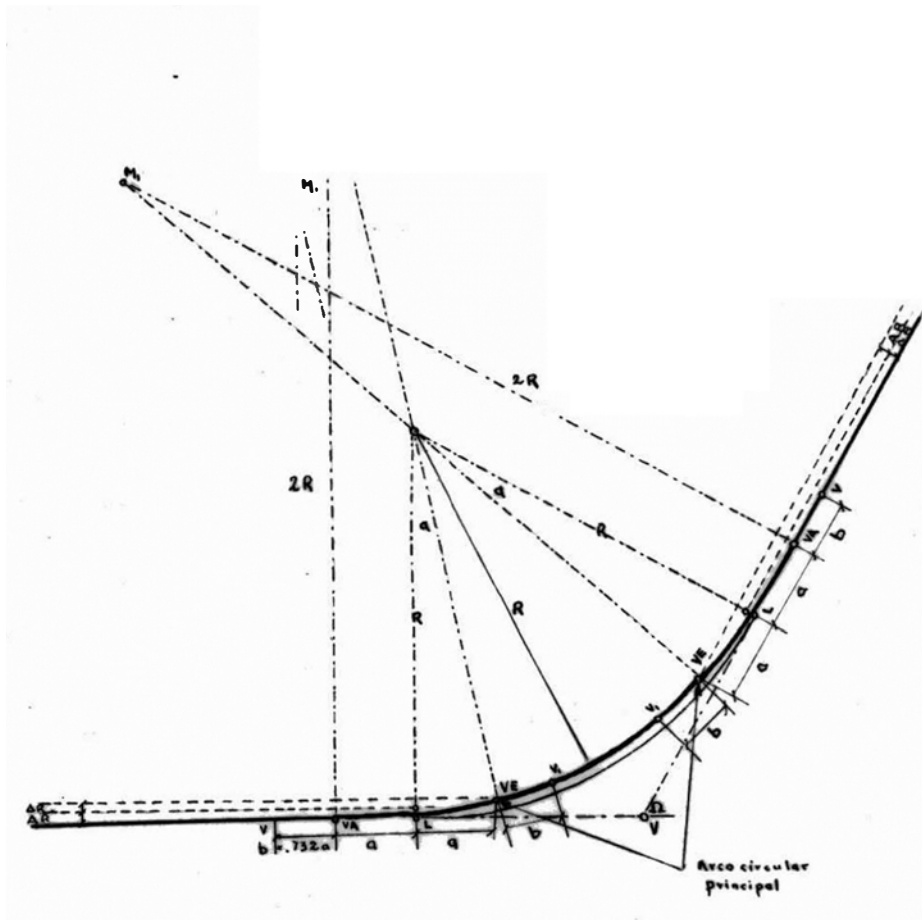
	$E = 0.02845 \times 70 = 1.98 \text{ m}$
	$L = 0.47153 = 33.00$
$\text{tg } \beta'' = 0.88 \dots \beta'' = 41^\circ 21' \dots$	$T = 0.37737 \times 70 = 26.50 \text{ m}$
	$E = 0.06883 = 4.90$
	$L = 0.72169 = 50.50$
$\text{tg } \delta = 0.54 \dots \delta = 28^\circ 20' \dots$	$T = 0.25242 \times 70 = 17.70 \text{ m}$
	$E = 0.03137 = 2.20$
	$L = 0.49451 = 34.50$
$\text{tg } \delta' = 2.00 \dots \delta' = 63^\circ 30' \dots$	$T = 0.61882 \times 70 = 43.20 \text{ m}$
	$E = 0.17598 = 12.00$
	$L = 1.10538 = 77.00$
$\text{tg } \delta'' = 2.17 \dots \delta'' = 65^\circ 18' \dots$	$T = 0.64076 \times 70 = 44.60 \text{ m}$
	$E = 0.18767 = 13.10$
	$L = 1.13970 = 97.00$

d.- Curvas de Transición.

El objeto de las curvas de transición es eliminar los cambios bruscos que se producen al pasar de un alineamiento recto a uno curvo. No siempre es necesario utilizarlas, ya que están en función de la velocidad de régimen y del radio de la curva. El gráfico 48 de la página 94 del libro de Escario, muestra cuando se deben usar estas curvas; en nuestro caso es necesario en aquéllas que tengan 70 m. de radio.

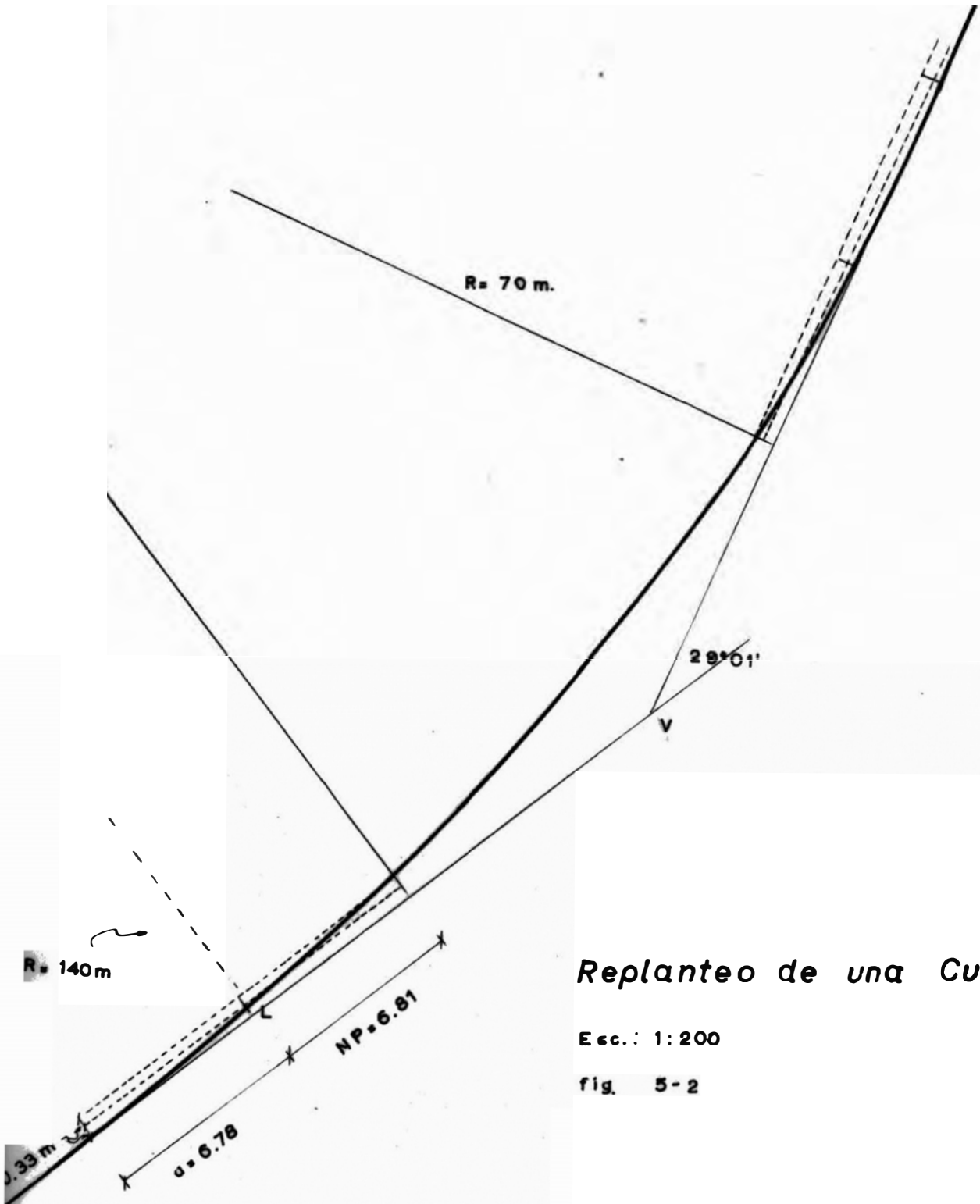
El método de cálculo que se usará es el de "Transición circular" o curva con radio doble. Este método es bastante exacto y mucho más simplificado, por lo cual lo hemos adoptado.

Las fórmulas a usarse son las siguientes:



Curva de Transición Circular

Fig.



Replanteo de una Curva

Esc.: 1:200

fig. 5-2

6.- TRAZADO EN PERFIL DEL PASO A DESNIVEL.

Das condiciones generales se ha tenido en cuenta para el trazado de las curvas verticales, y son:

- La altura mínima que debe existir entre la parte más baja del puente y el pavimento será 4.30 m.

- De acuerdo al libro de Escario en la pag. 114 las pendientes máximas de un camino cuya velocidad de régimen es 50 k.p.h. varían del 6 al 8%. En nuestro caso con el fin de obtener rampas pequeñas por condiciones topográficas hemos adoptado como pendiente máxima 7%.

a.- Curvas verticales cóncavas.

Las fórmulas y procedimiento de cálculo que se usarán están de acuerdo los lineamientos seguidos por el Ingeniero argentino Sr. José Cravello en su trabajo sobre curvas verticales presentado al IV Congreso Panamericano de Carreteras.

Usaremos el caso en que $L < D$, luego:

$$L = 2D - \frac{800 (A - \frac{h + h'}{2})}{i_0}$$

En donde: L , longitud de la curva.

D , distancia de visibilidad.

A , mínima altura existente en el paso a desnivel, en nuestro caso 4.30 m.

h , altura de la vista del conductor.

h' , altura del obstáculo. Se considerará $h = h' = 1.3\text{m}$

i_0 , diferencia algebraica de pendientes.

Reemplazando las constantes dadas, la fórmula se convierte

en:

$$L = 2D - \frac{2400}{i_0}$$

Para la rampa de bajada tendremos:

$$\begin{aligned} i_1 &= 7\% \\ i_2 &= 1.5\% \end{aligned} \quad \therefore i_0 = 7 - 1.5 = 5.5\%$$

La longitud de curva recomendable para nuestra velocidad está dada por la siguiente fórmula:

$$L = \frac{V^2}{500} i_0 = \frac{48^2}{500} \times 5.5 = 25 \text{ m.}$$

Sin embargo para mejorar el diseño de la curva se adoptará como longitud de cálculo 40 m.

Reemplazando este valor de L en la primera fórmula y despejando el valor de D , se obtendrá:

$$D = \frac{40}{2} + \frac{2400}{2 \times 5.5} = 238 \text{ m}$$

Como se verá la distancia de visibilidad encontrada es casi cuatro veces mayor que la mínima que se debía tener. Por lo tanto se mantendrá la longitud de curva adoptada.

La determinación de los puntos de la curva se efectúa de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$y = \frac{i_0}{200 \times L} \times d^2 ; \text{ en donde "d" es la abscisa de la curva.}$$

$$y = \frac{5.5}{200 \times 40} d^2 = \frac{5.5}{8000} d^2$$

d	d ²	y
5	25	0.017
10	100	0.069
15	225	0.154

La ordenada máxima será:

$$H = \frac{L \cdot i_0}{800} = \frac{40 \times 5.5}{800} = 0.27 \text{ m}$$

Análogo cálculo se sigue para la curva de la rampa de subida.

$$i_1 = 1.5\%$$

$$\therefore i_0 = 1.5 - (-7) = 8.5 \%$$

$$i_2 = -7\%$$

Longitud de curva:

$$L = \frac{48^2}{500} \times 8.5 = 39 \text{ m.} \therefore L = 40 \text{ m.}$$

Distancia de Visibilidad:

$$D = \frac{40}{2} + \frac{2400}{2 \times 8.5} = 171 \text{ m} > d_v \text{ mínima}$$

Ordenada máxima:

$$H = \frac{40 \times 8.5}{800} = 0.425 \text{ m}$$

Cálculo de ordenadas:

$$y = \frac{8.5}{200 \times 40} d^2$$

d	d ²	y
5	25	0.026
10	100	0.106
15	225	0.240

b.- Curvas verticales convexas.-

El método de cálculo a seguirse es el del Ing. Cravelo, y de procedimiento similar al anterior.

Se tomarán las fórmulas correspondientes a $L < d_v$. Se tendrá así:

$$L = 2 d_v - \frac{200}{i_0} (h + h' + 2 \sqrt{h h'})$$

Los términos de la expresión son los mismos que los de curvas verticales cóncavas.

Si: $h = h' \therefore h + h' + \sqrt{h h'} = 5.2$

$$L = 2 d_v - \frac{1040}{i_0}$$

Si en esta última expresión ponemos el valor de la mínima distancia de visibilidad: $d_v = 63$ m, tendremos:

$$L = 126 - \frac{1040}{i_0}$$

En la rampa de bajada: $i_1 = -1\%$ $\therefore i_0 = -1 - (-7) = 6\%$
 $i_2 = -7\%$

En la rampa de subida: $i_1 = 7\%$ $\therefore i_0 = 7 - (-1.14) = 8.14\%$
 $i_2 = -1.14\%$

Reemplazando estos valores en la fórmula anterior se tiene:

$$L = 126 - \frac{1040}{6} = \text{cantidad } (-)$$

$$L' = 126 - \frac{1040}{8.14} = \text{cantidad } (-)$$

Como se ve no se puede aplicar la mínima distancia de visibilidad porque resulta una cantidad negativa. Por lo tanto es necesario aumentar dicha distancia.

En la rampa de bajada:

$$D = 100 \text{ m} ; L = 2 \times 100 - \frac{1040}{6} = 26 \text{ m} \therefore L = 30 \text{ m}.$$

Ordenada máxima: $H = \frac{30 \times 6}{800} = 0.225 \text{ m}$

Cálculo de ordenadas:

$$y = \frac{6}{200 \times 30} d^2$$

d	d ²	y
5	25	0.025
10	100	0.100

En la rampa de subida:

$$D = 80 \text{ m} \therefore L = 2 \times 80 - \frac{1040}{8.14} = 132 \text{ m} \therefore L = 30 \text{ m}$$

Ordenada máxima: $H = \frac{30 \times 8.14}{800} = 0.305 \text{ m}$

Cálculo de ordenadas:

$$y = \frac{8.14}{200 \times 30} d^2$$

d	d ²	y
5	25	0.034
10	100	0.136

Con todos los elementos calculados se puede ya dibujar el perfil longitudinal del paso a desnivel, el cual se encuentra en el plano P - 2. En él se verá que los puentes se hallan 0.30 m levantados sobre la rasante actual del terreno, lo que se ha hecho para acortar la longitud de las rampas.

7.- SECCIONES TRANSVERSALES DE LAS VIAS PRINCIPALES.

En términos generales las secciones transversales de las vías principales no han variado. Se ha tratado en lo máximo posible mantener los perfiles actuales de las calles. Se tiene así que las avenidas Guzmán Blanco, Washington y Salaverry no tienen ninguna modificación, salvo las partes correspondientes al ingreso y salida de los puentes.

La única vía que ha sido variada casi totalmente es la Av. 28 de Julio. En primer lugar en la zona del paso a desnivel, el eje de la vía se ha corrido en casi 3.35m, debido a que era necesario que existiese una avenida de un mínimo de 6 trochas en donde sólo había lugar para cinco. Es por esto que de una sección de 18.20 m, se ha llegado un ancho máximo de 22.14 m en la zona correspondiente a los puentes, de los cuales corresponden 15.14 m. a la vía inferior, y 7 m a las superiores. En esta avenida se ha considerado que existan dos trochas de 670 m separadas entre sí por medio de un obstáculo de 54 cm, el ancho de la vía no permitía una separación mayor, las cuales corresponderan a la zona inferior del paso a desnivel. Estas dos trochas son las más amplias por ser ellas las que absorberán el mayor tránsito de la

8.- ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS DEL PROYECTO.

Denomino con este nombre todas aquellas obras que aportarán de una manera general al mejor servicio y seguridad de la intersección en proyecto, tales como las vías de enlace, facilidades par peatones, etc.

a.- Vías de enlace.-

Se conocen con este nombre a las vías que sirven a las avenidas principales del paso a desnivel. En el caso particular de este cruce sólo se han diseñado como tales las correspondientes al ala que se encuentra en el Campo de Marte, ya que las otras hojas del trébol se encuentran constituidas por las calles ya existentes.

El diseño de las vías ha seguido las especificaciones de la American Association of States Highway Officials, en sus "Normas para la intersección de caminos por medio de pasos a desnivel". La velocidad de diseño se considera el 70% de la velocidad de régimen del camino y en nuestro caso es aproximadamente 35 k.p.h. Con este valor en tramos a la tabla 5, correspondiente a los anchos del pavimento en las vías de enlace y obtenemos los siguientes datos:

Radio mínimo: 15 m

Ancho: 5.60 m

Para el diseño de las vías en referencia se ha usado como radio mínimo 25m. y como máximo 50 m. lo cual mejora notable-

mente las condiciones de enlace de las vías. En cuanto al ancho de 5.60 m, éste corresponde a vías transitadas con un mayor número de automóviles que camiones, y permite el paso de un vehículo estando otro estacionado. En nuestro caso se ha usado un ancho de 6.70 m. para mejorar el diseño.

En cuanto a la disposición de las vías se ha tratado de que no exista pendiente en la rampa de volteo y que la pista de enlace entre 28 de julio y Salaverry esté lo más pegada posible a la vía anterior.

b.- Remodelación de esquinas.-

Para ejecutar estas remodelaciones se ha tenido en cuenta que el radio mínimo de giro de un omnibus es de 9.83 m. En los casos en que ha sido posible obtener este radio por medio de la eliminación de las conocidas puntas a 90°, se ha hecho la remodelación por medio de un solo trazo, como es el caso de la esquina de Cervantes y Palca. Pero en otras como la de Washington y Palca o Washinton y Yauyos se han hecho mejoras pero son casi insignificantes debido al poco espacio disponible.

Las Esquinas de Washington y 28 de Julio y Guzmán Blanco con esta última igualmente presentan la particularidad de que como se trata de pistas de volteo y se desea que los vehículos sólo las utilicen con ese fin, se han diseñado unas veredas en curva que solo permiten el movimiento previsto.

Todas las modificaciones hechas en las esquinas se ven en detalle en el plano D - 3.

c.- Facilidades para los peatones.-

Las mayores dificultades que encontrarán los peatones en la zona de la intersección será el cruce de las vías principales, es decir Washington, Guzmán Blanco y 28 de Julio.

Como es de todos sabido la mejor solución para el tránsito

de los peatones en un cruce es el sistema de aceras elevadas o subterráneas. Sin embargo este sistema es muy costoso y sólo se justificaría en lugares muy comerciales en donde el número de personas que transitan lo hacen económico.

En el cruce en cuestión se ha previsto para los peatones un cruce subterráneo que une las avenidas Washington y Guzmán Blanco, y cruces superficiales a los lados de los puentes. El primero de ellos consiste en un peso de 1.50 m. de ancho, a lo largo de la Av. 28 de Julio en su parte deprimida, y que se comunica con la superficie por medio de escaleras; los planos D-2 y D-3 muestran en detalle esta acera de peatones.

d.- Intersección a nivel en la Av. de Desfiles.-

Como se dijo en los párrafos iniciales, se deseó que el sentido de los vehículos se mantuviese doble en la Av. de Desfiles (Campo de Marte); por esta razón fue necesario proyectar en la intersección de dicha avenida con la vía que enlaza 28 de Julio con Salaverry un cruce a nivel.

Este cruce se ha diseñado de tal modo que sólo los vehículos que vienen de Guzmán Blanco se encuentran con los que circulan por la pista de enlace, ya que para ingresar a la otras vías los carros lo hacen por pistas de volteo diseñadas con radio mínimo de 25 m.

Otros elementos complementarios del paso a desnivel, tales como señalización, arquitectura, ect. merecerán capítulo aparte por lo que no serán tratados en el presente.

IIa. Parte.- Tesis de Ingeniero Civil.

9.- PUENTE WASHINGTON SOBRE LA AV. 28 DE JULIO.

En el cálculo de este puente se desarrollará todo el método que se ha seguido tanto para calcular el presente como los otros sobre las otras vías.

a.- Método de Cálculo.-

En primer lugar se expondrá que se ha escogido como estructura del puente al "pórtico losa", por las ventajas que ofrecen estos tipos de estructuras en los pasos a desnivel.

