

INVE 95
OCEB 3

Universidad Nacional de Ingeniería

PROGRAMA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL



**LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE DE LIMA
METROPOLITANA EN EL CASO HIPOTETICO
DE UN SISMO DESTRUCTOR**

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

JOSE KAMIYA TERUYA

LIMA - PERU - 1977

A MIS PADRES

Por su constante apoyo y esfuerzo
en mi formación profesional.

A MIS HERMANOS

AL INGENIERO JULIO KUROIWA H.,
MI PROFUNDO AGRADECIMIENTO POR
SUS ENSEÑANZAS Y PRINCIPIOS RE-
CIBIDOS, Y POR SU CONSTANTE A-
SESORIA BRINDADA PARA EL DESA-
RROLLO DEL PRESENTE TRABAJO.

AGRADECIMIENTOS

- A la Secretaría Ejecutiva del Comité Nacional de Defensa Civil, por las facilidades prestadas para el desarrollo del presente trabajo.
- Al Ing. José Trigo Chávez, Ingeniero Jefe de la Unidad de Conservación y Mantenimiento del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Al Ing. Ricardo Valencia de ENAPU-PERU
- Al Ing. Guillermo Liao y al Ing. Luis Gambeta, de la Municipalidad de Lima.
- A todas las personas que en una u otra forma han contribuido en la elaboración de la presente tesis.

R E S U M E N

El Perú por su ubicación geográfica está expuesto a sufrir los efectos de sismos destructores; si el epicentro de uno de estos sismos se ubicara cerca a la ciudad de Lima (Lima Metropolitana) los daños que se tendrían podrían ser catastróficos para el país, ya que en Lima se concentra el 25% de la población y el 70% de las industrias y del producto Bruto Nacional.

El Sistema Nacional de Defensa Civil, conciente de esta situación ha visto la necesidad de elaborar planes de prevención, preparación y de emergencia que tengan por finalidad disminuir los efectos catastróficos que un sismo de gran magnitud pueda causar en los diferentes sectores de la infraestructura de la ciudad.

La presente Tesis forma parte de los estudios que se están realizando con la finalidad de la elaboración de los planes antes mencionados. Esta está encaminada a detectar todos los problemas que se pueden presentar ante la ocurrencia de un sismo destructor (grado VIII como promedio) en el sector del transporte, especialmente en la infraestructura de los sistemas de transporte de Lima Metropolitana.

INTRODUCCION.- Este es el título del primer capítulo en el cual, mostramos la importancia de este estudio, el que ha sido detallado líneas arriba. Luego damos a conocer los métodos empleados para este estudio para lo cual se ha seguido el siguiente esquema: Análisis de los problemas que se pueden presentar, este se realiza en base a problemas ó experiencias obtenidas en sismos pasados, ocurridos tanto en nuestro país así como en otros países. Para esto se ha realizado una recabación de todo este tipo de información. Luego en base a estos análisis se ha hecho una evaluación sísmica de las infraestructuras que conforman el sistema de transportes de Lima Metropolitana. Finalmente se dan las conclusiones y recomendaciones para solucionar los problemas vistos.

CAPITULO II.- TRANSPORTE TERRESTRE : Este capítulo se encuentra dividido en los siguientes acápite: Antecedentes.- Trata sobre el desarrollo vial de la ciudad de Lima, y de los daños que se han reportado en la infraestructura del transporte terrestre, en sismos anteriores. Investigaciones.- Las cuales han sido enfocadas en los aspectos geológicos y de suelos que se presentan en el

área de la ciudad. Infraestructura del transporte terrestre : aquí se ha encarado a los problemas que se presentan en la infraestructura del transporte terrestre, urbano principalmente, es decir, en las vías que surcan la ciudad, lógicamente el estudio de todas las vías sería una tarea que queda fuera de los alcances de la presente, es por esto que se ha tenido que realizar una elección de las vías a estudiar, para esto se vió de que tanto las vías llamadas - troncales así como aquellas que daban acceso y salida a zonas de refugio, hospitales, estaciones de bomberos, etc. podrían ser consideradas como prioritarias para este tipo de estudios. Pero como la presente tesis se complementa con otras realizadas en conjunto con compañeros míos, se acordó que las tesis que trataran los temas de Refugios, Hospitales y otros, estudiarán las vías de acceso y salida a estos; la presente se abocó al estudio de las vías consideradas troncales, las cuales forman parte de un sistema vial de la Ciudad Arterial (ver plano No. 2), el cual está conformado por anillos circunvalatorios y vías ó avenidas radiales.