Casi la totalidad del método de cálculo seguido, se ciñe al expuesto en el libro " The Rigid-Frame Bridge" de Arthur G. Hayden. El método en sí se basa en hallar las reacciones que sufre la estructura por sumaciones sucesivas. A continuación se explicará los fundamentos en que se basan los cálculos.

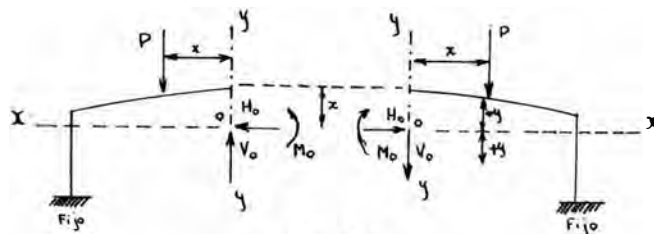


fig. 9-1

Sea la estructura por estudiar un pórtico rígido, empotrado en sus extremos, como el que muestra la fig. 9-1, el cual se halla cortado en dos voladizos iguales. Como se trata de una estructura empotrada esta es de tercer grado y con seis incógnitas. La demostración se referirá a hallar los cambios angulares así como los desplazamientos horizontales y verticales que sufre cualquier punto de la barra por la flexión de la estructura.

Sea la carga P colocada a una distancia " x " del centro, y sean H_0, M_0 y V_0 las reacciones que produce en la estructura y M_d el momento flector que se produce en la parte derecha. Se tomará además un sistema de ejes tales que la ordenada " z " elimine los términos $\frac{ys}{EI}$. Como se tratan de dos cantilbres iguales e igualmente cargados las deflexiones del punto "0" serán iguales en ambos. Tendremos por lo tanto que el momento debido a H_0 será H_0y , y el debido a V_0 será V_0x .

Por la teoría de la deformación elástica sabemos que la variación angular $d\theta$ es igual a: $d\theta = \frac{Ms}{EI}$; y el cambio de dirección entre dos puntos será la suma de todos elementos, ya que " s " es una pequeña porción de la barra. Igualmente el desplazamiento horizontal o vertical de un punto será $\delta_x = \sum \frac{Mys}{EI}$ $\delta_y = \sum \frac{Mxs}{EI}$ respectivamente.

Por lo expuesto anteriormente tendremos que:

El cambio de dirección de la estructura será:

$$\begin{aligned} & \sum \frac{M_d s}{EI} + M_0 \sum \frac{s}{EI} + H_0 \sum \frac{ys}{EI} + V_0 \sum \frac{xs}{EI} \\ & = - \left[\sum \frac{M_d s}{EI} + M_0 \sum \frac{s}{EI} + H_0 \sum \frac{ys}{EI} - V_0 \sum \frac{xs}{EI} \right] \quad (1) \end{aligned}$$

El desplazamiento horizontal será:

$$\sum M_i \frac{ys}{EI} + M_o \sum \frac{ys}{EI} + H_o \sum \frac{y^2s}{EI} + V_o \sum \frac{xys}{EI} \\ = - \left[\sum M_d \frac{ys}{EI} + M_o \sum \frac{ys}{EI} + H_o \sum \frac{y^2s}{EI} - V_o \sum \frac{xys}{EI} \right] \quad (2)$$

El desplazamiento vertical será:

$$\sum M_d \frac{xs}{EI} + M_o \sum \frac{xs}{EI} + H_o \sum \frac{xys}{EI} + V_o \sum \frac{x^2s}{EI} \\ = \sum M_d \frac{xs}{EI} + M_o \sum \frac{xs}{EI} + H_o \sum \frac{xys}{EI} - V_o \sum \frac{x^2s}{EI} \quad (3)$$

Eliminando los factores $\sum \frac{ys}{EI}$, pero no los $\sum M \frac{ys}{EI}$, y haciendo $M_d + M_i = M$ y sacando las constantes E y s , esta última siempre y cuando se desee hacer constante tendremos:

$$M_o = \frac{-\sum \frac{M}{I}}{2 \sum \frac{1}{I}}$$

$$H_o = \frac{-\sum \frac{My}{I}}{2 \sum \frac{y^2}{I}}$$

$$V_o = \frac{\sum M_i \frac{x}{I} - \sum M_d \frac{x}{I}}{2 \sum \frac{x^2}{I}}$$

Con estas tres ecuaciones podemos calcular todos los momentos y reacciones que se producen en cualquier punto de la estructura.

Antes de empezar el cálculo del puente, observaremos que el pórtico será considerado como articulado en sus extremos. Así mismo el eje de la estructura estará dividida en partes "s" iguales. También se considerará que las longitudes en los ejes, inclinado en las patas y curvos en la viga, son iguales a las de sus proyecciones horizontales o verticales.

A continuación se comenzará el cálculo de los momentos debidos al peso propio, sobrecarga rodante, peso muerto, presión de tierra y temperatura y fraguado, y luego se hallará el re-

Diseño de la Estructura

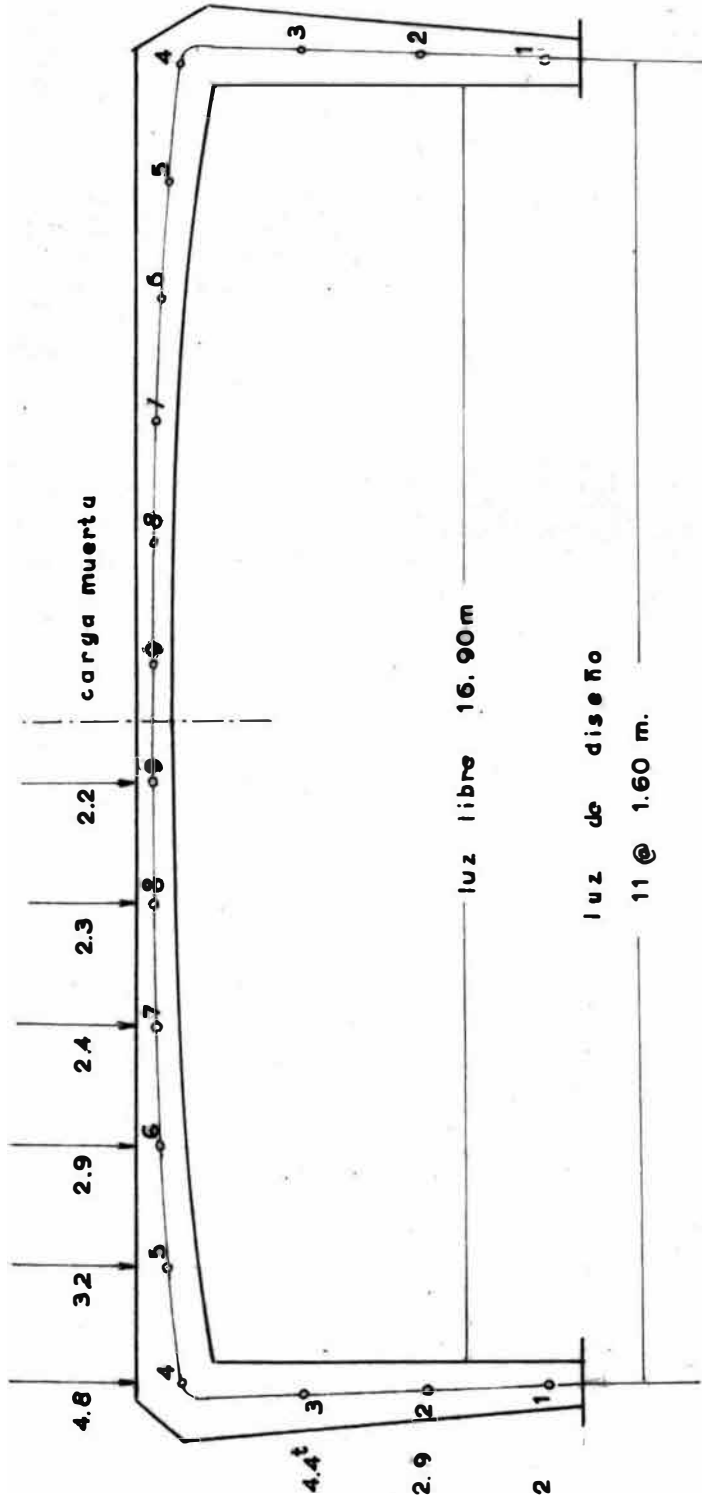


fig. 0-2

fuerzo de acero necesario.

La lámina 9-2 muestra la forma como se diseñará la estructura así como las cargas que muertas que actúan sobre ella.

b.- Constantes de la estructura.-

Son las magnitudes que permanecen constantes durante todo el proceso de cálculo, tales como los momentos de inercia, ordenadas, etc.

PUNTO	t m	$\frac{I}{t^3/12}$	y	$\frac{y^2}{I}$
1	0.65	0.022	0.50	11.4
2	0.78	0.036	2.10	123
3	0.91	0.062	3.70	220
4	1.00	0.083	5.40	350
5	0.84	0.049	5.48	612
6	0.67	0.025	5.57	1240
7	0.55	0.014	5.63	2270
8	0.52	0.012	5.64	2650
9	0.50	0.010	5.65	3190

$$\sum \frac{y^2}{I} = 10666$$

$$2 \sum \frac{y^2}{I} = \text{para todo el pórtico} = 2 \times 10666 = 21332$$

c.- Momentos debidos al peso propio y al peso muerto, y a la presión de tierra.-

La manera como actúa el peso propio y el peso muerto está representado por la fuerza concentrada correspondiente al peso de cada dovela en que se ha dividido la estructura.

Carga u. r. que actúa en la viga:

Carga muerta: Asfalto + Voladiza y baranda = 200 kg/m²

Peso propio losa: 0.50 x 1² x 2400 = 1200 "

1400 "

Carga en cada dovela = 1400 x 1.60 = 2250 kg/ dovela

Peso de las partes parabólicas:

Dovela 5 = 0.24 x 1.6 x 2400 = **920** kg.

6 = 0.17 x = 650

7 = 0.05 x 192

8 = 0.02 x 77

Carga uniforme que actúa en las patas:

p.p. espesor unif. = 0.6 x 1² x 2400 = 1440 kg/m²

Dovela 1 = 1.3 x 1440 = 1880 kg.

2 = 1.6 x = 2300

3 = 2.0 x = 2900

Peso de las partes triangulares:

Dovela 1 = 0.05 x 1.3 x 2400 = 156 kg.

2 = 0.18 x 1.6 x = 690

3 = 0.32 x 2.0 x = 1540

Pesototal de las dovelas:

Dovela 1 = 1880 + 156 = 2036 kg

2 = 2300 + 690 = 2990

3 = 2900 + 1540 = 4440

4 = 4550 + 280 = 4830

5 = 2250 + 920 = 3170

6 = 2250 + 650 = 2900

7 = 2250 + 192 = 2442

8 = 2250 + 77 = 2327

9 = 2250 = 2250

En cuanto a la presión de tierra, ésta produce momentos negativos, teniendo muy poca influencia en los momentos que se producen en el elemento horizontal.

Para hallar el empuje de tierras se ha seguido la fórmula de Rankine, que para nuestro caso da suficiente aproximación.

$$E = 1/2 (w h c) h \quad \text{en donde:}$$

w: peso específico de la tierra

h: altura considerada

c: coeficiente que varía de 0.17 a 0.30

En nuestro caso:

$$h = 5.40 \text{ m}$$

$$w = 1600 \text{ kg/m}^3$$

$$c = 0.2$$

$$E = 1/2 (1600 \times 5.4 \times .2) 5.40$$

$$E = 1/2 (1740) 5.4 = 4700 \text{ k/m}$$

A continuación 9-3 se tiene el diagrama de presiones y los correspondientes valores de la presión para cada altura.

Esc. Hor: 1 kg/m² = 0.50 cm

Esc. Ver: 1 m = 1 cm

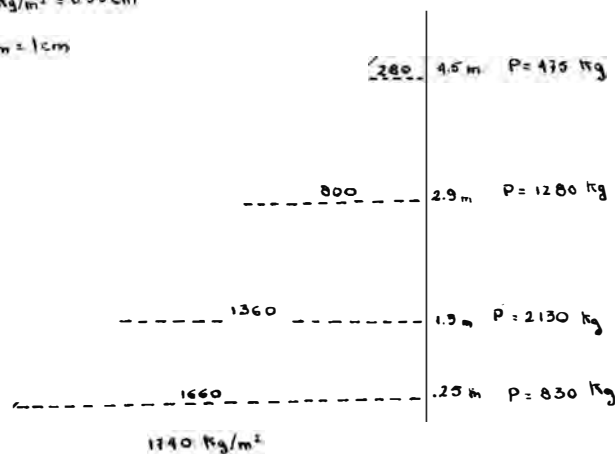
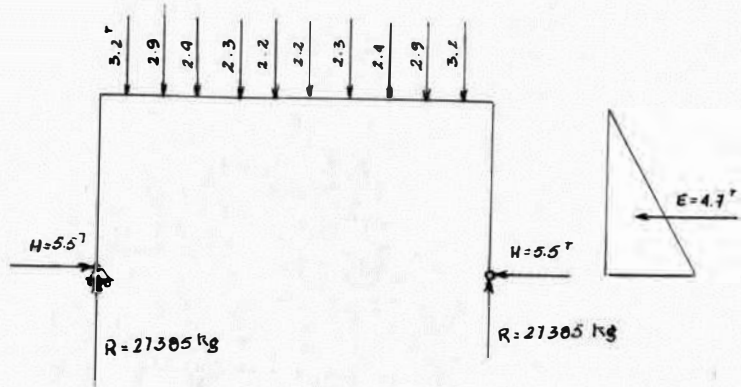


fig 9-3

Con todos los valores hallados se calculan los momentos por medio del cuadro que presentamos a continuación, en donde están sumados los efectos del peso propio, carga muerta y presión de tierra.



$$M = M_0 - H_3$$

Punto	y	Presión de tierra			Carga Muerta			M ₀	y/l	M ₀ y/l	H y	M
		E	ΣE	Δy	ΔMe	P	V					
E ₁	0.25	830						0				
			830	0.25	207							
1	0.50					2036		-207	22.8	-4750	-2250	-2457
			830	0.80	610							
E ₂	1.30	2130						0				
			2960	0.80	2360							
2	2.10					2990		-3177	58	-184000	-11500	-14677
			2960	0.80	2360							
E ₃	2.90	1280						0				
			4240	0.80	3400							
3	3.70					4440		-8937	60	-53800	-20500	-29437
			4240	0.80	3400							
E ₄	4.50	475						0				
			4715	0.90	4250							
4	5.40					4830		-16587	62.5	-1030,000	-29600	-46187
			4715	0.88	380		13089	22200		$\frac{\Sigma M_0 y/l}{\Sigma Q_0} = \frac{1' 296,750}{60' 180,000}$		
5	5.48					3170		5233	112.0	590,000	-30000	-24767
			4715	0.09	425		9919	15900				
6	5.57					2900		20708	222.	4'750,000	-30500	-9792
			4715	0.06	280		7019	11200				
7	5.63					2442		31628	400	12'700,000	-31000	628
			4715	0.01	47		4577	7800				
8	5.64					2327		39181	470	17'900,000	-31100	8081
			4715	0.01	47		2250	3600				
9	5.65					2250		42734	565	24'200,000	-31100	11634

Momentos Debidos a la P. de Tierra y Carga Muerta

$$H = \frac{\Sigma M_0 y/l}{\Sigma y/l}$$

$$H = \frac{58383250}{10666} = 5500 \text{ kg}$$

Explicación del cuadro.-

- Columna 3.- Se encuentran los valores de la presión de tierra correspondientes a la altura de cada dovela.
- Columna 4.- Se encuentran las presiones de tierra correspondientes a cada altura considerada.
- Columna 5.- Diferencia de cotas.
- Columna 6.- Columna 4 x columna 5
- Columna 7.- Valores de los pesos de las dovelas.
- Columna 8.- Esfuerzos cortantes de la viga simplemente apoyada.
- Columna 9.- Resulta de la multiplicación de los valores de la columna anterior por el ancho de cada dovela o sea por 1.60m
- Columna 10.- Columna 6 más columna 9. Los valores de la col. 6 son negativos.
- Columna 11.- Cociente entre la ordenada de una sección y su respectivo Momento de Inercia.
- Columna 12.- Los valores anteriores se multiplican por los de la columna 10. Luego se suman las cantidades (+) y las (-), se restan y resulta el numerador de la expresión que nos da el valor de
- Columna 13.- El empuje se multiplica por cada ordenada, dando valores negativos.
- Columna 14.- Suma algebraica de la columna 10 y la col.13

Las fuerzas normales que actúan en cada sección de la pata serán:

$$\text{Punto 1} = N = 27385 \text{ kg.}$$

$$2 \quad N = 27385 - 2036 = 25329 \text{ kg.}$$

$$3 \quad N = 25329 - 2990 = 22339 \text{ kg.}$$

$$4 \quad N = 22339 - 4440 = 17899 \text{ kg.}$$

d.- Momentos debidos a la sobrecarga rodante.-

Para construir las líneas de influencia de la carga móvil el método seguido se basa en la teoría de la barra conjugada y de los pesos elásticos.

Por Resistencia de Materiales nosotros sabemos que el momento del diagrama de momentos produce la deflexión del punto considerado. Por otro lado en el párrafo 9-a obtuvimos que la expresión del empuje era: $H = \frac{\sum \frac{yS}{I}}{\sum \frac{y^2S}{I}}$; ahora bien el numerador de esta fórmula es nada menos que el desplazamiento horizontal que sufre la estructura por la aplicación de una carga cualquiera.

Si nosotros cargamos nuestra estructura como muestra la fig. 9-4 (a) tendremos su respectivo diagrama de momentos. Si la estructu-

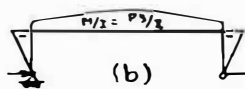


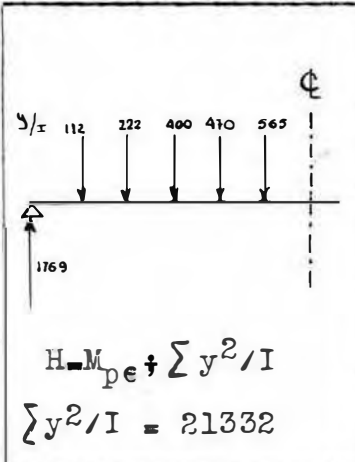
fig. 9-4

ra no es de sección constante este diagrama puede convertirse como el que muestra la fig 9-4 (b), es decir que las ordenadas están divididas por su respectivo momento de inercia. Quiere significar por lo tanto que si nosotros cargamos nuestra viga por las cantidades y/I o "pesos elásticos" y hallamos sus momentos, y luego lo

dividimos por $\sum y^2/I$, lo que habremos encontrado son los empujes para cada posición de la carga.

Por otro lado el momento total que produce la carga rodante es: $M = M_0 - Hy$; si a esta expresión la dividimos entre "y" tendremos: $M/y = M_0/y - H$. Esta última expresión tiene su primer miembro convertido en una función lineal y el segundo es el empuje hallado en el acápite anterior. En resumen la línea de influencia de la carga móvil esta formada por la sustracción del diagrama de momentos que produce la carga unitaria en el punto considerado menos el diagrama de empujes.

Se calculará ahora los empujes por el método de los pesos elásticos, es decir cargando la viga con las cantidades y/I ya halladas en el cuadro anterior.

 <p> $H = M_{pe} + \sum y^2/I$ $\sum y^2/I = 21332$ </p>	Punto	5	6	7	8	9
	Corte	1769	1657	1405	1035	565
	d M_{pe}	2820	2650	2300	1650	905
	M_{pe}	2820	5470	7770	9420	10325
	H para P 1	.132	.255	.360	.442	.485

A continuación se calculará las líneas de influencia de la carga móvil unitaria cuando se mueve a través del paño. En el cuadro que sigue existe un valor "K" que es el número de veces que hay que multiplicar las distancias iguales entre puntos $s=1.6$. Los valores M_0 hallados se tienen que dividir entre "y" para que la función sea lineal y la línea de influencia pueda convertirse en un triángulo.