Los problemas detectados son los siguientes :

El bloqueo de calles: Para el cual se ha determinado que los factores para que este problema se presente son : la intensidad del sismo, el ancho de la vía y la altura de las construcciones antiguas ruinosas (Tipo A). En base a estos parámetros y por medio de inspecciones se determinó que los sectores más susceptibles a este problema son los Barrios Altos, la zona antigua del Rímac y en menor porcentaje el Centro de Lima (Cercado), también se presenta un cuadro con avenidas de las zonas del Callao, Barranco y Chorrillos que han sido estudiadas aún estando no comprendidas dentro del sistema vial de la ciudad arterial, por ser estas zonas de mayor susceptibilidad sísmica producto del suelo relativamente malo en que se encuentran asentadas. Rajaduras y/o agrietamientos del pavimento: Este problema se puede presentar por los siguientes factores : fallas de terraplenes ó taludes, caso el tramo del serpentín de Pasamayo, la Av. Costanera y otros; asentamientos del suelo, caso las vías del Callao por tener su suelo susceptible a este fenómeno; fallas en los alcantarillados.

Inundación de Vías.- Este problema se originaría principalmente por rotura de las tuberías de agua y/o desague ocasionando aniegos en las vías y inundación en determinadas zonas ó tramos de vías en trinchera, caso el Paseo de la República, y los diferentes pasos a desnivel que existen en la ciudad de Lima (By pass).

Vías de Acceso a Lima Metropolitana.- En este acápite se hace un estudio sobre el comportamiento de las vías de acceso a Lima que son 5. Se presentan las características de cada una de estas vías y se presentan los daños que han sufrido en terremotos pasados también se señalan las zonas en que pueden sufrir interrupciones y se dan las recomendaciones a tomar en cada caso; así por ejemplo para el tramo del serpentín de Pasamayo se acota que este por efectos del sismo, en hipótesis quedará interrumpido el tráfico y por con-

siguiente se señala como ruta de alternativa a la variante de Pasamayo que no tendrá problemas de consideración como para que quede interrumpido, también en este acápite se presentan un cuadro en el que está contenido la relación del parque de maquinarias pesadas ó equipos pesados necesarios para los trabajos de reapertura de vías, igualmente se presenta una relación de las zonas de derrumbes de la Carretera Central, luego se presentan las conclusiones y recomendaciones; finalmente se presentan los informes que con motivo a este estudio fueron proporcionados por la Segunda Región del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Departamento de Mantenimiento y conservación. (Estos informes forman parte de la documentación presentada al Foro sobre la Defensa contra Sismos de Lima Metropolitana, que se llevó a cabo en Diciembre de 1976).

Puentes existentes y su comportamiento.- Aquí se presenta la relación de los puentes que existen en la zona de Lima Urbana señalando los puentes que durante la realización de este estudio presentaban problemas, Puente Dueñas y puente del Ejército (ver fotos N°s. 21 al 26.) Se presenta un método de análisis sobre la evaluación del comportamiento sísmico de puentes existentes, del cual son autores Keizaburo Kubo y Tsuneo Katayama- Este método lamentablemente no es aplicado en la presente por falta de información con respecto a los puentes existentes en Lima. (Datos que por falta de tiempo de la persona encargada en la Municipalidad de Lima no pudieron ser obtenidos.) Pero se sugiere que sea estudiada en una próxima tesis. Luego se presentan informes sobre daños ocurridos en puentes en sismos pasados, mayormente del Japón. En base a estudios comparativos se llega a la conclusión de que las fallas graves ocurridas en puentes han sido como causa principal el suelo en que estos puentes se encontraban sustentados. Teniendo en cuenta esto, y que el suelo de Lima puede considerarse como un suelo cuyo comportamiento es comparable al estrato de rocas, que ofrece una buena cimentación a este tipo de estructuras. Además la mayoría de los puentes han sido diseñados por las normas de la AASHO ó del ACI en los cuales son tomados en cuenta los esfuerzos que ocasionan los sismos; se puede afirmar que los puentes de Lima no sufrirán daños de consideración tal que dejen a estos intransitables ó fuera de servicio. Es posible que sufran daños leves que determinen una restricción en su uso pero no quedarán inutilizados. Se recomienda la formación de un equipo de inspección conformado por especialistas en suelos y en puentes a fin de que los puentes sean inspeccionados periódicamente para que no se repita los problemas habidos en los puentes Dueñas, Majes y Sullana, así como este equipo tendrá por misión luego de ocurrido el sismo de inspeccionar y calificar los puentes a fin de que el tráfico sea restringido ó restituido a la normalidad, de acuerdo a la calificación, ya que será necesario, inmediatamente después de ocurrido el sismo, restringir el tráfico en los puentes como medida de seguridad.

CAPITULO III.- TRANSPORTE MARITIMO : En este capítulo nos ocupamos de la evaluación de la infraestructura del terminal Marítimo del Callao para lo cual hemos tomado como referencia el estu

dio efectuado por Casas Cisneros para su Tesis, el que realizó la evaluación teniendo en cuenta el estado de conservación, el material de construcción y el tipo de cimentación, llegando a la conclusión de que los muelles N°5 y N°7 podrían soportar aun que con pequeños daños los efectos del sismo en hipótesis. En el presente estos estudios han sido complementados con el análisis de los daños sufridos por efectos de los terremotos del 70 y del 74, los cuales ratifican las conclusiones de Casas Cisneros, ya que los muelles N°5 y N°7 no sufrieron daños de consideración. Además se observa que el muelle N°10 a pesar de ser antiguo tampoco sufrió daños importantes. Consultando con el ingeniero Valencia especialista en Puertos manifestó que los muelles que mejor podrían resistir al sismo serían los muelles N°1 y N°4 por estar estos muelles sustentados íntegramente por pilotes y por no soportar sus plataformas sobrecargas, ya que estos muelles no tienen almacenes encima.

Tsunamis.- En este acápite se presenta las causas de generación, la influencia de la magnitud del sismo generador, así como la profundidad del foco, daños que causa un Tsunami, magnitudes de los Tsunamis etc. con la finalidad de ver los daños que se pudiera tener en el Puerto del Callao si un fenómeno de esta naturaleza ocurriera.

Se observa que lo más desastroso que se podría suceder, sería el de la pérdida de vidas de los pobladores de la Punta y zonas bajas del Callao, es por esto que se recomienda, la instalación de un sistema de alarmas para prevenir a la población de inminentes peligros de esta naturaleza, y al igual se realicen simulacros periódicamente, con el fin de coordinar la evacuación de la población hacia las partes altas. El control del sistema de alarmas deberá estar a cargo de la Marina de Guerra del Perú, por ser esta integrante del sistema de Alarma Internacional contra Tsunamis.

CAPITULO IV.- TRANSPORTE AEREO : En este capítulo se da una relación de los daños ocurridos en sismos pasados tanto en el país, como en Managua y en San Fernando, de acuerdo a esto y teniendo en cuenta, el tipo de construcción de las infraestructuras del Aeropuerto Internacional Jorge Chavez (Edificio del terminal, Pista de aterrizaje, Dispositivos de seguridad, equipos electrógenos etc) se llega a la conclusión de que el transporte aéreo en este terminal no se verá afectado en forma grave, y por consiguiente las operaciones en este aeropuerto no serán interrumpidas. Pero se asume de que este podría sufrir daños de que lo hagan inoperante, para lo cual se tendría que contar con otros aeropuertos que sirvan de sustituto, es por esto que se presenta una relación de aeropuertos que pueden servir para este fin (Aeropuertos Alternos).