	VALORES MAXIMOS DE M_0/y				
P=1 en	5	6	7	8	
K	1	2	3	4	5
R_i	10/11	9/11	8/11	7/11	6/11
M_0	1.6 10/11	3.2 9/11	4.8 8/11	6.4 7/11	8 6/11
y	5.48	5.57	5.63	5.64	5.65
M_0/y	0.27	0.47	0.62	0.72	0.77

Con estos valores se dibujan las líneas de influencia, las que mostramos en la página siguiente; luego se hallan los valores máximos que resultan de cargar la viga con el camión H 15 S 16. Como los valores encontrados están divididos por y, hay que multiplicarlos por el valor de la coordenada correspondiente.

Sin embargo estos no son los verdaderos valores de los momentos, sino que hay que multiplicarlos por el coeficiente de impacto y dividirlo por el ancho efectivo. Estos coeficientes son como sigue:

$$\text{Impacto } I = \frac{50}{3.28 s + 125} \quad ; s = \text{longitud del puente entre ejes.}$$

$$I = \frac{50}{3.28 \times 17.60 + 125} = 0.275$$

Como el valor resultante de la multiplicación de I por el momento resulta el M_0 de Impacto, el que hay que sumar al valor antes hallado, este puede multiplicarse en realidad por el coeficiente 1.275.

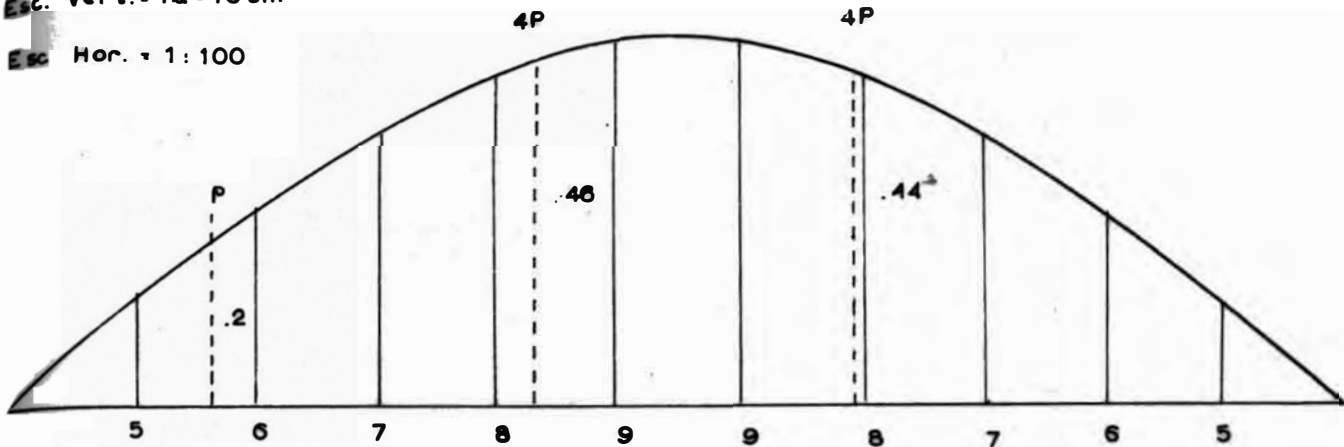
$$\text{Ancho efectivo: } E = \frac{3.05 N + w}{4 N} \quad \begin{array}{l} N = \text{n}^\circ \text{ de vías} \\ w = \text{ancho entre sardineles} \end{array}$$

$$E = \frac{3.05 \times 3 + 10}{4 \times 3} = 1.67$$

Lineas de Influencia para Carga Vertical Unitaria

Esc. Vert. = 1u = 10 cm

Esc. Hor. = 1 : 100



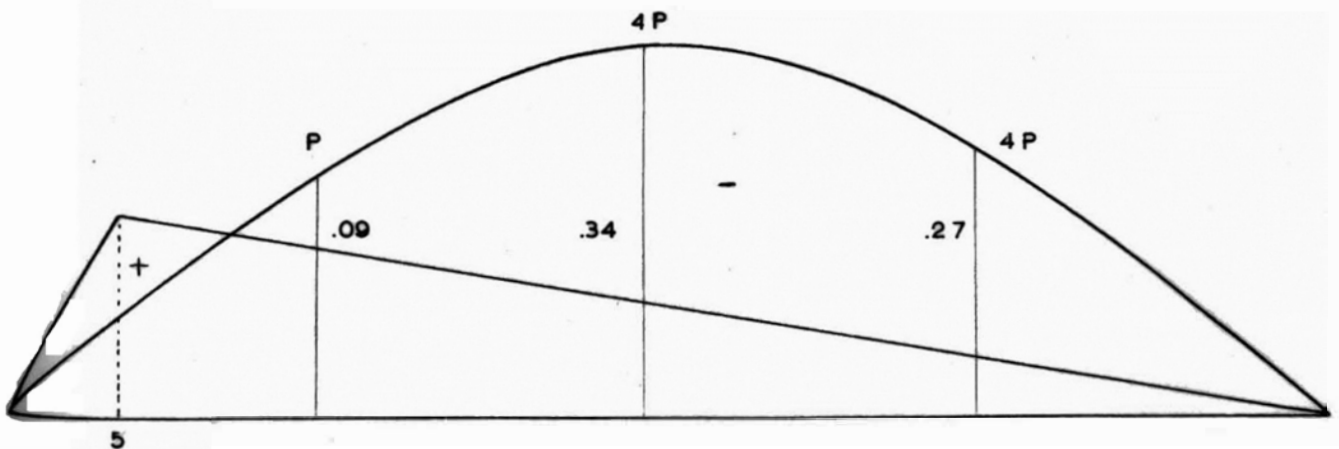
$$P = 1812.5 \text{ kg.}$$

$$M = (M_0/y - H)y$$

Empuje

$$H = .9 \times 4 + .2 = 3.8P$$

$$H = 7050 \text{ k}$$



Sec. 5

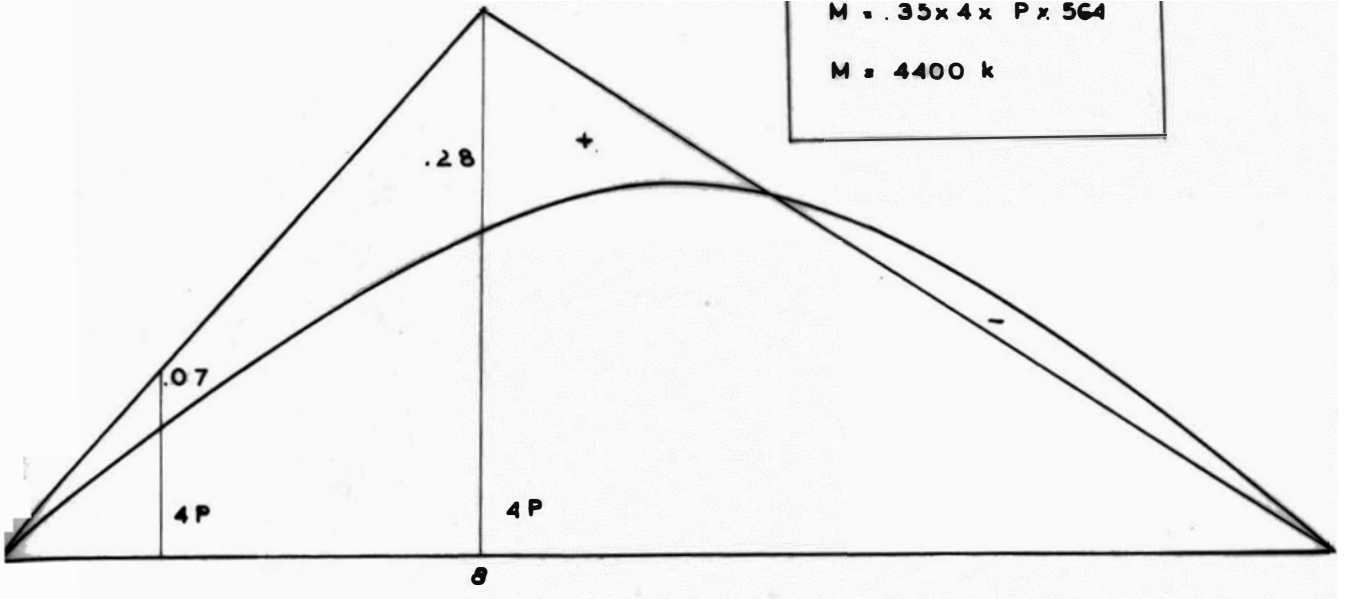
$$M = (.614 + .09)P \times 5.48$$

$$M = -25000 \text{ k-m}$$

Sec. 8

$M = .35 \times 4 \times P = 564$

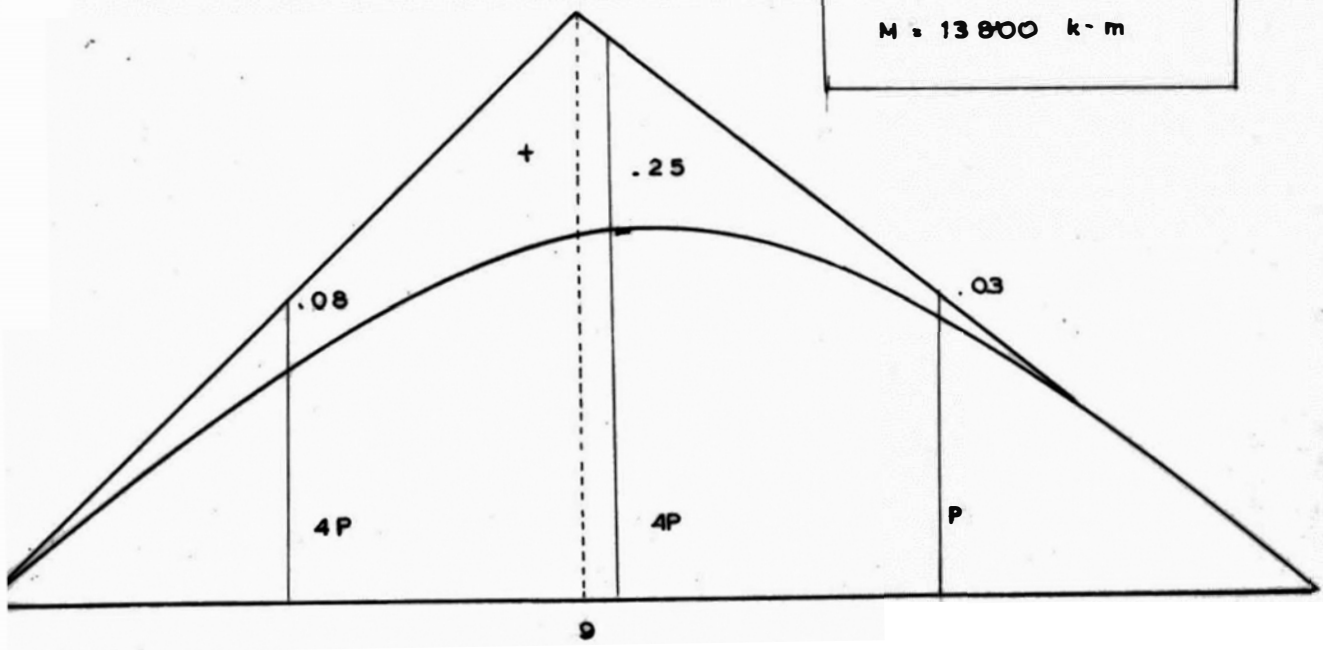
$M = 4400 \text{ k}$



Sec. 9

$M = (.03 + .33 \times 4)P = 5.65$

$M = 13800 \text{ k-m}$



Luego, los momentos que se encuentran en la tabla se hallan multiplicados por el coeficiente "c" que es.

$$c = \frac{1 + I}{E} = \frac{1.275}{1.67} = 0.76 \therefore c = 0.76$$

Para hallar los momentos que produce la carga móvil en las paños, se encuentra la posición de la carga que ocasiona el empuje máximo, el cual multiplicado por la correspondiente ordenada nos da el momento máximo buscado.

Para las paños				Punto	5	6	7	7	8	9
				M°	-	-	+	-	+	+
				H para P ₁	495					490
1	2	3	4	H P ₂ +P ₃	4550	4300	2140	3800	3350	5900
2660	11200	19800	29000	M _o -H _y	19000	12200	8100	6500	10900	10500
6540	6540	6540	6540	N	5045	4300	2140	3800	3350	6300

e.- Momentos debidos a los esfuerzos de temperatura y fraguado.-

Para hallar los momentos debidos a estas fuerzas encontramos el empuje que producen por la siguiente fórmula:

$$H = \frac{Ectl}{s \int \frac{y^2}{I}}$$

E = Módulo de elasticidad del concreto
 $2 \times 10^9 \text{ kg/cm}^2 = 2 \times 10^9 \text{ kg/m}^2$

c = coeficiente de expansión térmica: 12×10^{-6}

t = Aumento o disminución de temperatura y fraguado: $\pm 20^\circ$

l = longitud del paño en metros: 17.60 m

$$H = \frac{2 \times 10^9 \times 12 \times 10^{-6} \times 20 \times 17.6}{1.6 \times 21332}$$

$$H = 250 \text{ kg.}$$

γ = Momento debido a temperatura incluido; incremento del esfuerzo unitario permisible 25%.

f.- Proporción del refuerzo de acero.-

Para calcular las áreas de acero necesaria se seguido el proceso de la flexiocompresión para las patas y de flexión para las vigas. Se usará concreto 210 y acero duro.

Sección 1.-

Como es un elemento de las patas, se calculará a la flexiocompresión. Se usarán las tablas de Peabody si se trata del caso en la exentricidad es mayor que "t", o se seguirá el método clásico si es del Caso I.

$$M = 5.2 \text{ T-m}$$

$$N = 33.9 \text{ T}$$

$$d = 58 \text{ cm}$$

$$d' = 7 \text{ cm}$$

$$a = 25 \text{ cm}$$

$$\therefore e = 0.15 \text{ m} < t = 0.65 \text{ m} \therefore \text{Caso I}$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = 10$$

$$f_s = 1400 \text{ "}$$

$$h/t = \frac{5.4}{.65} = 8 < 10$$

$$p = 0.01 \text{ (asumida)}$$

$$R_T^2 = \frac{t^2 + 12 (n-1) p a^2}{12 [1 + (n-1)p]} = \frac{65^2 + 12 (10-1) 0.01 \times 25^2}{12 [(10-1) 0.01 + 1]}$$

$$R_T^2 = 357.5$$

$$D = \frac{t^2}{2 R_T} = \frac{65^2}{2 \times 357.5} = 5.9$$

$$e = \frac{0.8 (.225 f'_c + f_s p)}{0.45 f'_c [1 + (n-1)p]} = \frac{.8 (.225 \times 210 + 1400 \times 0.01)}{.45 \times 210 (1 + 0.01 \times 9)}$$

$$e = 0.495 \text{ (constante para nuestro tipo de cto. y } f_s.)$$

La carga axial equivalente será:

$$P = [1 + e D e/t] N = [1 + .495 \times 5.9 \times 15/65] 33.9$$

$$P = 56.5 \text{ ton.}$$

Verificación de la cuantía:

$$p = \frac{P / .8 A_g - .225 f'_c}{f_s} = \frac{56.5 / .8 \times 100165 - .225 \times 210}{1400} = (-)$$

Como sale valor negativo es necesario hallar la sección estructural

mente resistente:

$$A_{est.} = \frac{P}{.8 (.225 f'_c + f_s p)} = \frac{56,500}{.8 (.225 \times 210 + 1400 \times 0.01)}$$

$$A_{est.} = \frac{56500}{.8 \times 61} = 1150 \text{ cm}^2$$

$$A_g/2 = 6500/2 = 3250 \text{ cm}^2 > 1150$$

Luego nuestra area de acero será:

$$A_s = 0.005 \times 6500$$

$$A_s = 32.5 \text{ cm}^2$$

Sección 2.-

$$M = 25.9 \text{ t-m}$$

$$N = 31.8 \text{ t}$$

$$e = 0.81 > t = 0.78 \text{ m} \therefore \text{ caso II} \therefore ; h/t = \frac{5.4}{.78} = 7 \quad 10$$

$$d = 71 \text{ cm} \quad f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 \quad p = 0.01$$

$$d' = 7 \text{ cm} \quad f_s = 1400 \quad " \quad np = 0.10$$

$d'/t = 0.09$ Con estos dos valores de los abacos de Feabody sacamos las tres siguientes constantes:

$$t/e = 0.96$$

$$C = 8.9 ; k = 0.325 ; D = 5.5$$

$$f_a = \frac{.8 (0.225 f'_c + f_s p)}{1 + np} = 44.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_c = \frac{M}{b t^2} \times C = \frac{25900}{1 \times 65^2} = 38 \text{ kg/cm}^2$$

$f_s/f'_c = 0.21$ Con estos valores hallamos la siguiente relación:

$$D e/t = 5.7 \quad \therefore$$

$$f_p/f'_c = 0.382 \quad \therefore \quad f_p = .382 \times 210 = 80 \text{ kg/cm}^2 > f_c$$

Se comprobará ahora el acero:

$$f_t = f_c \frac{d - kt}{kt} = 38 \frac{71 - 25}{25} = 70 \quad \therefore \quad f_s = n f_t = 700 \text{ kg/cm}^2$$

El area de acero será:

$$A_s = 0.01 \times 78 \times 100 = 78 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 78 \text{ cm}^2$$

SECCION 3.-

$$M = 49.2 \text{ t-m} \quad \therefore \epsilon = 1.72 \text{ m} > t = .91 \text{ m} \quad \therefore \text{Caso II}$$

$$N = 28.6 \text{ t}$$

$$d = 84 \text{ cm} \quad f_c = 210 \text{ kg/cm}^2 \quad p = 0.01$$

$$d' = 7 \text{ cm} \quad f_s = 1400 \quad \text{"} \quad np = 0.10$$

$$d'/t = 0.08$$

$$t/\epsilon = 0.53 \quad \therefore C = 8.8 ; k = .275 ; D = 5.45$$

$$f_c = \frac{49200}{8150 \times 1} \times 8.8 = 54 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_a/f_c = 0.21$$

$$D \epsilon/t = 10.3 \quad \therefore f_p/f_c = 0.4 \quad \therefore f_p = 84 > f_c$$

$$f_t = 54 \frac{84 - 25}{25} = 130 \quad \therefore f_s = 1300 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = 100 \times 91 \times .01 = 91$$

$$A_s = 91 \text{ cm}^2$$

Sección 4.-

$$M = 75.2 \text{ t-m} \quad \therefore \epsilon = 3 \text{ m} > t = 1 \text{ m} \quad \therefore \text{Caso II}$$

$$N = 25 \text{ t}$$

$$d' = 7 \text{ cm} \quad f_c = 210 \text{ kg/cm}^2 \quad p = 0.011$$

$$d = 93 \text{ cm} \quad f_s = 1400 \quad \text{"} \quad np = 0.11$$

$$d'/t = 0.07$$

$$t/\epsilon = 0.33 \quad \therefore C = 8 ; k = 0.275 ; D = 5.45$$

$$f_c = \frac{75200}{1 \times 100} \times 8 = 60 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_a/f_c = 0.21$$

$$D \epsilon/t = 12 \quad \therefore f_p/f_c = 0.4 \quad \therefore f_p = 85 > f_c$$

$$f_t = 60 \frac{93 - 27.5}{27.5} = 140 \quad \therefore f_s = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = 100 \times 100 \times .011 = 110$$

$$A_s = 110 \text{ cm}^2$$

Acero en el elemento horizontal.-Sección 4.-

Se ha seguido el método general de la teoría de la flexión. Se ha comprobado el diseño de la sección calculando la resistencia que toma el concreto, la cual en caso de que fuese menor que la que se tiene habría que usar acero en compresión.

$$M = 75.2 \text{ t-m}$$

$$d = 93 \text{ cm}$$

El momento que toma el concreto será:

$$M_c = K b d^2 = 13.8 \times 100 \times 91^2 = 110 \text{ t-m} > 75.2 \text{ t-m}$$

Se usará solo acero en tracción; luego:

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} \quad ; \quad \text{Para: } f_c: 210 \text{ kg/cm}^2 \text{ y } f_s: 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$j = 0.875$$

$$A_s = \frac{7520000}{1400 \times 0.875 \times 93} = 66 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 66 \text{ cm}^2$$

Sección 5.-

$$M = 43.8 \text{ t-m}$$

$$d = 77 \text{ cm}$$

$$M_c = 13.8 \times 100 \times 77^2 = 82 \text{ t-m} > 43 \text{ t-m}$$

$$A_s = \frac{1380000}{1400 \times 0.875 \times 77} = 47 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 47 \text{ cm}^2$$

Sección 6.-

$$M = 22 \text{ t-m}$$

$$d = 60 \text{ cm}$$

$$M_c = 13.8 \times 100 \times 60^2 = 50 \text{ t-m} > 22 \text{ t-m}$$

$$A_s = \frac{2200000}{1400 \times 0.875 \times 60} = 30 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 30 \text{ cm}^2$$

Sección 7.-

En esta sección está incluido el esfuerzo debido a temperatura en el momento total. Por lo tanto se calculará con los siguientes valores:

$$f_s = 1.25 \times 210 = 275 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_s = 1.25 \times 1400 = 1750 \text{ "}$$

$$K = 1/2 \times .4 \times 210 \times .375 \times .875 = 18$$

Para los momentos negativos tenemos:

$$M (-) = 7.9 \text{ t-m}$$

$$d = 48 \text{ cm}$$

$$M_c = 18 \times 100 \times 48^2 = 41 \text{ t-m} > 7.9 \text{ tm}$$

$$A_s = \frac{790000}{1750 \times .875 \times 48} = 10.8$$

$$A_s = 10.8 \text{ cm}^2$$

Para los momentos positivos:

$$M (+) = 10.1 \text{ t-m}$$

$$d = 48 \text{ cm}$$

$$M_c = 41 \text{ t-m} > 10.1 \text{ t-m}$$

$$A_s = \frac{1010000}{1750 \times .875 \times 48} = 13.8$$

$$A_s = 13.8 \text{ cm}^2$$

Sección 8.-

$$M \leq 18.9 \text{ t-m}$$

$$d = 45 \text{ cm}$$

$$\therefore M_c = 13.8 \times 100 \times 45^2 = 27.5 \text{ t-m}$$

$$A_s = \frac{1890000}{1400 \times .875 \times 45} = 35 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 35 \text{ cm}^2$$

Sección 9.-

$$M = 22.1 \text{ t-m}$$

$$d = 43 \text{ cm}$$

$$M_c = 13.8 \times 100 \times \overline{43} = 25.5 \text{ t-m}$$

$$\frac{2210000}{1400 \times .875 \times \overline{43}} = 42.5 \text{ cm}$$

$$A_s = 42.5 \text{ cm}^2$$

Con estos valores construimos luego el diagrama de areas de acero para ver el número de varillas que se necesitan en cada sección. El gráfico 9-5 muestra el diagrama con sus respectivos valores. Una vez obtenidos éstos se puede pasar a diseñar el fierro, el cual se muestra en el plano E-1.