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES : Las conclusiones obtenidas a través de este estudio son las siguientes: El mayor de los problemas que se presentará en la infraestructura de la ciudad en este aspecto, será el de bloqueo de calles, problema que se presentará en forma grave, ya que ocasionará la interrup

ción de vías consideradas dentro del anillo central circunvalatorio, en las zonas de Barrios Altos, parte antigua del Rimac y en menor escala en el centro de Lima (cercado). Este problema se considera grave, no por el monto económico de su solución sino por las dificultades que ocasiona, a los grupos de rescate y auxilio para el cumplimiento de su labor, ya que este problema incidirá en el tráfico, congestionándolo. Lógicamente las áreas con mayores problemas de bloqueo de calles por derrumbes de viviendas serán las zonas que requerirán de mayores auxilios ya que en estas zonas el número de víctimas y heridos será mayor. Otros problemas que se pueden considerar de menor importancia son el de agrietamiento del pavimento, que puede ser ocasionado por asentamientos del suelo, roturas de alcantarillas y por fallas de los terraplenes y/o taludes; este problema se traduce en un problema de los llamados baches, los cuales se encuentran actualmente en muchas arterias de la ciudad y a los cuales los automovilistas y choferes en general ya se encuentran habituados. El otro problema que se ha determinado se puede producir es el problema de los aniegos originado por roturas de tuberías en las redes de agua y desagüe de la ciudad, este problema causará dificultades al tráfico cuando el agua se empoce en zonas localizadas en algunas vías principales, caso la vía expresa del Paseo de la República, también en los cruces a desnivel (Bay Pass) como el de la Av. Arequipa, Plaza Castilla, Av. Tingo María y otros. Se ha visto el posible corte ó interrupción de vías ocasionado por derrumbes de materiales. En las vías de acceso a Lima se ha determinado que las Carreteras Panamericana Norte y Sur no se verán interrumpidas ya que el tramo del serpentin de Pacasmayo es posible sustituirlo con la moderna autopista que es el tramo Variante de Pacasmayo; La Carretera Central no tendrá problemas en el tramo Lima Chosica, pero de Chosica a huancayo existen zonas en las que es posible la interrupción de esta vía por los derrumbes que son tan frecuentes en esta carretera; en la presente se muestra las zonas más susceptibles a derrumbes y huaycos, también se presenta una relación del stock de maquinarias pesadas, necesarias para los trabajos de reapertura, del S.E.M.

De los puentes existentes de Lima Metropolitana se ha determinado que estos no sufrirán daños de consideración que hagan necesario el corte del tráfico por estas estructuras, pero sí deberá ser restringido, el puente que actualmente presenta problemas es el puente Dueñas, en el acápite correspondiente se hace alusión a los problemas que se presentaron en este puente.

TRANSPORTE MARITIMO.- Se ha considerado que para que el Terminal Marítimo del Callao siga prestando servicio es necesario que por lo menos uno de los muelles quede en buen estado; en este aspecto se ha determinado que los muelles que pueden resistir los efectos del sismo en hipótesis sin sufrir daños de consideración son los muelles N°1, 4, 5, 7, y 10. También se contempla la alternativa que el sismo venga acompañado por tsunamis, por lo que se ve la posibilidad que los daños sean tan graves que el puerto del Callao quede inoperante, para lo cual se señala a los puertos que pueden servir como sustitutos.

TRANSPORTE AEREO. - Queda establecido que el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez se encuentra en condiciones de resistir los efectos del sismo en hipótesis; sin embargo se señalan aeropuertos existentes en Lima Metropolitana.

Las recomendaciones dadas han sido clasificadas en la siguiente forma:

Medidas a tomar en forma inmediata a fin de prepararnos para afrontar cualquier sismo destructor.

Medidas a tomar si el sismo ocurriera en fecha próxima. Plan de Emergencia.

Medidas a mediano y largo plazo que tienen la finalidad de eliminar y evitar se sigan creando, los problemas detectados.