Para el acero de la viga se debe tener en cuenta que no sólo debe terminar en gancho sino que debe llegar a la zona comprimida, si es que la armadura no se hace continua entre la parte recta y la armadura doblada. También se considerará que por lo menos el 50% del acero necesario para el momento positivo debe colocarse en barras rectas y entrando en los apoyos 12ϕ y terminando en ganchos.

g.- Refuerzo de acero transversal.-

Para calcular el acero transversal usaremos la fórmula recomendada por la A.A.S.H.O., que es la siguiente:

$$A_s = \frac{A_s \text{ long.}}{\sqrt{3.28} \text{ T}}$$

Para la viga tendremos:

$$A_s = \frac{66}{\sqrt{3.28} \times 17.6} = 8.7 \text{ cm}^2 \quad \therefore \phi / 7/8 @ 45 \text{ cm}$$

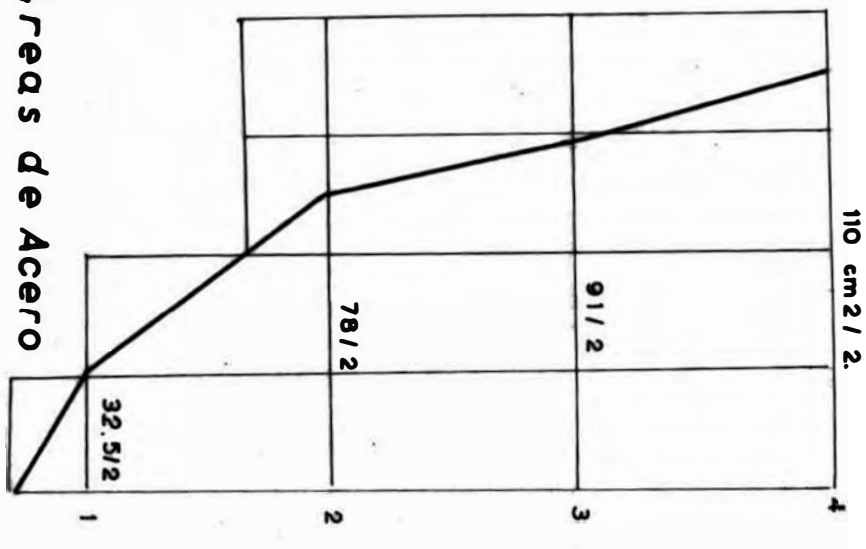
Para la pata colocaremos fierro igual al de la viga ya que el máximo espaciamiento permisible allí es de 60 cm, luego

$$A_s \text{ de la pata} = \phi / 7/8 @ 45 \text{ cm.}$$

h.- Cálculo de la zapata.-

Se colocará una zapata corrida de concreto armado.- La po-

$\rho 1'' @ 8 \text{ cm}$



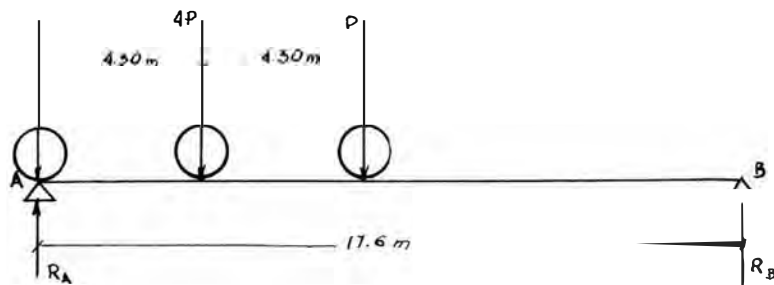
Diag. Areas de Acero
Pat a

Esc. hor. : 1 cm 2 = 0.1 cm

Esc. ver. : 1:500

Fig. 0-5 (a)

sición de la carga que produce la máxima reacción es la siguiente:



$$\text{Luego: } R_A = 4P + \frac{P \times 9 + 4P \times 13.3}{17.6} = 13.7 \text{ ton.}$$

Multiplicando este valor por la relación de impacto entre ancho efectivo tendremos:

$$R_A = 13.7 \times .76 = 10.4 \text{ t}$$

La reacción total será la suma de este valor más la reacción debida al peso propio, hallada ya anteriormente:

$$R = 31.7 + 10.4 = 42.1$$

$$R = 42.1 \text{ ton.}$$

Siendo $\sigma_T = 3 \text{ kg/cm}^2$, tendremos que se puede considerar el peso propio de la zapata el 5% de la reacción total:

$$\text{P.p.zapata} = 0.05 \times 42.1 = 2100 \text{ kg.}$$

El área de la zapata será:

$$A_z = \frac{42,100 + 2,100}{3} = 14,700 \text{ cm}^2$$

El ancho de la zapata será:

$$b = \frac{14700}{100} = 147 \text{ cm} \quad \therefore \quad b = 1.50 \text{ m}$$

La reacción neta del terreno será:

$$w_n = \frac{42100}{15000} = 2.8 \text{ kg/cm}^2$$

El momento con respecto al filo de la cara externa del pórtico es:

$$M = w_n \times 100 \times \frac{1}{2} \left(\frac{b-60}{2} \right)^2 = 2.8 \times 100 \times \frac{45^2}{2}$$

$$M = 280,000 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

La altura útil debido a este momento es:

$$d = \frac{280000}{\sqrt{100 K}} \quad K = 11, \text{ para } \frac{f_c'}{f_s} = \frac{140 \text{ kg/cm}^2}{1400}$$

$$d = \sqrt{\frac{280000}{100 \times 11}} = 16 \text{ cm}$$

Comprobaremos la altura por corte:

$$V = 100 w_n \left(\frac{b-60}{2} - d \right) = 100 \times 2.8 \times (45 - d)$$

$$v = \frac{2.8 \times (45 - d)}{.866 \times d} = 0.03 f_c' = 4.2 \text{ kg/cm}^2$$

Luego: $d = 20 \text{ cm}$

Comprobaremos la altura por condiciones de anclaje:

$$d = 32 \emptyset = 32 \times 2.54 = 80 \text{ cm}$$

Por lo tanto el espesor total de la zapata será:

$$t = 80 + 8 = 88 \text{ cm.}$$

El area de acero necesaria sera:

$$A_s = \frac{280,000}{1400 \times .866 \times 80} = 29 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 29 \text{ cm}^2 \quad \therefore \emptyset 7/8" @ 13 \text{ cm.}$$

Se comprobará la adherencia:

$$\sum_0 = \frac{2.8 \times 45 \times 100}{.075 \times 140 \times .866 \times 80} = 18 \text{ cm} \rightarrow 3 \emptyset 7/8"$$

Luego:

$$A_s = \emptyset 7/8" @ 13 \text{ cm.}$$

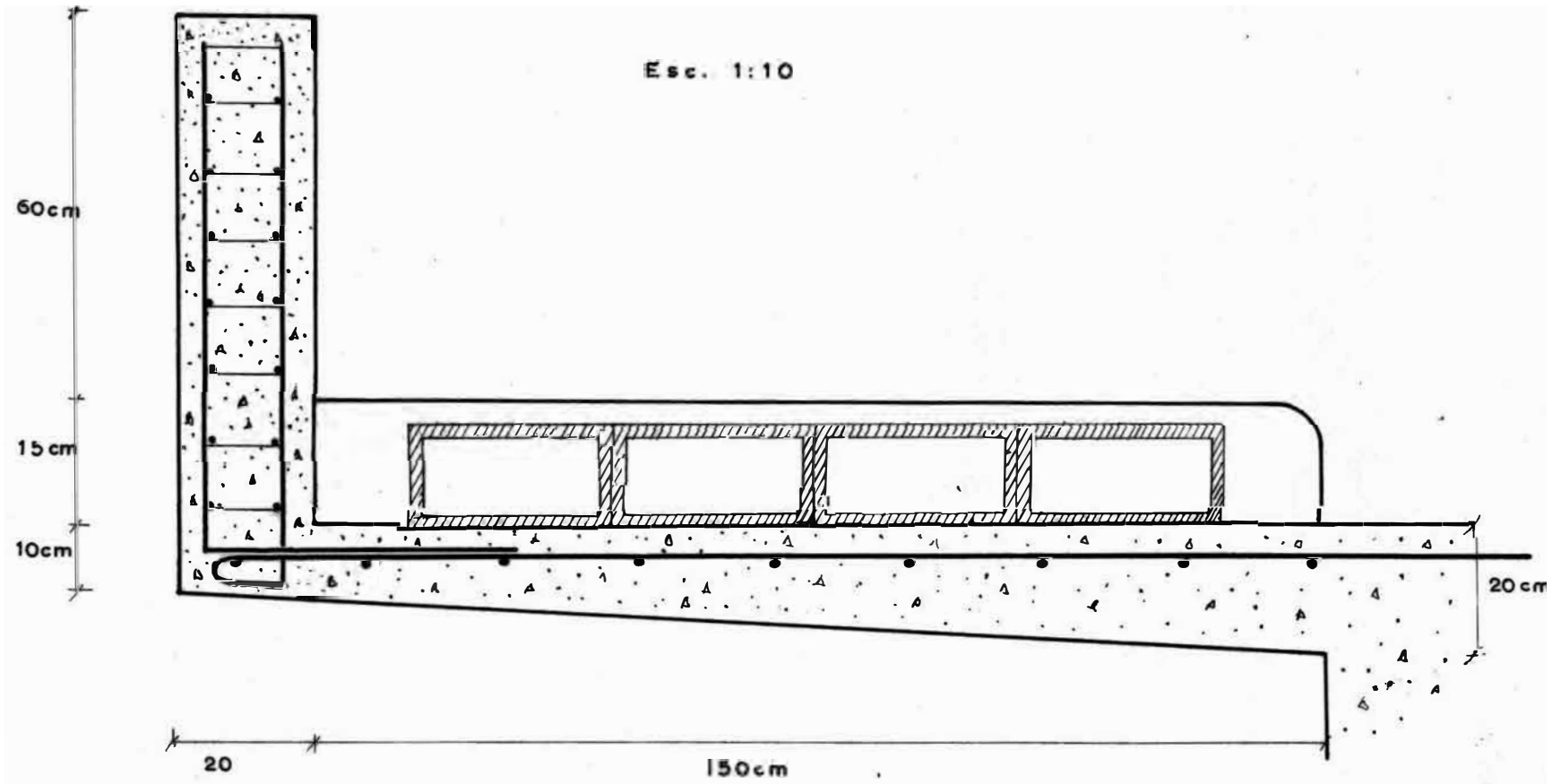
i.- Cálculo del voladizo.-

El voladizo tendrá una sección transversal como la que muestra la fig. 9-6. Los pesos que actúan sobre el voladizo serán:

$$\begin{aligned} \text{Baranda: fierro} &= &= 50 \text{ kg.} \\ \text{concreto} &= .95 \times .20 \times 2400 = 460 \end{aligned}$$

Vereda: bloques de
concreto

Diseño del voladizo



$$\text{dimensiones: } 15 \times 30 \times 25 = 290 \text{ kg/m}^2$$

$$P.p. = 1.7 \times \frac{.20 + .10}{2} \times 2400 = 615 \text{ kg}$$

$$s.c. = 400 \text{ kg/m}^2 = 400 \text{ kg/m}^2$$

momentos de las cargas con respecto al comienzo del voladizo son:

so son:

$$M_{\text{baranda}} = 510 \times 1.6 = 815 \text{ kg-m}$$

$$M_{\text{vereda}} = 290 \times \frac{1.5}{2} = 325 \text{ "}$$

$$M_{\text{pp}} = 615 \times 0.76 = 470 \text{ "}$$

$$M_{\text{sc}} = 400 \times \frac{1.5}{2} = 450 \text{ "}$$

$$M_{\text{fza.hor.}} = 220 \times 0.25 = 55 \text{ "}$$

$$\text{total} = 2115 \text{ "}$$

La fuerza horizontal que aparece en el cálculo de los momentos es la que se considera que actúa sobre la baranda y que produce en el voladizo un momento tal que su brazo de palanca esté 25 cm sobre él.

El momento del concreto será:

$$M_c = 13.8 \times 100 \times (20 - 5)^2 = 3.7 \text{ t-m} > 2.1 \text{ t-m}$$

Como área necesaria de acero tendremos:

$$A_s = \frac{211500}{1400 \times .875 \times 15} = 11.6 \text{ cm}^2 \therefore \emptyset 5/8 @ 17 \text{ cm}$$

Comprobaremos por esfuerzo cortante, el que debe ser menor que

$$0.03 f_c = 4.2 \text{ kg/cm}^2.$$

$$v = \frac{2150}{100 \times .875 \times 15} = 1.6 \text{ kg/cm}^2$$

Como acero transversal colocaremos varillas 1/4" de diámetro cada 20 cm.

f.- Cálculo de la baranda.-

La baranda será de 0.95 m. de alto y de concreto armado.
Se considerará actuando en la parte superior de la baranda una fuerza horizontal de 220 kg. según especificaciones de la A.A.S. H.O. y una fuerza vertical de 150 kg.

Luego:

$$\text{Momento} = 220 \times .8 = 176 \text{ kg-m}$$

$$\text{Fuerza Normal} = \text{p.p.} = .95 \times .2 \times 2400 = 460 \text{ kg.}$$

$$V = 150$$

$$\text{Peso baranda fierro} = 50$$

$$660 \text{ kg}$$

La excentricidad será:

$$e = 176/660 = .27 \text{ m} \quad \therefore \text{mayor que } t = .20 \text{ m}$$

Como se vé se trata de un problema de flexo compresión en su caso II, y como la columna es muy pequeña podemos asumir sin error la cuantía mínima para el acero.

Luego:

$$A_s = 0.01 \times (20 - 5) \times 100 = 15 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \emptyset 5/8" @ 25 \text{ cm. (correspond. a } 1/2 A_s)$$

Como acero transversal se colocará $\emptyset 3/8" @ 10 \text{ cm.}$

10.- PUENTE GUZMAN BLANCO SOBRE LA AV. 28 DE JULIO.

Como se podrá apreciar en los planos correspondientes a diseño el puente que pasa sobre 28 de julio siguiendo a la Av. Guzmán Blanco consta de tres partes:

- La pista oeste, que es casi perpendicular a la 28 de Julio
- La zona central para peatones, que ha sido cubierta por razones de estética.
- La pista este con una inclinación de 46° con respecto a la perpendicular a la 28 de Julio.

Este puente como debe ser solidario en sus tres partes, exige que el acero de la estructura varíe según la sobre carga o el desviamiento del puente.

Por esta razón la parte oeste del puente será exactamente igual a la estructura del puente Washington, calculado en el capítulo anterior, ya que tendrá la misma luz y el mismo dimensionamiento. Sin embargo será necesario calcular los refuerzos de acero correspondientes a la zona desviada y a la zona de peatones, la que semeja una forma trapezoidal.

a.- Fuente sesgado.-

Para el cálculo de la zona del puente oblicuo, se verá cual es la influencia del ángulo de desviamiento en la estructura del puente; para ello Hayden expresa lo siguiente:

1.- Los momentos y empujes son independientes del ángulo de desviamiento para todas las cargas aplicadas, esto es como si el paño fuese perpendicular a los estribos.

2.- Los esfuerzos de temperatura del paño perpendicular a los estribos, varían con la secante cuadrada del ángulo de desviamiento.

3.- Las barras de acero giran paralelamente a la línea de centro desviada, y la separación correspondiente al pórtico perpendicular a los estribos se halla multiplicada por el coseno del ángulo de desviamiento (θ). Las áreas de acero de las patas son iguales a las halladas en el pórtico perpendicular a los estribos y el área de acero en la viga se encuentra multiplicando las halladas en aquél por la $\sec^2 \theta$.

Con estas especificaciones notamos que los momentos, empujes y áreas de acero en las patas son iguales a los hallados en el puente Washington, y los mismos valores son iguales en la viga sólo que las áreas están corregidas por $\sec^2 \theta$, y algunos momentos habrán variado con la temperatura, ya que los encontrados están también multiplicados por el cuadrado de la secante.

Para nuestro caso tenemos:

$$\theta = 46^\circ$$

$$\sec \theta = 1.44$$

$$\sec^2 \theta = 2.06$$

A continuación presentamos el cuadro de momentos y empujes para el pórtico en consideración en donde se repiten los valores

encontrados en el capítulo 9, y los correspondientes a temperatura están multiplicados por 2.06.

Punto	1	2		3		4		5	6	7°	8	9		
M		N	M	N	M	N	M	N	M	M	M	M		
CM PT	-2.6	27.4	-14.7	25.3	29.4	22.3	-46.2	18.6	-24.8	-9.8	0.6	8.0	11.6	
CV(-)	2.7	6.5	11.2	6.5	19.8	6.3	29.0	6.5	19.0	12.2	16.5			
CV(+)												8.1	10.9	10.5
temp. +20°	0.2	0	1.0	0	1.8	0	2.7	0	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	
Tot(-)	5.2	33.9	25.9	31.8	49.2	28.6	75.2	25.0	43.8	22.0	9.4			
Tot(+)												11.6	18.9	22.1

Con estos valores se hallan las áreas de acero y se multiplican por 2.06. Como se podrá observar sólo los momentos en la sección 7 han variado debido a la temperatura, por lo tanto las áreas de acero del cálculo anterior no han variado.