- Una de las recomendaciones de mayor importancia es la creación de los comités de barrio ó vecinales, los cuales deberán ser instruidos a fin de que los miembros de estos comités sean capaces de asumir la dirección de los grupos de rescate, trabajo y auxilio que puedan ser conformados luego de ocurrido el sismo.
- Es necesario la creación de un dispositivo legal que permita conocer el parque de equipos pesados necesarios para la reapertura de vías, en forma completa y que deberá ser actualizada periódicamente por ser esta información dinámica, es decir tener datos de las cantidades y tipos de máquinas existentes y su Ubicación.
- En lo referente al problema de aniegos y inundaciones es necesario la instalación de válvulas en puntos claves de las redes de agua que permita tener un control directo para el caso de fugas y roturas.
- Deberá mejorarse el equipo que cuenta el S.EM. con la finalidad de que los trabajos de reapertura de las Vías de Acceso se realicen en el menor tiempo posible, ya que se ha visto que el equipo con el que cuenta actualmente se encuentra en condiciones deficientes.
- También es necesario la poda de árboles que tienden sus ramas peligrosamente sobre algunas vías.

Para el plan emergencia, la primera operación a efectuar será el de una inspección aérea, por medio de helicópteros, de la ciudad. Los comites de barrios deberán ser los primeros en aplicar los planes ya establecidos para la reapertura de calles, así como para el rescate de heridos y otras operaciones.

Para los trabajos de reapertura de calle se deberá dar prioridad a las zonas señaladas del Rimac, Barrios Altos, Centro de Lima y la zona del Callao. Se deberá inspeccionar las calles con la finalidad de clausurar las vías que ofrescan peligros de nuevos derrumbes; también se deberá restringir el tráfico en las zonas afectadas en los cuales solo se permitirá el pase

los vehículos de emergencia, socorro, ayuda y trabajo.

Igualmente en puentes se deberá restringir el pase de los vehículos permitiéndose el pase de vehículos livianos solamente hasta que estos puentes sean inspeccionados y calificados.

Se ha observado que el problema que se crea luego de ocurrido el sismo es el de congestiónamiento del tráfico por lo que se recomienda la educación de la población a fin de que los automovilistas no hagan uso innecesario de sus vehículos, para esto es necesario orientar a la población sobre las zonas más afectadas así como las que no han sufrido daños. También es necesario que se dicten normas con la finalidad de que el personal de la Guardia Civil no abandonen sus puestos cuando ha ocurrido el sismo ya que será en ese momento cuando más se requiera de sus servicios, tanto para orientar a la población así como para controlar el tránsito.

Reconocidas, luego de la inspección aérea, las avenidas ó vías que han quedado interrumpidas establecer rutas de desvíos, así como asignar un solo sentido a determinadas vías a fin de que el flujo del tráfico sea el que más convenga de acuerdo a las necesidades del caso, (accesos a hospitales, zonas de refugio, etc.)

Para el caso de las vías de acceso a Lima se deberá tomar en la Panamericana Norte el tramo de la Variante de Pacasmayo como alternativa del tramo Serpentin de Pacasmayo, ya que este se verá afectado; para el caso de la Carretera Central esta vía podría quedar cerrada al tráfico por lo que se deberá enviar maquinaria hacia las zonas afectadas con la finalidad de aumentar el rendimiento en las operaciones de reapertura de esta vía.

Para el caso de que el Terminal Marítimo del Callao se vea seriamente afectado, se deberá asignar como puerto alternativo, al puerto de San Martín de Pisco, lo cual deberá ser comunicado a las embarcaciones que se encuentren por acoderar en el Terminal del Callao.

En el caso poco probable de que el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, se presenta una relación de los aeropuertos que pueden ser utilizados como alternos y de emergencia.

Las recomendaciones para las medidas a tomar en mediano y largo plazo son la siguientes:

Se debe aplicar los planes existentes sobre la remodelación vial de Lima con especial prioridad en las zonas señaladas con mayor susceptibilidad a sufrir el bloqueo de calles, es decir Rímac, Barrios Altos. Posteriormente se deberá aplicar los planes de remodelación urbana lo que eliminará a los peligros que ofrecen las viviendas ruinosas ya que estas son las que darán paso a las nuevas edificaciones.

También para la remodelación se debe ver la restauración de los

monumentos históricos y arquitectónicos ya que estos actualmente se encuentran en un pésimo estado de conservación y así se presentan uno de los factores del problema del bloqueo de calles, en las obras de restauración se deberá adoptar las medidas necesarias para que de ser posible estos monumentos sean antisísmicos.

Se deberá efectuar estudios más detallados sobre el comportamiento sísmico de los puentes Balta y de Piedra por ser estos los más antiguos, para que en base a estos estudios se determine si estos pueden soportar en buenas condiciones los efectos del sismo en hipótesis, ya que estos puentes actualmente son híbridos debido a que se les agregado dos tramos de concreto armado con la finalidad de dar pase a la moderna vía de evitamiento. Estos estudios podrán efectuarse por alumnos de la U.N.I. a manera de Tesis de Grado.

Se ha visto que actualmente el transporte urbano en la ciudad de Lima sufre uno de los problemas más comunes en todas las ciudades del mundo, la congestión del tráfico, es por esto que se hace necesario que se dé mayor importancia a una de las especialidades de la Ingeniería Civil, la Ingeniería de Tránsito. Actualmente el M.T.C. va poner en práctica un plan que tiende a aliviar en parte este problema, denominado la Realización del transporte, el cual está encaminado a dar un mejor servicio en el transporte masivo de pasajeros y a aliviar los problemas de congestión del cual son, en parte, causa los vehículos dedicados a prestar este servicio.

TABLA DE CONTENIDO

	PAG.
CAPITULO I - INTRODUCCION -----	1
IMPORTANCIA DEL ESTUDIO -----	1
METODOS DE ESTUDIO -----	5
CAPITULO II - TRANSPORTE TERRESTRE -----	7
ANTECEDENTES -----	7
DESARROLLO DE LAS CIUDADES -----	7
DESARROLLO DE LA CIUDAD DE LIMA -----	8
DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE TERRESTRE OCURRIDOS EN LOS DOS ULTIMOS SISMOS -----	9
INVESTIGACIONES -----	13
ESTUDIOS GEOLOGICOS -----	13
AMPLIFICACION DE SISMOS POR CAUSA DEL SUELO DE LIMA ---	15
GENERALIDADES Y DEFINICIONES -----	18
INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE TERRESTRE -----	20
CLASIFICACION DE VIAS -----	21
ELECCION DE VIAS A ANALIZAR -----	24
BLOQUEO DE CALLES -----	29
AVENIDAS AFECTAS A OTROS PROBLEMAS -----	38
VIAS DE ACCESO A LIMA METROPOLITANA -----	43
PANAMERICANA NORTE -----	43

	PAG.
PANAMERICANA SUR -----	45
CARRETERA CENTRAL -----	47
CARRETERA LIMA HUAROCHIRI -----	59
CARRETERA LIMA-CANTA-LA IUDA -----	60
PROBLEMAS QUE SE PUEDEN PRESENTAR EN LAS VIAS DE ACCE- SO -----	63
 PUENTES EXISTENTES Y SU COMPORTAMIENTO -----	
PUENTES EN LIMA METROPOLITANA -----	63
EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO SISMICO DE PUENTES EXIS- TENTES (METODO) -----	68
DAÑOS OCURRIDOS EN PUENTES POR EFECTOS DE SISMOS -----	77
FALLAS DE CIMENTACIONES DE PUENTES EN SISMOS -----	103
 CAPITULO III - TRANSPORTE MARITIMO -----	109
 TERMINAL MARITIMO DEL CALLAO -----	109
INFRAESTRUCTURA DEL TERMINAL MARITIMO -----	113
RESULTADO DE LA EVALUACION REALIZADA POR EL ING. CASAS CISNEROS ALBERTO -----	117
DAÑOS OCASIONADOS POR LOS SISMOS DEL 70 Y 74 A LAS INS- TALACIONES DEL TERMINAL -----	118
COMPOSICION DEL SUELO DE LA CIUDAD DEL CALLAO -----	124
EFECTOS QUE EL SISMO EN HIPOTESIS CAUSARIA A LA INFRA- ESTRUCTURA DEL TERMINAL MARITIMO -----	127
CONCLUSIONES -----	128
 TSUNAMI -----	132
CAUSAS DE LA GENERACION DE UN TSUNAMI -----	136
INFLUENCIA DE LA MAGNITUD DE UN SISMO Y PROFUNDIDAD DE SU FOCO EN LA GENERACION DE UN TSUNAMI -----	138