Las áreas de acero serán:

En la pata: no varían, luego:

$$A_{s1} = 32.5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 78.0 \text{ "}$$

$$A_{s3} = 91.0 \text{ "}$$

$$A_{s4} = 110.0 \text{ "}$$

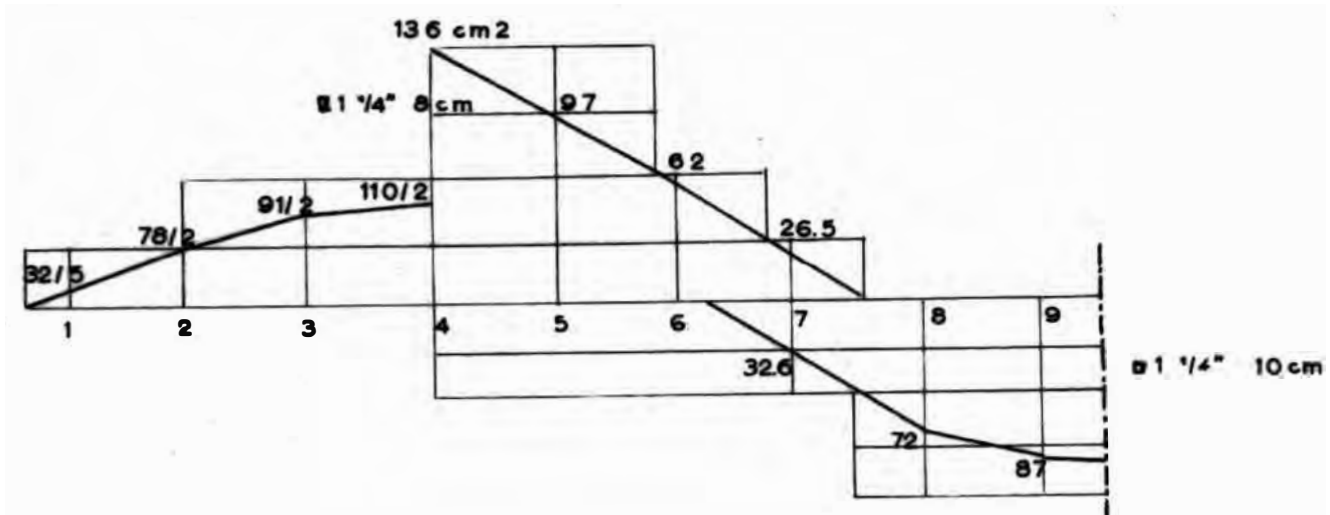
$$A_{s5} = 110.0 \text{ "}$$

En el elemento horizontal tendremos:

$$A_{s4} = 66 \times 2 \times .06 = 136 \text{ cm}^2$$

$$A_{s5} = 47 \times 2 \times .06 = 97 \text{ "}$$

Diag. Areas de Acero



Esc. ver. 100 cm² = 2.5 cm

hor. 1 : 100

fig. 10 - 1

$$A_{s6} = 30 \times 2.06 = 62 \text{ cm}^2$$

$$A_{s7} (-) = \frac{940000 \times 2.06}{1750 \times .875 \times 48} = 26.5 \text{ cm}^2$$

$$A_{s7} (-) = \frac{116000 \times 2.06}{1750 \times .875 \times 48} = 32.6 \text{ cm}^2$$

$$A_{s8} = 35 \times 2.06 = 72 \text{ cm}^2$$

$$A_{s9} = 42.5 \times \text{ " } = 87 \text{ "}$$

Con estos valores se diseña la colocación del fierro como en el capítulo anterior. Fig. 10 - 1.

b.- Zona para peatones.

Para el cálculo de esta zona como se comprenderá no se necesita tanto acero ya que no tendrá sobre carga rodante, sino un peso uniformemente repartido de 400 kg/m².

Se usarán las mismas dimensiones que en los otros dos pórticos ya que es un todo continuo, y se utilizará el diagrama de presión de tierra del capítulo 9.

En la siguiente página se muestra el cálculo de momentos debidos al peso propio más la presión de carga, y a continuación el cálculo de las fuerzas que actúan en cada dovela:

$$s. c . \quad = 400$$

$$p.p. losa: .5 \times 2400 = 1200$$

$$1600 \text{ kg/m}^2$$

$$p.p. dovela = 1600 \times 1.6 = 2550 \text{ kg.}$$

Peso de las dovelas: p.p. - s.c.

$$\text{Dovela 1} = 1880 + 156 = 2036 \text{ kg}$$

$$2 = 2300 + 690 = 2990 \text{ "}$$

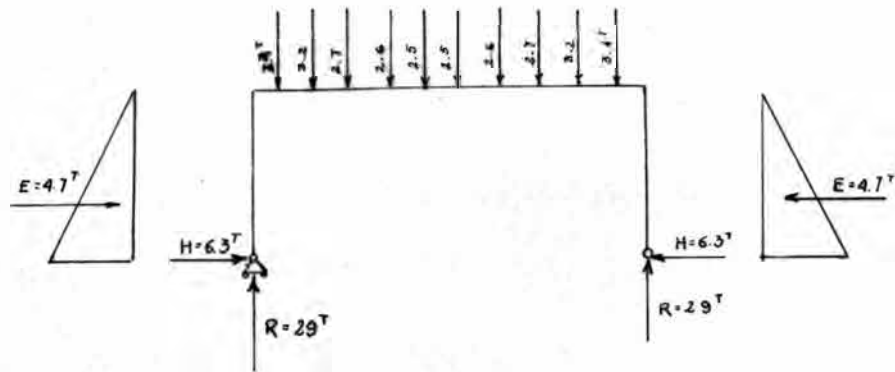
$$3 = 2900 + 1540 = 4440 \text{ "}$$

$$4 = 4550 + 560 = 5110$$

$$5 = 2550 + 920 = 3470 \text{ "}$$

$$6 = \text{ " } + 650 = 3200 \text{ "}$$

$$7 = \text{ " } + 192 = 2740 \text{ "}$$



$M = M_0 + Hy$

Punto	y	Presion de tierra				Carga muerta			M ₀	y/l	M ₀ y/l	Hy	M
		E	Σ E	y	ΔM ₀	P	V	ΔM					
E ₁	0.25	830											
			830	0.25	-207								
1	0.50					2036			-207	22.8	-4750	-3150	-3357
			830	0.80	-610								
E ₂	1.30	2130											
			2960	0.80	-2360								
2	2.10					2990			-3177	58	-184000	-13200	-16377
			2960	0.80	-2360								
E ₃	2.90	1280											
			4240	0.80	-3400								
3	3.70					4400			-8937	60	-538000	-23400	-32337
			4240	0.80	-3400								
E ₄	4.50	475											
			4715	0.90	-4250								
4	5.40					5110			-16287	62.5	-1'030,000	-34000	-50587
			4715	0.08	-380		14587	23200			²⁰⁾ -1'156,750 ²⁰⁾ -68'030,000		
5	5.48					3470			6233	112	700,000	-34500	-28267
			4715	0.09	-425		1117	17800					
6	5.52					3200			23608	222	5'250,000	-35000	-11392
			4715	0.06	-280		7917	12600					
7	5.63					2740			35928	406	14'400,000	-35500	428
			4715	0.01	-47		5177	8300					
8	5.64					2627			44181	470	20'700,000	-35600	8581
			4715	0.01	-47		2550	4100					
9	5.65					2550			48234	565	21'000,000	-35600	12634

Mom. debidos a la P. de Tierra y Carga Muerta

29123

$$H = \sum M_0 y/l \div \sum y^2/l$$

$$H = \frac{67'294.250}{10666} = 6300 \text{ kg}$$

$$A_{est.} = \frac{45000}{.8 (.225 f'_c + f_s p)} = 930 \text{ cm}^2$$

$$A/2 = 3250 > 930 \text{ cm}^2$$

Luego: $A_s = 0.005 \times 6500 = 32.5 \text{ cm}^2$

$$A_s = 32.5 \text{ cm}^2$$

Sección 2.-

$$M = 16.4 \text{ t-m}$$

$$\therefore e = .61 < t = .78 \text{ m}$$

Caso I

$$N = 27 \text{ t.}$$

$$d = 71 \text{ cm}$$

$$a = 32 \text{ cm}$$

$$f_s = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$d' = 7 \text{ cm}$$

$$p = 0.01$$

$$f'_c = 140 \text{ "}$$

$$R_T^2 = \frac{78^2 + 12 \times 9 \times .01 \times 32^2}{12 (1 + 9 \times .01)} = 550$$

$$D = \frac{78^2}{2 \times 550} = 5.5$$

$$e = .495$$

$$F = 27 (1 + 5.5 \times .495 \times 61/78) = 84 \text{ t.}$$

$$p_g = \frac{84000 / .8 \times 7800 - .225 f'_c}{1400} = (-)$$

$$A_{est.} = \frac{84000}{.8 (.225 f'_c + f_s p)} = 1700 \text{ cm}^2$$

$$A_g/2 = 3900 \text{ cm}^2 > 1700$$

$$A = .005 \times 7800 = 39$$

$$A_s = 39 \text{ cm}^2$$

Sección 3.-

$$M = 32.3 \text{ t-m}$$

$$\therefore e = 1.35 > t = .91 \text{ cm}$$

Caso II

$$N = 24 \text{ t}$$

$$d = 84 \text{ cm}$$

$$f_s = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

$$p = 0.01$$

$$d' = 7 \text{ cm}$$

$$f'_c = 140 \text{ "}$$

$$d'/t = .08$$

$$\therefore C = 8.8 ; k = .29 \quad D = 5.5$$

$$t/e = .67$$

$$f_c = \frac{32300}{1 \times 91^2} \times 8.8 = 35 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_a/f'_c = .21$$

$$D_e/t = 8.2$$

$$\therefore f_p/f'_c = .4 \quad \therefore f_p = 84 > f_c$$

$$f_t = 35 \frac{84 - 26.5}{26.5} = 76$$

$$f_s = 760 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = 0.01 \times 100 \times 91 = 91 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 91 \text{ cm}^2$$

Sección 4.-

$$M = 50.6 \text{ t-m}$$

$$N = 18.5 \text{ t}$$

$$d = 93 \text{ cm}$$

$$d' = 7 \text{ cm}$$

$$d'/t = .07$$

$$t/\epsilon = .37$$

$$\therefore e = 2.7 > t = 1 \text{ m} \quad \text{Caso II}$$

$$f_s = 1400 \text{ kg/cm}^2 \quad p = 0.01$$

$$f'_c = 140 \quad "$$

$$\therefore C = 8.2 \quad ; \quad k = .26 \quad ; \quad D = 5.45$$

$$f_c = \frac{50600}{10000} \times 8.2 = 41.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_t = 41.5 \frac{93 - 26}{26} = 106$$

$$f_s = 1060 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = 0.01 \times 100 \times 100 = 100$$

$$A_s = 100 \text{ cm}^2$$

Elemento horizontal.-

Sección 4.-

$$A_s = \frac{5060000}{1400 \times .875 \times 93} = 40 \text{ cm}^2$$

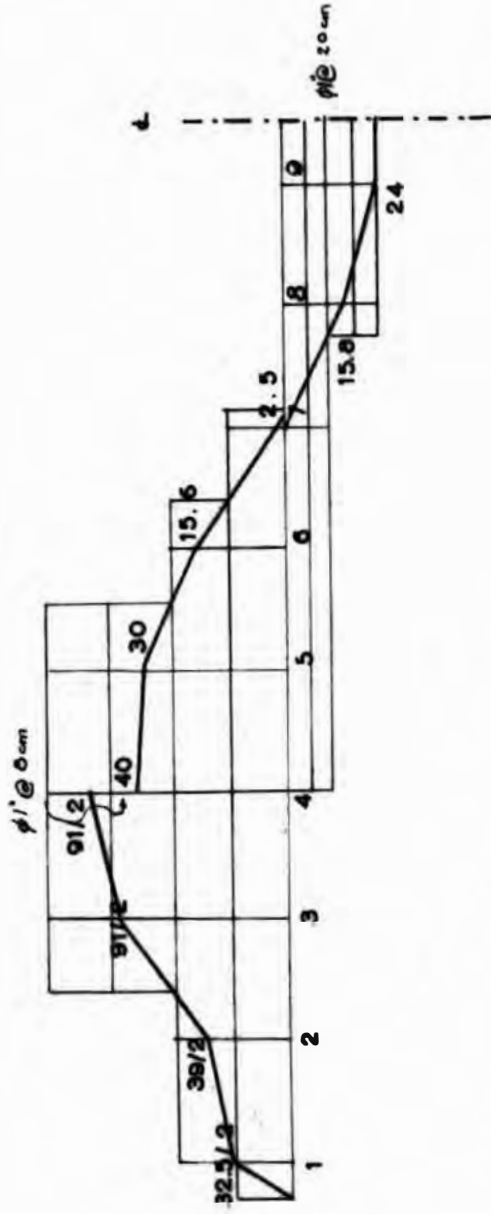
Sección 5.-

$$A_s = \frac{2830000}{1400 \times .875 \times 77} = 30 \text{ cm}^2$$

Sección 6.-

$$A_s = \frac{1140000}{1400 \times .875 \times 60} = 15.6 \text{ cm}^2$$

Diag. Areas de Acero



Esc. ver. 10cm = .5cm

" hor. 1 : 100

fig. 10-2

Sección 7.-

Acero (-)°

$$A_s = \frac{180000}{1750 \times .875 \times 48} = 2.5 \text{ cm}^2$$

Sección 8.-

$$A_s = \frac{360000}{1400 \times .875 \times 45} = 15.8 \text{ cm}^2$$

Sección 9.-

$$A_s = \frac{1260000}{1400 \times .875 \times 43} = 24 \text{ cm}^2$$

Con las cifras encontradas trazamos el diagrama de acero y vemos el número de varillas que corresponde a cada sección.

c.- Colocación de la armadura.-

Como se tiene tres armaduras distintas y tres formas diferentes de pórticos, colocaremos la armadura como indica la fig. 10-1.

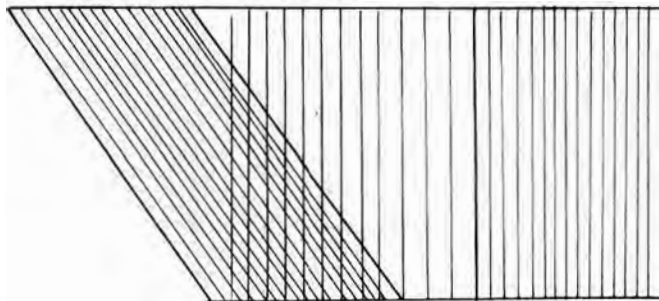


fig. 10-1

Tenemos así que en la pista oeste irá la armadura correspondiente al puente Washington; en la zona de peatones irá su correspondiente armadura, la que llegará a cubrir todo el trapecio

introduciéndose en la zona correspondiente a la parte oblicua. La armadura sesgada ira paralela a la línea exterior inclinada. Es decir que habrá una zona triangular en la parte oblicua que estará cruzada por las armaduras correspondientes a la zona de peatones y sesgada.

d.- Acero transversal.-

El acero correspondiente a la zona oblicua será:

$$A_s = \frac{138}{\sqrt{3.26 \times 17.6}} = 18 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 0 \text{ 7/8" @ 22 cm.}$$

En cuanto al voladizo y a la zapata, éstos serán iguales que los del puente Washington.

11.- MUROS DE CONTENCIÓN.

a.- Cálculo de los momentos y áreas de acero.-

Los muros de contención que se utilizarán en el paso a dos niveles serán del tipo de concreto armado, sin contrafuertes.

Para el cálculo del empuje se seguirá el método de Coulomb, el cual lo considera inclinado.

Si se llama:

W = peso específico de la tierra.

H = Altura de cálculo del muro.

θ = Angulo de la cara interna del muro con la horizontal.

z = Angulo correspondiente al coeficiente de fricción del concreto sobre tierra.

ϕ = Coeficiente de fricción interna.

δ = Angulo del talud de tierra.

La fórmula del empuje será:

$$E = \frac{w H^2}{2} \times \frac{\text{sen}^2 (\theta - \phi)}{\text{sen}^2 \theta \text{sen} (\theta + z)} \left(1 - \frac{\text{sen}^2 (\theta - \phi)}{\text{sen}(\theta - \delta) \text{sen}(\theta + z)} \right)^2$$

Para nuestro caso tenemos:

$$\theta = 90^\circ$$

$$z = 30^\circ$$

$$\phi = 36^\circ$$

$$\delta = 0^\circ$$

$$w = 1600 \text{ kg/m}^3$$

Reemplazando valores:

$$E = \frac{1600 H^2}{2} \times \frac{\sin^2 90^\circ \cos 30^\circ}{\sin^2 90^\circ \cos 30^\circ} \left(1 + \sqrt{\frac{\sin 36^\circ \sin 66^\circ}{\sin 90^\circ \cos 30^\circ}} \right)^2$$

$$E = 188 H^2$$

Las componentes horizontal y vertical del empuje serán:

$$E_h = 188 H^2 \cos 30^\circ = 163 H^2$$

$$E_v = 188 H^2 \sin 30^\circ = 94 H^2$$

El momento con respecto al punto m s bajo del muro será:

$$M = 163 H^2 \times H/3 - 94 H^2 \times t/2$$

$$M = 54.5 H^3 - 47 H^2 t$$

En donde: t = espesor del muro.

Asumiendo un espesor de muro: t = .30 m

Calcularemos el momento para el muro más alto: h = 5.40 m

A esta altura hay que sumarle la correspondiente a la sobre carga, que según la A.A.S.H.O. par el camión H 15-S 12 representa una altura de tierra: h' = 60 cm; le agregamos también la altura que se introduce el muro dentro del suelo, ~~la~~ que asumiremos 60cm.

La altura de c lculo será:

$$H = 5.4 + .60 + .60 = 6.60 \text{ m}$$

El momento será:

$$M = 54.5 \times 6.6^3 - 47 \times 6.6^2 \times .30$$

$$M = 15000 \text{ kg-m}$$

La altura útil es: d = 30 - 7.5 = 22.5 cm

$$\text{Luego: } d = \sqrt{\frac{15000}{16.6 \times 1}} = 30 \text{ cm} > 22.5$$

Necesitamos acero en compresión. Este acero se justifica si se piensa que todos los muros serán de la misma sección y cuando la altura sea menor ya no habrá necesidad de él.

Comprobaremos la sección por corte; el máximo esfuerzo debe

ser menor que $0.02 f'_c = 4.2 \text{ kg/cm}^2$, para no usar ganchos ni estribos. El concreto que usamos es de 210 kg/cm^2 y el fierro de 1400 kg/cm^2 ; $f_c = 0.45 f'_c$.

La fuerza máxima de corte es el empuje horizontal, luego:

$$v = \frac{163 H^2}{b j d} = \frac{163 \times 6.6^2}{100 \times 0.866 \times 22.5} = 3.7 \text{ kg/cm}^2$$

Habiendo comprobado el esfuerzo de corte, hallaremos las áreas de acero.

$$M_c = K b d^2 = 16.6 \times 100 \times 22.5^2 = 850,000 \text{ kg-cm}$$

$$M' = M - M_c = 15000 - 8500 = 6500 \text{ kg-m}$$

$$p = \frac{f_c k}{2 f_s} = \frac{95 \times .403}{2 \times 1400} = 0.0136$$

El acero en la parte de tracción será:

$$A_s = p b d + \frac{M'}{f_s (d - d')} = .0136 \times 100 \times 22.5 + \frac{650000}{1400 (22.5 - 7.5)}$$

$$A_s = 61.5 \text{ cm}^2$$

El acero en compresión será:

$$A'_s = \frac{M'}{f_s (d - d')} = \frac{650000}{1400 (22.5 - 7.5)}$$

$$A'_s = 31 \text{ cm}^2$$

Para la altura de 4.40: $H = 4.40 + 1.20 = 5.60$

El momento será:

$$M = 54.5 \times 5.6^3 - 47 \times .3 \times 5.6^2$$

$$M = 9155 \text{ kg-m} > M_c = 8500 \text{ kg-m}$$

Luego: seneces ta acero en compresión.

$$M' = 9155 - 8500 = 655 \text{ kg-m}$$

Acero en tracción:

$$A_s = .0136 \times 100 \times 22.5 + \frac{655000}{1400 (22.5 - 7.5)} = 30.5 + 3.1$$

$$A_s = 33.6 \text{ cm}^2$$

Acero en compresión: $A'_s = 3.1 \text{ cm}^2$

Altura 3.40: $H = 3.4 + 1.20 = 4.60 \text{ m}$

$$M = 54.5 \times 4.6^3 - 14.1 \times 4.6^2 = 5000 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$A_s = \frac{1400 \times 50000}{.866 \times 22.5} = 18.2$$

$$A_s = 18.2 \text{ cm}^2$$

Altura 2.40:

$$H = 2.4 + 1.2 = 3.60$$

$$M = 54.5 \times 3.6^3 - 14.1 \times 3.6^2 = 2376 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$A_s = \frac{1400 \times 237600}{.866 \times 22.5}$$

$$A_s = 8.7 \text{ cm}^2$$

Altura 1.40:

$$H = 1.4 + 1.2 = 2.60 \text{ m}$$

$$M = 54.5 \times 2.6^3 - 14.1 \times 2.6^2 = 884 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$A_s = 3.25 \text{ cm}^2$$

Con las áreas de acero encontradas se grafica el respectivo diagrama y se obtiene el número de varillas necesarias por cada altura. El diagrama se encuentra en la página siguiente, fig.11-1

b.- Acero de repartición.-

Feabody aconseja usar en los muros, para el acero transversal, una cuantía igual a la mitad de la que se usa en los techos, o sea:

$$p = 0.00125$$

El área de acero necesaria será por consiguiente:

$$A_s - p \cdot b \cdot d = 0.00125 \times 100 \times 22.5$$

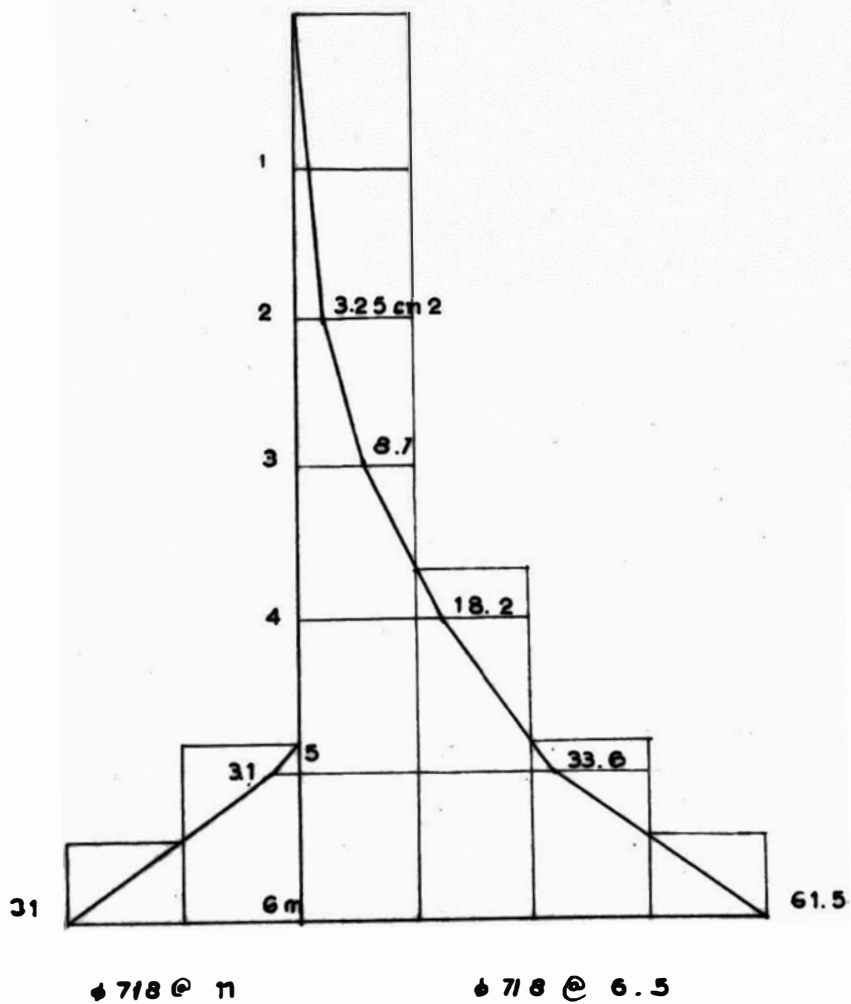
$$A_s = 2.8 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \emptyset \ 3/8" \ 25 \text{ cm}$$

c.- Cálculo de las zapatas de los muros de contención.-

Las zapatas se calcularán como dos voladizos, y se tratará que la resultante de las fuerzas pase por el tercio central de la

Diag. Areas de Acero



Esc. ver. 1:500

Esc. hor. 10cm² = 1cm

fig. 11 - 1

base. El empuje se considerará aplicado en en la cara externa de prisma de tierra que actúa sobre el voladizo interior.

Zapata muro 5.40 m.-

$$H = 6.60 + .50 = 7.10 \text{ m}$$

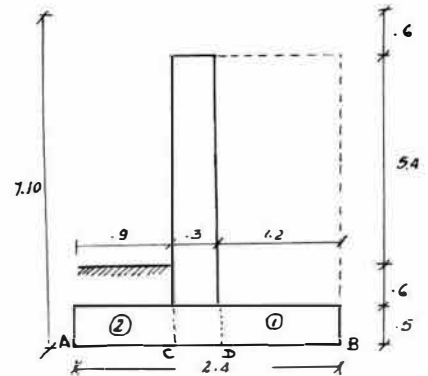
$$t = \text{altura de zapata} = .50 \text{ m}$$

Los empujes serán:

$$E_v = 94 \times \frac{7.1^2}{2} = 4700 \text{ kg}$$

$$E_h = 163 \times \frac{7.1}{2} = 8150 \text{ "}$$

A continuación calculamos los pesos y momentos con respecto a A que actúan en la zapata, como se ve en la fig. 11-2



	Peso	x	M°
Muro	$= 0.3 \times 6 \times 2400 = 4350$	$\times 1.05$	$= 4600 \text{ kg-m}$
Zapata	$= 0.5 \times 2.4 \times 2400 = 2880$	$\times 1.20$	$= 3450 \text{ "}$
Relleno	$= 1.2 \times 6 \times 1600 = 11600$	$\times 1.80$	$= 21000 \text{ "}$
E_v	$= 4700$	$\times 2.40$	$= 11300 \text{ "}$
Total	$= 23530$		40350 "

La distancia de la resultante de los pesos al punto A será:

$$d = \frac{40350}{23530} = 1.71$$

La distancia que hay entre la resultante total y la resultante de las fuerzas verticales será:

$$x = \frac{8150 \times 7.1/3}{23530} = 0.82 \text{ m}$$

El espacio que existe entre el punto A y la resultante será:

$$X' = 1.71 - .82 = .89 \text{ m}$$

La exentricidad será:

$$e = 1.20 - .89 = .31 \text{ m}$$

Los esfuerzos en el terreno serán:

$$s = \frac{23530}{240 \times 100} \left[1 + \frac{6 \times 31}{240} \right]$$

$$s' = 1.74 \text{ kg/cm}^2$$

$$s'' = 0.21 \quad "$$

Como se podrá apreciar los valores son inferiores a 3 kg/cm² que es lo que resiste el terreno, y uno de ellos está muy cercano a cero, o sea que el diseño de la base se acerca mucho al más económico.

Calcularemos ahora los momentos y áreas de acero de los voladizos de que consta la zapata.

Voladizo 1.- En él actúa el peso propio, el relleno y la reacción del terreno.

Base	=		=	+1340 x .6	=	+865 kg-m
Relleno	=		=	+11600 x .6	=	+7000 "
P.deT.	=	$\frac{.96 + .21}{2} \times 120 \times 100$	=	$\frac{-6800}{2} \times .5$	=	$\frac{-3400}{2}$ "
				+6140 kg		+4465 "

La altura útil será:

$$d = \sqrt{\frac{4465}{16.6 \times 1}} = 5.5 \text{ cm}$$

Poniendo un recubrimiento de 12.5 cm, tendremos:

$$d = 50 - 12.5 = 37.5 \text{ cm}$$

Comprobación por corte:

$$v = \frac{6140}{100 \times .866 \times 37.5} = 1.9 \text{ kg/cm}^2 < 0.03 f'_c \text{ (con ganchos)}$$

El area de acero será:

$$A_s = \frac{446500}{1400 \times .866 \times 37.5} = 9.8 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \emptyset 5/8 @ 20 \text{ cm} \quad \text{y corresponde 25 cm de perímetro.}$$

Comprobación por adherencia:

$$\sum o = \frac{6140}{0.075 f'_c \times .866 \times 37.5} = 12 \text{ cm} < 25 \text{ cm}$$

Voladizo 2.- En él actúa el peso propio y la presión de tierra.

	Carga	M_c
P. de T. = $\frac{1.14 + 1.7}{2} \times 90 \times 100$	= 12800	$\times .50 = 6400$
Base = $.9 \times .5 \times 2400$	= <u>-1080</u>	$\times .45 = \underline{-490}$
	11720	5910

Comprobación por corte:

$$v = \frac{11720}{100 \times .866 \times 37.5} = 3.6 \text{ kg/cm}^2 < .03 f_c$$

Area de acero:

$$A_s = \frac{591000}{1400 \times .866 \times 37.5} = 13 \text{ cm}^2$$

$A_s = \emptyset 5/8 @ 15 \text{ cm}$ y corresponde 35 cm de perímetro.

Comprobación por adherencia:

$$\sum o = \frac{11720}{.075 f_c \times .866 \times 37.5} = 22 \text{ cm} < 35 \text{ cm}$$

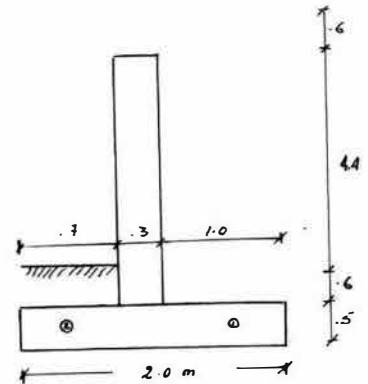
Zapata muro 4.40 m.-

$$H = 5.6 + .50 = 6.1 \text{ m}$$

$$E_v = 94 \times \frac{6.1^2}{2} = 3500 \text{ kg}$$

$$E_h = 163 \times \frac{6.1^2}{2} = 6050 \text{ kg}$$

	Fuerza	M_A
Muro = $.3 \times 5 \times 2400$	= 3600	$\times .85 = 3050$
Zapata = $2 \times .5 \times 2400$	= 2400	$\times 1.0 = 2400$
Relleno = $1 \times 5 \times 1600$	= 8000	$\times 1.5 = 12000$
E_v	= <u>3500</u>	$\times 2.0 = \underline{7000}$
	17500 kg	24450 kg-m



$$d = \frac{24450}{17500} = 1.4 \text{ m} ; x = \frac{6050 \times 6.1/3}{1750} = .7 \text{ m} ; x' = 1.4 - .7 = .7 \text{ m}$$

$$e = 1.00 - 0.70 = 0.30 \text{ m}$$

Los esfuerzos serán:

$$s = \frac{17500}{200 \times 100} \left[1 \pm \frac{6 \times 30}{200} \right]$$

s' = 1.67 kg/cm2

s'' = 0.09 "

Voladizo 1.-

MD

Relleno = 8000 x .50 = 4000

Base = 1 x 2400 x .5 = 1200 x .50 = 600

P.de T. = .84/2x100x100 = -4200 x .33 = -1400

5000 kg 3200 kg-m

Comprobación corte:

v = $\frac{5000}{100 \times .866 \times 37.5}$ = 1.5 kg/cm2 < .03 fl

Area de acero:

As = $\frac{320000}{1400 \times .866 \times 37.5}$ = 7 cm2

As = Ø 7/8" @ 28 cm ∴ 20 cm de perm.

Comprobación por adherencia:

Σo = $\frac{5000}{.075 fl \times .866 \times 37.5}$ ∴ 9,5 cm < 20 cm

Voladizo 2.-

Base = .7 x .5 x 2400 = -840 x .35 = -295

P.de T. = $\frac{1.67+1 \times 70 \times 100}{2}$ = 9300 x .30 = 2800

8460 kg 2505 kg-m

Comprobación por corte:

v = $\frac{8460}{100 \times .866 \times 37.5}$ = 2.6 < .03 fl

Area de acero:

As = $\frac{250500}{1400 \times .866 \times 37.5}$ = 5.5 cm2

As = Ø 5/8" @ 33 cm ; 15 cm de perm.

Comprobación por adherencia:

o = $\frac{8460}{.075 fl \times .866 \times 37.5}$ = 16 cm ∴ As = Ø 5/8" @ 25 cm

Zapata muro de 3.40 m.-

$$H = 4.6 + .5 = 6.1 \text{ m}$$

$$E_v = 96 \times \frac{5.1^2}{2} = 2450 \text{ kg}$$

$$E_h = 163 \times \frac{5.1^2}{2} = 4250 \text{ "}$$

$$M_A$$

$$\text{Muro} = .3 \times 4 \times 2400 = 2900 \times .65 = 1880$$

$$\text{Relleno} = .9 \times 4 \times 1600 = 5750 \times 1.25 = 7200$$

$$\text{Zapata} = .5 \times 1.7 \times 2.4 \times 2050 \times .85 = 1740$$

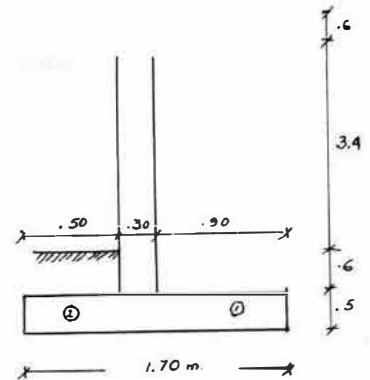
$$E_v = 2450 \times 1.70 = 4150$$

$$13350 \text{ kg} \quad 14830 \text{ kg-m}$$

$$d = \frac{14830}{13350} = 1.12 \text{ m} ; \quad x = \frac{4250 \times 5.1 / 3}{13350} = .54 \text{ m} ; \quad x' = 1.12 - .54 = .58$$

$$e = .85 - .58 = .27$$

$$s = \frac{13350}{170 \times 100} \left[1 \pm \frac{6 \times 27}{170} \right] \therefore \begin{matrix} s' = 1.55 \text{ kg/cm}^2 \\ s'' = 0 \text{ "} \end{matrix}$$

Voladizo 1.-

$$\text{Relleno} = 5750 \times .45 = 2600$$

$$\text{Zapata} = .9 \times .5 \times 2400 = 1080 \times .45 = 485$$

$$\text{P.de T.} = .8 / 2 \times 90 \times 100 = \underline{-3600} \times .30 = \underline{-1080}$$

$$3230 \text{ kg} \quad 2000 \text{ kg-m}$$

Comprobación por corte:

$$v = \frac{3230}{100 \times .866 \times 37.5} = 1 \text{ kg/cm}^2 < .03 f_c$$

Area de acero:

$$A_s = \frac{200000}{1400 \times .866 \times 37.5} = 4.4 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \emptyset 1/2" @ 25 \text{ cm} ; \text{perímetro: } 16 \text{ cm}$$

Comprobación por adherencia:

$$\sum o = \frac{3230}{.075 f_c \times .866 \times 37.5} = 6.5 \text{ cm}$$

Voladizo 2.-

$$\begin{aligned}
 P. \text{ de } T. &= \frac{1.55 + 1.06 \times 50}{2} \times 100 = 6500 \times .29 = 1900 \\
 \text{Zapata} &= .5 \times .5 \times 2400 = -600 \times .25 = -150 \\
 &5900 \qquad \qquad \qquad 1750
 \end{aligned}$$

Comprobación por corte:

$$v = \frac{5900}{b \cdot j \cdot d} = 1.8 \text{ kg/cm}^2 < .03 f_c$$

Area de acero:

$$A_s = \frac{175000}{f_s \cdot j \cdot d} = 4 \text{ cm}^2 \quad \therefore \emptyset 1/2" @ 30 \text{ cm} \quad \dots 13 \text{ cm de per\u00edmetro}$$

Comprobaci\u00f3n por adherencia:

$$\sum o = \frac{5900}{.075 f_c \cdot j \cdot d} = 11 \text{ cm}$$

Zapata muro de 2.40 m.-

$$t = .40 \text{ m}$$

$$H = 3.6 + .4 = 4 \text{ m}$$

$$E_v = 96 \times 4^2 = 1540 \text{ kg}$$

$$E_h = 163 \times 4^2 = 2600$$

$$\text{Muro} = .3 \times 3 \times 2400 = 2160 \times .55 = 1200$$

$$\text{Relleno} = .6 \times 3 \times 1600 = 2900 \times 1 = 2900$$

$$\text{Zapata} = 1.3 \times .4 \times 2400 = 1240 \times .65 = 800$$

$$= 1540 \times 1.3 = 2000$$

$$7840 \text{ kg} \qquad 6900 \text{ kg-m}$$

$$d = \frac{6900}{7840} = .88 \text{ m} \quad x = \frac{2600 \times 4/3}{7840} = .44 \text{ m}; \quad x' = .88 - .44 = .44 \text{ m}$$

$$e = 65 - 44 = 21 \text{ cm}$$

$$s = \frac{7840}{130 \times 100} \left[1 + \frac{6 \times 21}{130} \right] \quad \therefore \quad \begin{aligned} s' &= 1.18 \text{ kg/cm}^2 \\ s'' &= 0 \end{aligned}$$

Voladizo 1.-

$$\text{Relleno} = \qquad \qquad \qquad = 2900 \times .3 = 870$$

$$\text{Zapata} = .6 \times .4 \times 2400 = 575 \times .3 = 170$$

$$P. \text{ de } T. = .55/2 \times 70 \times 100 =$$

$$P. \text{ de } t. = .55/2 \times 70 \times 100 = \underline{-1900} \times .2 = -380$$

$$\text{total} = 1575 \text{ kg} \quad 660 \text{ kg-m}$$

Comprobación por corte:

$$v = \frac{1575}{100 \times .866 \times 27.5} = .66 < f_c \dots$$

Área de acero:

$$A_s = \frac{660000}{f_s j d} = 2 \text{ cm}^2 \therefore \emptyset 1/2" @ 50 \text{ cm} \therefore \text{perímetro: } 8 \text{ cm}$$

Comprobación por adherencia:

$$\sum o = \frac{1575}{u j d} = 4 \text{ cm}$$

Voladizo 2.-

$$P. \text{ de } T. = \frac{1.18 + .82}{2} \times 40 \times 100 = 4000 \times .21 = 840$$

$$\text{Zapata} = .4 \times .4 \times 2400 = -380 \times .20 = -76$$

$$3620 \qquad 764$$

Comprobación por corte:

$$v = \frac{3630}{b j d} = 1.5 \text{ kg/cm}^2 < .03 f_c$$

Área de acero:

$$A_s = \frac{764000}{f_s j d} = 2.3 \text{ cm}^2 = \emptyset 1/2" @ 50 \text{ cm} \quad \text{perím: } 8 \text{ cm}$$

Comprobación por adherencia:

$$\sum o = \frac{3620}{u j d} = 9.5 \text{ cm} \therefore A_s = \emptyset 1/2" @ 30 \text{ cm}$$

Zapata de 1.40 m.-

Será de 1.00 de ancho con 30 cm en la parte externa y 40 cm en la interna, y con una altura de 40 cm. El fierro será de 1/2" cada 50 cm.

Se habrá notado que en todos los cálculos anteriores de zapatas los coeficientes de seguridad al volteo y al deslizamiento están dentro de los límites de seguridad.

En el plano E - 1 se encuentra diseñado el muro de 5.40 m

de alto con todo detalle. Sólo se ha dibujado éste por considerarlo el más completo y porque los otros son similares a él.

Las zapatas de los muros no llevarán acero de repartición, y el muro estará apoyado en la zapata por medio de una junta de construcción, ya que la armadura del muro no ingresa en la zapata sino al revés.

12.- CALCULO DE PAVIMENTOS.

Por tratarse de una zona de ciudad nuestro pavimento será de primera clase, es decir que consistirá de una losa de concreto y una carpeta asfáltica para absorber los efectos abrasivos del tránsito.

a.- losa de concreto.-

Se usará losa de espesor uniforme con tramos alternados por juntas de dilatación.

Para hallar el espesor del pavimento seguiremos el método expuesto por Bruce, el cual da la siguiente fórmula:

$$D = \frac{3 W}{t} \quad \text{en donde: } D = \text{espesor de la losa.}$$

W = carga de la rueda en kg., incluido impacto.

t = tensión admisible del hormigón en kg/cm²

Como usamos la carga H 15-S 12, la carga por rueda será: W = 7350 kg; según Bruce este valor debe estar afectado por el coeficiente 1.3 en el que está involucrado el impacto.- Igualmente recomienda Bruce un valor para t = 56 kg/cm², para el concreto 210.

Reemplazando valores tendremos:

$$D = \frac{3 \times 1.3 \times 7350}{56} = 22.5 \text{ cm}$$

$$D = 22.5 \text{ cm}$$

Teniendo una presión máxima sobre el terreno de 3 kg/cm² comprobaremos ahora cuales son los esfuerzos que se generan en el concreto y si están dentro de los límites que nos hemos fijado. Para ello usaremos las fórmulas de Westergaard, en las cuales existe una relación en la rigidez relativa de la losa y de la subrasante. A continuación hallaremos el radio de rigidez relativa (L):

$$L = \frac{E D^3}{12 (1 - u^2) k}$$

E = módulo de elasticidad del concreto, 4×10^6

D = espesor de la losa, 22.5 cm = 9"

u = módulo de Poissons del concreto, 0.15

k = módulo de la subrasante, 458 lb/pulg². Este valor ha sido encontrado en la tabla 7-5 del libro de Hennes.

Reemplazando valores tenemos: $L = 27.4$ "

Con este valor podemos encontrar ya el esfuerzo permisible del concreto para nuestras condiciones:

$$t = \frac{4.2 W}{D^2} \left(1 - \frac{a/L}{.925 - .22 a/L} \right)$$

En donde "a" es el radio de distribución de la carga por rueda. Por la tabla 7-7 del libro citado anteriormente obtenemos un valor de a = 9" . Reemplazando valores tendremos:

$$t = \frac{4.2 \times 16000 \times 1.3}{9^2} \left(1 - \frac{9/27.4}{.925 - .22 \cdot 9/27.4} \right)$$

$$t = 740 \text{ lb/pulg}^2 = 54 \text{ kg/cm}^2$$

Como podemos apreciar este valor está de acuerdo al recomendado por Bruce o sea $t = 56 \text{ kg/cm}^2$

Para eliminar los efectos de combado del pavimento debido a las variaciones de temperatura y humedad usaremos juntas de dilatación.

No se utilizará junta longitudinal por tener un ancho de pavimento de 6.70 m., las cuales son recomendables para anchos mayores. Las juntas de dilatación transversales estarán espaciadas cada 9 m. según recomendaciones de Goldbeck, y consistirán en espaciamientos de 12 mm. rellenos de mezcla asfáltica.

b.- Carpeta asfáltica.-

Con-siderando de que nuestro pavimento es de primera clase y que el tránsito es urbano y muy intenso, se observará que es necesario usar una superficie de rodadura que satisfaga varias condiciones tales como: durabilidad, suavidad, impermeable, ect. Son por estos requisitos que es necesario usar un pavimento del tipo de mezcla en caliente, y dentro de este grupo el más recomendable es el llamado "carpeta asfáltica".

Se llama carpeta asfáltica a una superficie de rodamiento, de pequeño espesor, compuesta de arena, relleno y cemento asfáltico. En nuestro caso el espesor de la capa será de 4 cm.

Para la composición de la mezcla se usará arena de granos duros y angulares, que tenga el siguiente tipo de graduación de acuerdo a normas de la A.A.S.H.C.:

Pasa	Retenido	% en peso
Nº 10	95 - 100
10	Nº 40	15 - 50
40	80	30 - 60
80	200	18 - 40
200	0 - 5

Con el fin de reducir la cantidad óptima de asfalto, se usa el material conocido como "relleno o filler", el cual debe pasar la

malla 200. Como filler se usará el cemento Portland, por ser un material muy fácil de encontrar en el mercado.

La cantidad de filler que se usa en porcentaje del agregado total en peso varía entre el 12 y 20%. En el cálculo de nuestra mezcla nosotros consideraremos un 15% de filler por ser una cantidad muy recomendable.

Según la A.A.S.H.O. la mezcla de arena y filler debe estar de acuerdo a la siguiente granulometría:

Pasa	Retenido	% en peso
Nº 10	95 - 100
10	Nº 40	10 - 40
40	80	20 - 50
80	200	15 - 35
200	12 - 20

Como el uso de relleno aumenta la estabilidad y resistencia de la carpeta asfáltica, es necesario pensar en obtener una uniformidad completa de esparcido de la mezcla en la vía. Esto supone el uso de rastrillos si la operación se hace a mano, pero actualmente se usa con más frecuencia una esparcidora de tornillo y acabador vibratorio.

Para la selección del cemento asfáltico hay que tener muy en consideración el clima y el tránsito. A continuación presentamos una tabla que relaciona estos dos valores:

Tránsito	Temperaturas.-		
	Alta	Moderada	Baja
Pesado	40 - 50	50 - 60	60 - 70
Moderado	50 - 60	60 - 70	70 - 85
Liviano	60 - 70	70 - 85	85 - 100

Como nuestro caso es el de tránsito pesado y temperatura alta, se usará un cemento asfáltico de 40 a 50° de penetración.

La cantidad de cemento asfáltico que interviene en la mezcla debe ser tal que produzca una porosidad del 2 al 5%, generalmente representa una cantidad que fluctúa entre el 8 y el 12% del peso del agregado. Nosotros usaremos 9% de cemento asfáltico por tratarse de un clima con temperaturas altas.

Sin embargo es muy probable de que este no sea el porcentaje exacto de cemento asfáltico, ya que es necesario hallar ~~en~~ la óptima cantidad de asfalto, porque una variación de 0.5% en el asfalto, ya sea más o menos de las cifra óptima puede ser crítico. Es por esta razón que es necesario hacer pruebas tanto en el campo como en el laboratorio. La primera consiste en hacer prozos de prueba compactados y rodillados de manera semejante al procedimiento de la nueva construcción. De estas muestras se toma el contenido de vacíos, peso específico, etc. Las pruebas de laboratorio consiste en hacer moldes de 2" de diámetro y 1 a 1 1/2" de espesor, con la mezcla adoptada, y haciendo variar al cemento asfáltico del 8 al 12%. Antes de la mezcla el agregado y el cemento se calientan de 148 a 162°C, y aquélla se hace con una cuchara o una mezcladora pequeña. La compactación se realiza aplicando durante un minuto una carga estática de 1360 kg.

La muestra se saca del molde y se deja enfriar. Luego se determina su peso en el aire, ya continuación se le sumerge en agua para hallar el peso específico que se obtiene para cada contenido de cemento asfáltico.

Cálculo de la mezcla.-

Como dijimos anteriormente se usará un 15% de filler y un 9% de cemento asfáltico del porcentaje total de agregado.

Por lo tanto de 100 kg de mezcla tendremos:

Cantidad de agregado: $100 - 9 = 91$ kg.

Luego:

Arena =	$91 \times .85 =$	77	kg.
Filler =	$91 \times .15 =$	14	
Asfalto =		10	
Total		100	

El volumen mínimo de vacíos será igual al peso de cada componente entre su peso específico,; luego:

Arena	=	$77/2600 =$	0.030	m ³
Filler	=	$14/800 =$	0.017	"
Asfalto	=	$9/1000 =$	<u>0.009</u>	"
			0.056	"

El peso de la mezcla por m³ con mínimo de vacíos será:

Peso arena	=	$77/.056 =$	1380	kg/m ³
" filler	=	$14/.056 =$	250	"
" asfalto	=	$10/.056 =$	<u>160</u>	"
" mezcla	=	$100/.056 =$	1790	"

Como por lo general no es recomendable usar una mezcla completamente compactada, ya que esta debe tener un porcentaje de vacíos tal que permita la evaporación en el pavimento, tomaremos un 80% de los valores máximos encontrados:

Peso Arena	:	1380 x .8 = 1100	kg/m ³
" filler	:	250 x .8 = 200	"
" Asfalto	:	160 x .8 = <u>128</u>	"
		1328	"

El peso y volumen por m² para un espesor de 4 cm. será:

Arena	=	1100/25 = 44.0	kg/m ²
Filler	=	200/25 = 8.0	"
Asfalto	=	128 /25 = 5.0	"

Volumen:

Arena	=	44/1600 = 0.0275	m ³ /m ²
Filler	=	8 / 800 = 0.0100	"
Asfalto	=	5 /1000 = 0.0050	"

Procedimiento de la mezcla.-

El mezclado se realizará en una planta estacionaria e intermitente. La arena se calentará del 62° F. a 204.4°C., la que se mixtura con el filler el que no se calienta. El cemento asfáltico se calienta entre 137°C. y 176.6°C. Los componentes de la mezcla se pesan por separado en tandas uniformes y se les ponen en la mezcladora por un minuto o hasta que todas las partículas estén cubiertas. La temperatura de la mezcla en la planta fluctúa entre 250°F y 325°F. (121 a 162°C.)

El extendido, acabado y compactación de la mezcla sobre el terreno lo veremos en el capítulo relacionado con maquinarias.

Pruebas de laboratorio.-

Entre las pruebas de laboratorio que es necesario ejecutar merece mención especial la conocida con el nombre de "equivalente centrífugo del kerosene" (C.K.E.), la cual sirve para determinar el óptimo contenido de asfalto.

La prueba consiste en poner unos 100 gr. de muestra repre-

representativa de agregado seco en una centrífuga sobre una hoja de papel de filtro. El fondo del recipiente es puesto en kerosene hasta que sature la muestra. Luego se centrifuga durante dos minutos y con una fuerza de 400 veces la gravedad.

El C.K.E. es la cantidad de kerosene retenido expresado como porcentaje del peso seco del agregado.

13.- DISEÑO DE LAS MEZCLAS DE CONCRETO.

En este capítulo nos ocuparemos de todo lo relacionado con la preparación de una buena mezcla de concreto, es decir de hacer una dosificación de los elementos, de tal manera que nos dé un concreto con las características deseadas. Para ello seguiremos el método expuesto por Juan D. Higuera en su obra "Diseño de mezclas de concreto".

a.- Dosificación de la mezcla para obtener un concreto de 210 kg/cm².

Para hacer el diseño tenemos como datos los siguientes factores:

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

Coefficiente de trabajabilidad o "slump" = 3"

Cemento.- Tipo Portland, en sacos de 42 kg. y 1'3 de volumen.

Arena.- Proveniente de la Molina, con un análisis granulométrico como se muestra más adelante.

Piedra.- Proveniente de la chancadora Limatambo, con el a-

nálisis granulométrico que presentamos en seguida:

	Número de tamices								
	100	50	30	16	8	4	3/8"	3/4"	1 1/2"
	Porcentajes retenidos en peso								
Arena	91.82	65	44	21	3	0	0	0	0
Piedra	100	100	100	100	100	100	93	45	0

Arena: peso/m³ = 1640 kg

Piedra: " 1500 "

En los análisis granulométricos sólo se han considerado las mallas que se necesitan para hallar el módulo de finura.

1.-Relación agua-cemento.- Se llama así al que existe entre el volumen del agua y el volumen del cemento de una mezcla. Esta proporción de agua-cemento es fija para cada resistencia compresiva de una mezcla, independiente de los agregados arena y piedra, siempre que entre en proporciones convenientes y se tomen períodos de fraguado iguales.

La siguiente fórmula relaciona la resistencia del concreto con la relación agua-cemento:

$$f'_c = \frac{14000}{7^x} \quad f'_c = \text{lb/pulg.}^2$$

$$x = \text{agua/cemento}$$

Reemplazando valores, teniendo en cuenta que $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2 = 3000 \text{ lb/pulg.}^2$ se tiene:

$$3000 = \frac{14000}{7^x}$$

$$x = a/c = .798$$

Si se sabe que 1 saco = 28.3 lt, la cantidad de agua por saco será:

$$a = .798 \times 28.3 = 22.5 \text{ lt}$$

2.-Módulos de finura.- Módulo de finura es la suma de los porcentajes retenidos acumulados en cada cedazo de los de la serie anterior dividida por 100.

$$\text{Para la arena: } M_f = \frac{3+21+44+65+82+91}{100} = 3.06$$

$$\text{Para la piedra: } M_g = \frac{6 \times 100+93+45}{100} = 7.38$$

Si consideramos que vamos a admitir como tamaño máximo de la piedra 1", con este valor y la resistencia del concreto, obtenemos del gráfico N2 2 del libro de Higuera, los valores correspondientes al módulo de finura de la mezcla y la proporción de un volumen de cemento a volúmenes ya mezclados de agregados, luego:

$$m = 5.5$$

$$p = 1 : 3.45$$

3.- Proporciones de los agregados.- Si llamamos "r" a la relación del volumen del agregado fino, a la suma de los volúmenes de los agregados fino y grueso medidos separadamente, tendremos la siguiente ecuación:

$$r = \frac{M_g - m}{M_g - M_f}$$

Reemplazando valores:

$$r = \frac{7.38 - 5.5}{7.38 - 3.06}$$

$$r = 0.436$$

O sea que se necesitan:

De agregado fino 43.6% en volumen

" grueso 56.4% "

La relación del volumen de los agregados mezclados, a la suma de los volúmenes de los mismos, medidos separadamente es:

$$r' = \frac{r W_f + (1 - r) W_g}{W_m}$$

$$r' = \frac{.436 \times 1640 + (1 - .436) 1500}{1867}$$

$$r' = .834$$

Los porcentajes de los agregados para que estén en la relación 1 : 3.45 serán:

$$1 \quad 3.45 \quad \frac{.436}{.834} : 345 \quad \frac{.564}{.834}$$

La proporción de la mezcla será:

$$1 : 1.82 : 2.35$$

Las cantidades de cemento, arena y piedra necesaria para formar un metro cúbico de concreto serán:

$$c = 1.00$$

$$a = 1.82$$

$$p = 2.35$$

$$c + a + p = 5.17$$

La cantidad de cemento será:

$$C' = \frac{2345}{c+a+p} = \dots\dots\dots 450 \text{ kg/m}^3$$

Arena en metros cúbicos:

$$A' = C' \times a \times 0.00066 = 450 \times 1.82 \times 0.00066 \dots\dots\dots 0.54 \text{ m}^3/\text{m}^3$$

Piedra en metros cúbicos:

$$P' = C' \times p \times 0.00066 \dots\dots\dots 0.70$$

La cantidad de agua en la mezcla será:

$$a = \frac{450 \times 22.5}{42}$$

$$a = 240 \text{ lt} / \text{m}^3$$

b.- Mezcla para obtener un concreto de 140 kg/cm².

Asumimos los mismos datos que en el caso anterior solo que el tamaño máximo de la piedra lo consideramos de 1 1/2 " y por supuesto $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2 = 2000 \text{ lb/pulg}^2$.

1.-Relación agua cemento.-

$$2000 = 1400$$

14.- CONSIDERACIONES FINALES DEL PROYECTO.

a.- Arquitectura.-

En este aparte analizaremos todo lo que se refiere a los detalles y acabados que se ejecutarán en la intersección.

Barandas.- Serán de concreto armado y fierro; es decir la parte inferior de 0.60 m por 0.30 m., de sección será de concreto tarrajado, pero la parte superior será de fierro, tal como lo muestra la fig. 14 - 1. Este tipo de barandas se usará tanto en los puentes como encima de los muros de contención.

Revestimientos.- Todos los revestimientos, en gran parte, serán tarrajados y pintados, salvo excepciones como el de las paredes de los pasos inferiores que serán superficies onduladas, con el objeto de reducir a un mínimo los ruidos y reflejos.

En el plano D - 2 se observa la forma como se remodelará la zona contigua al monumento, en ella se ha tratado de no pasar de una manera brusca de las áreas verdes al pavimento de cemento.

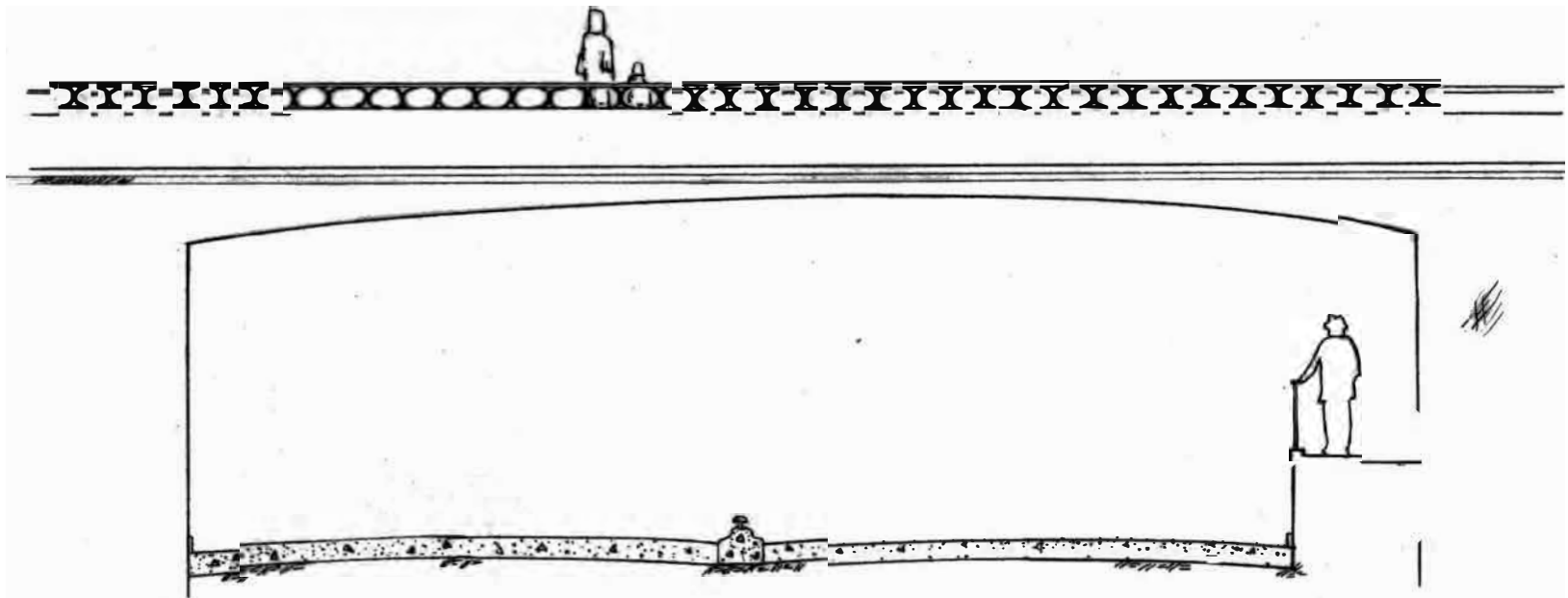


fig. 14-1

b.- Plantación.-

En las islas que se forman en la parte correspondiente al Campo de Marte, se colocará como plantación el césped ; en la isla mayor y en la zona del Campo adyacente a la pista de unión de la Salaverry con 28 de Julio, pueden colocarse árboles cuyas ramas no obstuyan la vista del chofer.

En la zona en talud, como se trata de una inclinación relativamente suave, ya que la parte más elevada está en la relación 4:1, seguiremos las normas de la Asociación Americana de Caminos, la que expresa que puede colocarse en dicho lugar una cubierta sólida de plantación o en su lugar una capa de césped. Esta última recomendación es la que se usará en el talud.

En la parte que corresponde a la avenida Salaverry, además del césped y los árboles, se plantará al borde de la pista un cerco de arbustos no mayor de 60 cm., el que tiene por objeto señalar el canal de tránsito, diluir la luz de los vehículos que vienen por la pista contraria, y dar seguridad al vehículo en caso de que este se suba sobre el bordillo bruscamente.

c.- Iluminación.-

En la iluminación del cruce debe tratarse en lo posible que sea bastante uniforme, para evitar claro-oscuros que puedan molestar al conductor del vehículo.

En la parte inferior del paso a desnivel la iluminación se hará por luces empotradas. En la parte baja del puente es recomendada la luz cenital concentrada que aumenta la iluminación de la zona. A los costados de las rampas la luz será más bien difusa para no molestar al chofer. En la separación de las dos vías se colocarán espaciadas luces de seguridad, así como también se pondrán al comienzo y fin de las rampas.

La iluminación de las vías de enlace se hará por postes ornamentales a distancias semejantes de las que existen en la zona. La iluminación en el cruce a nivel será un poco más intensa que la de los lugares adyacente. Se tratará que el comienzo y final de las calles de enlace sean bien visibles, así como las curvas, las que de preferencia deben ser señalizadas por medio de lamparines en el bordillo.

d.- Señalización.

En toda intersección a dos niveles la señalización es tan importante como el cruce en sí, ya que de ella depende el buen comportamiento del diseño proyectado.

Los signos son en general de tres clases:

- De advertencia.
- De regulación.
- De guía.

Los primeros son colocados en las proximidades del cruce y dan a los conductores la primera indicación de las condiciones de la intersección. Estos signos no se usan casi en las ciudades ya que no son muy necesarios, y además la estructura misma del cruce es ya una advertencia al automovilista.

Los signos de regulación son los que tratan de designar los senderos propios del vehículo, y la exclusión del mismo de senderos que no le corresponden, y controlar el buen comportamiento del conductor. Entre estos signos estén SIGA ADELANTE, UN SOLO CAMINO, signos a las entradas y salidas, signos con las velocidades de zona, restricciones de parqueo, etc. Dentro de este rubro también pueden citarse las curvas iluminadas, como se ha propuesto en el acápite " c", relativo a iluminación, y

la separación de vías de tránsito por obstáculos materiales. Entre estos últimos merece especial atención el que se pondrá en la Av. 28 de Julio, ya que allí el poco espacio disponible sólo permitió diseñar una separación central similar a la del libro de Escario, la cual tiene las dimensiones mínimas para poder encauzar el tránsito sin peligro. (Ver fig. 14 - 2)

Las señales de guía son las más importantes en un cruce e incluyen los signos de destino y las rutas marcadas. Estos signos deben colocarse en tal forma que los choferes tengan conocimiento del lugar del destino antes de que su atención esté ocupada por el manejo del vehículo en la intersección. Las señales de guía deben ser tantas como sea posible, y sus mensajes simples y directos. Estos signos deben ser completamente visibles tanto de día como de noche; y en las ciudades los mensajes escritos deben tener como referencia barrios, distritos o lugares importantes de la ciudad. Los signos guía por lo general van acompañados de flechas para indicar en forma más clara el giro o dirección que debe tomar el conductor. En la fig. 14 - 3 se ven algunos puntos de señalización que son indispensables para el buen funcionamiento del cruce.

En toda señalización acompañada de leyendas tiene gran importancia el tamaño de las letras, las que deben estar en función de la velocidad de régimen de la vía. Es decir que debe tener el conductor del vehículo el suficiente tiempo para leer el aviso y hacer la maniobra respectiva que le indica. De esta explicación se derivó lo que se conoce con "distancia de advertencia" o sea la que existe entre el punto-seña y el momento de maniobra. Según la Asociación Americana de Caminos, esta distancia

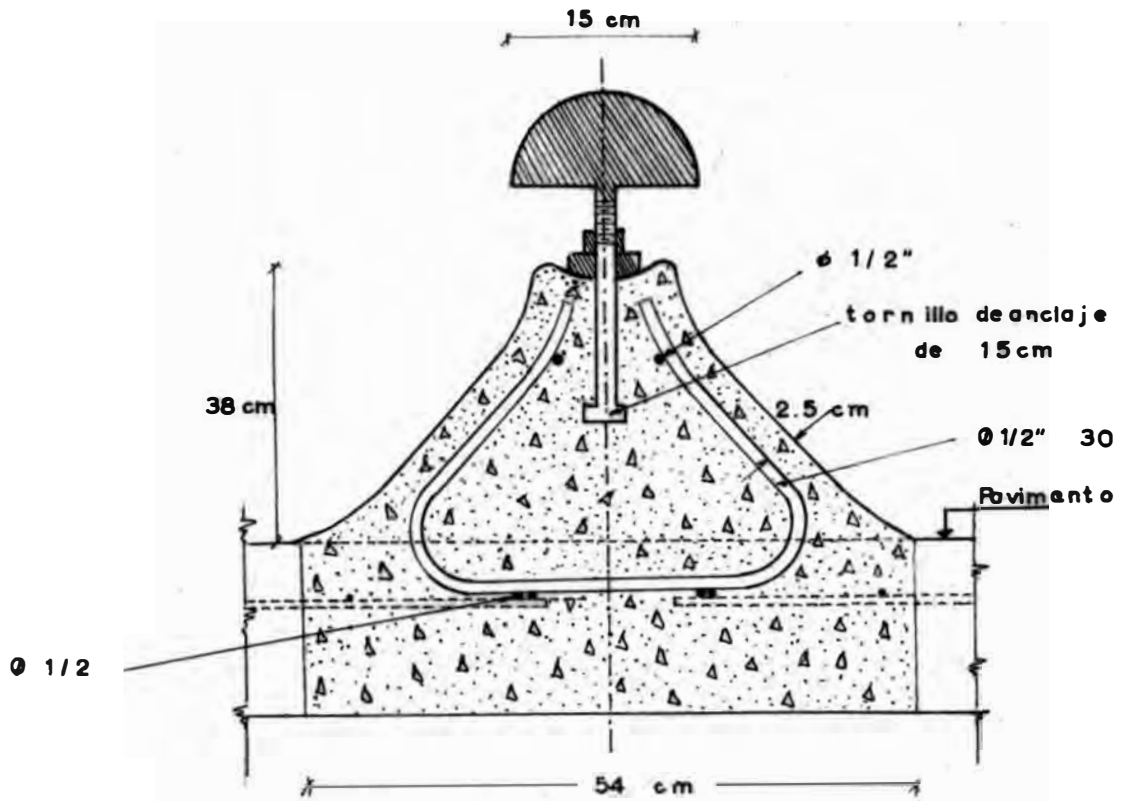


fig. 14 - 2

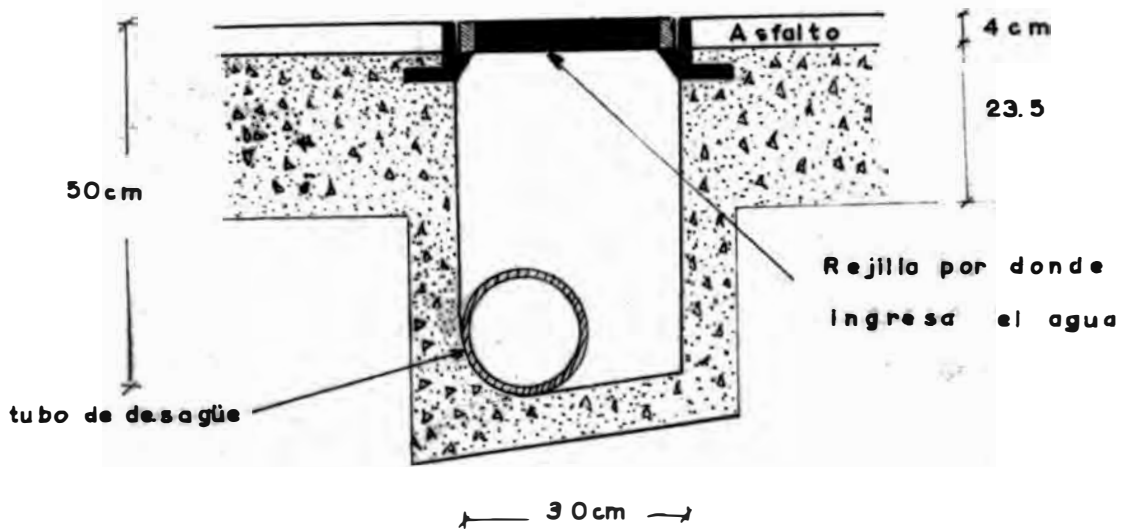


fig. 14-4

por la superficie y no ingresen a la zona inferior del paso. El diseño de los sumideros es como lo indica la fig. 14-4, y consta principalmente de una rejilla colocada en el mismo firme, una cámara almacenamiento y la conexión de ésta por medio de una tubería al albañal que corre al costado de la 28 de Julio para su eliminación.

El que se coloca en la parte inferior del paso tiene un diseño similar al descrito anteriormente pero se diferencia que la eliminación del agua se hace a unos pozos que están a su costado, en donde el agua se elimina por filtración en el subsuelo. Como la cantidad de agua es pequeña ésta no representa un daño para la estructura.

En la fig. 14-3 se observa la posición de las rejillas transversales en el terreno.

15.- MAQUINARIA Y PROCESO DE CONSTRUCCION.

La maquinaria que se usa en una obra, y la forma como se construye la misma, son elementos muy importantes para la realización de un trabajo de ingeniería. En este capítulo se analizarán en forma general las distintas máquinas que interverrán en la ejecución de la obra, así como la forma en que se construirá la misma.

a.- Construcción de la explanación.-

Dentro de este acépite hay que diferenciar la explanación de la vía sumergida, de la de las vías superiores.

Expondremos primero el proceso y maquinaria a seguir en la construcción de la vía inferior. En primera instancia se perforará el pavimento antiguo de la zona por medio de un rompe pavimentos. Se tratará de usar que no produzca mucha vibración con el fin de amortiguar el ruido en lo posible; se recomendará una demolidora de 35 a 40 kg de peso, con una presión de aire de

5 - 7 kg/cm². Además se usará una compresora, tipo Diessel con una capacidad de 210 pies³/min. y una presión de descarga de 100 lb/pulg.² (7.03 kg/cm²). Se tratará de que esté montada sobre Chasis de cuatro ruedas para su fácil transporte de un lado a otro.

Una vez roto el pavimento se procederá a la excavación de las rampas de subida y bajada. Para ello utilizaremos una pala mecánica de cuchara de ~~una~~ yardas cúbicas, que va sobre orugas. Si consideramos una eficiencia de la máquina de 0.6 y del cucharón de 0.9, que son buenos promedios, teniendo un valor de 1 como factor de conversión del estado natural del material al estado suelto, un ciclo de trabajo de 20 sg. según los gráficos del Ing. Paraud, tendremos como rendimiento de la máquina el siguiente valor:

$$R = \frac{3600 \times 0.76 \times 0.6 \times 1 \times 0.9}{20} = 70 \text{ m}^3/\text{hora}$$

El número de volquetes que se usarán para servir a la pala deben ser tales que no interfieran el trabajo de la máquina, ya que esta no debe parar sino lo indispensable. Además los volquetes tendrán una capacidad tal que se llenen de 4 cucharadas más o menos. En nuestro caso se usarán volquetes de 3 yardas³ de capacidad, y su número estará dado por la siguiente fórmula:

$$N = \frac{1 + 60 \left(\frac{d}{V'} + T' + \frac{d}{V''} + T'' \right)}{n \cdot c_m}$$

n - n^o de ciclos requeridos para cargar un camión, en nuestro caso = 4 ciclos

V' = Velocidad en m/min. del camión cargado = 35 x 16.7 = 585 m/m

T' = Tiempo en minutos, necesarios para vacear un volquete, se supone 0.5 min.

V'' = Vel en m/min del camión descargado = 48 x 16.7 = 800 m/min

T'' = Tiempo en minutos para que el camión se cuadre bajo la pala = 2 min.

d = Distancia de transporte en metros.

c_m = Ciclo total en segundos, para este tipo de palas (3/4 yard.3)
el vaolr correspondiente es 20 sg.

La distancia de transporte la consideraremos de 5 km aproximadamente, que es el espacio entre la plaza Jorge Chávez y los barrancos de la Costanera.

El número de volquetes será por lo tanto:

$$N = \frac{1 - 60 (5000/585 - .5 - 5000/800 - 2)}{4 \times 20}$$

N = 14 camiones volquetes de 3/4 yardas cúbicas.

Luego de eliminado el desmonte se procede a la explanación propiamente dicha, y luego al afirmado de la base.

Para la nivelación del terreno se usará un tractor D-8, con empujador angular y cuya hoja tendrá una angulación de 25°. Esta máquina excavará también la zona correspondiente al comienzo y final de las rampas de subida y bajada, en donde no es económico usar la pala. Para el afirmado de la base se usará un rodillo neumático con autopropulsión, debido a la gran maniobrabilidad que poseen estas máquinas.

b.- Obras de concreto.-

Bajo este nombre agrupamos la construcción de los puentes y los muros de contención.

Estas obras se ejecutan inmediatamente después de la excavación. Para ello es necesario la construcción de los encofrados de madera. En los puentes primero se construyen las zapatas, habiéndose hecho la excavación de ellas a mano por medio de picas y lempas. Luego se levantan las patas del pórtico y finalmente se construye la losa. Al hacer estas operaciones hay que tener mucho cuidado que las juntas de construcción estén completamente limpias antes de llenar el concreto para lo rar un

16.- ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS.

En primer lugar indicaremos los precios actuales que tienen los principales materiales de construcción, así como los jornales que perciben los obreros.

a.- Precios unitarios de materiales.-

1.- Cemento puesto en obra	S/. 17.50 bolsa
2.- Madera P.O. sin cepillar	3.30 p2
3.- Clavos	4.50 kg
4.- Alambre	4.00 kg
5.- Fierro corrugado	3.20 kg
6.- Arena	22.00 m3
7.- Piedra partida 1"	34.00 m3

b.- Costos Globales.-

1.- Gastos imprevistos	3 %
2.- Gastos Generales	12%
3.- Utilidad	10 %

c.- Jornales y leyes sociales.-

1.- Jornales:

Peón	S/. 27.00
Oficial	30.00

Albañil	S/. 40.00
Carpintero	40.00
Maestro Albañil	50.00
2.- Leyes sociales:	
Seguro Social (cuota patronal)	6 %
Seguro contra accidentes	6 %
Indemnizaciones	15 %
Vacaciones	4.2%
Salario dominical	16.6%
Fondo de Bienestar Social	<u>3.0%</u>
Total:	50.8%
d.- <u>Costos unitarios.-</u>	
1.- <u>Movimientos de Tierras.-</u>	
1-A.- Excavación en conglomerado con equipo mecánico.	
Alquiler de una pala de 1 m^3 , con rendimiento de 30 m^3 diarios: S/. 1500.00	S/. 5.00
15% por gastos generales e imprevistos (b-1,b-2)	<u>.75</u>
	5.75
10% por utilidad (b-3)	<u>.57</u>
	6.32
Costo por m^3 : S/. 6.30	
1-B.- Excavación en conglomerado a mano.-	
Mano de obra:	
Rendimiento peón $3\text{m}^3/\text{día}$.- 27/3	S/. 9.00
" capataz para 15 peones.-50/15 x 3	<u>1.11</u>
	10.11
Leyes sociales: 50 %	<u>5.06</u>
	15.17
Herramientas	<u>.50</u>

10% por b-3	S/.	<u>.05</u>
		.56

Resumen:

Material:		4.05
Corte Colocación:		.56
		<u>4.61</u>

Costo por kg: S/. 4.60

4.- Concreto.-Concreto de 140 kg/cm².

Materiales:

Cemento: 6.5 bolsas x 17.70	S/.	115.00
Arena: .46 x 22.00		10.05
Piedra: .72 x 34.00		<u>24.50</u>
		49.55

Mano de obra: Rendimiento 20 m³/día

10 peones: 10 x 27/20		13.50
1 maestro: 50/20		2.50
1 albañil: 40/20		<u>2.00</u>
		18.00
50% por L. S.		<u>9.00</u>
		27.00

Equipo:

1 mezcladora de 10 p ³ , a S/.150 por día: 150/20		7.50
Gasolina: 5 gal. x 1.9 = 9.5 / 20		.48
Aceite: 1/8 gal. x 40 5/ 20		.25
Maquinista: (con L.S.) 1.5 x 40/20		3.00
1 vibrador: 50 / 20		22.50
Aceite: 1/32 gal x 40 / 20		.07
Gasolina: 1 gal x 1.9 / 20		.10
Operador: 1 Oficial (con L.S.): 1.5 x 29.9/20		2.25
Herramientas:		<u>2.00</u>
		18.15

Resumen:

Materiales:	S/. 140.55
Mano de obra:	27.00
Equipo:	<u>18.15</u>
	194.65
15% por b-1, b-2	<u>29.20</u>
	223.85
10% por b-3	<u>22.38</u>
	246.23

Costo por m³: S/. 246.23

Concreto de 210 kg/cm²

Materiales:

Cemento: 10.6 bolsas x 17.70	189.00
Arena: .54 x 22	11.90
Piedra: .70 x 34	<u>23.80</u>
	224.70

Resumen:

Mano de Obra	27.00
Materiales	224.70
Equipo	<u>10.15</u>
	261.85
15% por b-1, b-2	<u>39.20</u>
	301.05
10% por b-3	<u>30.10</u>
	331.15

Costo por m³: S/. 331.15

5.- Tarrajado frotachado.-

Mezcla 1 : 5

Materiales:

Cemento: 36 b. x 17.70	637.00
Arena: 5 m ³ x 22.00	<u>110.00</u>
	747.00
Por m ³ : (747 / 6) 1.25	155.00
Por m ² : 155 x .025	3.90

17.- METRADO Y PRESUPUESTO/-

Par- tida	Descripción	Metrado		Precio Unit.	C o s t o	
		Unid.	Cantid.		Parcial	Total.
1	Rotura de pavimentos.	m2	7700	11.00	84,600	84,600
2	Movimiento de tierras.-					
2A	Excavación a máquina.	m3	14380	6.30	90,000	
2B	Excav. a mano.	m3	450	19.82	9,000	
2C	Relleno compact	m3	700	6.40	4,500	
2D	Eliminación de desmonte	m3	16700	10.20	170,000	273,500
3	Pavimentos y obras anexas.-					
3A	Pav. de cto. ciclópeo	m2	7535	75.00	568,000	
3B	Asfaltado	m2	10800	21.00	226,000	
3C	Sardineles	m1	1900	15.00	22,500	
3D	Veredas	m2	230	74.00	17,000	
3E	Separación central:					
	a) Concreto	m1	220	33.20	7,400	
	b) Armadura	kg	2000	4.60	9,200	850,100
4	Pórtico Washing ton.-					
4A	Concreto Armado	m3	250	331.15	83,000	
4B	Armadura	kg	25610	4.60	120,000	

Resumen.-

1.- Rotura de Pavimentos	S/.	84,600.00
2.- Movimiento de Tierras		273,500.00
3.- Pavimentos		850,000.00
4.- Fuente Washington		297,422.00
5.- Puente Guzmán Blanco		1'069,420.00
6.- Muros de Contención		802,300.00
7.- Vía de Peatones		72,500.00
8.- Jardinería		20,000.00
9.- Iluminación		80,000.00
10.- Señalización		15,000.00
		<hr/>
	Total:	3'564,842.00
11.- Imprevistos		100,000.00
		<hr/>
		3'664,842.00

Costo total del proyecto: S/. 3'664,842.00

BIBLIOGRAFIA.-

- " A Policy on Grade Separations for Intersecting Highway" de la American Association of State Highway Officials.
- "Camino" por J.L. Escario
- "Ingeniería de carreteras" por H.I. Collins y C. A. Hart.
- "Highway Design and Construction" por Arthur Bruce
- "Camino" por Hewes
- "Fundamentals of transportation engineering" por Robert Hermes y Martin Ekse.
- "Memoria del IV congreso Interamericano de Carreteras"
- "Bituminous construction" por Barber - Green Company
- "The Rigid Frame Bridge" por Arthur Hayden and Maurice Barron
- "Concreto" por Peabody.
- "Diseño de mezclas de concreto" por Juan de D. Higuera
- "Tablas de Caminos" de Sarrazin
- Revistas "Construcción", nos 4, 7 y 9, tomo 45.
- Apuntes de clase del Ingro. Enrique Echegaray.