	PAG.
ENERGIA DE UN TSUNAMI -----	139
RELACION ENTRE LA ENERGIA DEL TSUNAMI Y LA DEL TERRE - MOTO QUE LOS PRODUCE -----	140
COMPORTAMIENTO EN TIERRA Y DAÑOS TIPICOS PRODUCIDOS --	140
MAGNITUDES Y ESCALAS DE GRADOS DE UN TSUNAMI -----	143
 CAPITULO IV - TRANSPORTE AEREO -----	 147
AEROPUERTOS EN LIMA METROPOLITANA -----	147
DAÑOS POR EFECTOS DEL TERREMOTO EN AEROPUERTOS -----	147
AEROPUERTO INTERNACIONAL JORGE CHAVEZ -----	151
CAMPOS DE ATERRIZAJE ALTERNOS A LIMA -----	154
HELIPUERTOS -----	154
 CAPITULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	 156
CONCLUSIONES -----	156
RECOMENDACIONES -----	162
MEDIDAS A TOMAR DE INMEDIATO -----	162
PLAN EMERGENCIA -----	165
MEDIDAS A MEDIANO Y LARGO PLAZO -----	168
 BIBLIOGRAFIA -----	 173
 ANEXOS -----	 175

C A P I T U L O I

INTRODUCCION

IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

La situación geográfica del Perú está comprendida dentro de la zona de mayor actividad sísmica en el mundo, el cual es el Círculo Circum-Pacífico, ó de fuego, donde se han registrado el ochenta por ciento de los sismos destructores que han azotado a nuestro planeta. Así, en el Perú se tiene un registro aproximado de cincuenta sismos de gran intensidad; estos registros datan desde el año 1552 a la fecha.

Lima, Capital del Perú, se ha visto afectada por veintiuno de los cincuenta sismos citados, de estos diez han llegado a alcanzar intensidades de VIII a X grados en la escala Mercalli Modificada.

Siendo Lima, la capital de la República, sede de gobierno y centro nervioso del país, en la que actualmente se concentra el veinticinco por ciento de la población total, el sesentainueve por ciento de las industrias y el sesentaicinco por ciento del valor bruto de la producción nacional; se ha visto, por tanto, la necesidad de que ésta se encuentre preparada para hacer frente a los efectos catastróficos que pueda causar un sismo destructor.

Encontrándose la ciudad preparada, será posible disminuir los efectos que un sismo de esta naturaleza ocasiona, así también

lograr la más pronta recuperación, luego un evento de este tipo no podrá afectar en gran forma a nuestra economía y a la vez que los planes de desarrollo podrán continuar sin tener mucho retraso, y por último, lo que es más importante, proteger el capital humano.

Ante esto, se ha visto la necesidad de efectuar estudios sobre los efectos que un sismo destructor en hipótesis (Grado VIII) pueda ocasionar en las estructuras e infraestructuras de las partes vitales en que está conformada la ciudad de Lima, Sectores tales como vivienda, salud, educación, energía, abastecimientos, transporte y otros.

El Sistema Nacional de Defensa Civil, creado el veintiocho de marzo del 1972, por Decreto Ley No. 19338 como parte integrante de la defensa nacional, con la finalidad de proteger a la población, previniendo daños; proporcionando ayuda oportuna y adecuada, y asegurando su rehabilitación en casos de desastres y calamidades de toda índole conciente de esta situación se ha impuesto como una de sus tareas inmediatas el diagnosticar los problemas que pueden surgir ante la ocurrencia de un sismo destructor y de acuerdo a esto, preparar, de primera instancia, un plan de emergencia que logre la más pronta recuperación de la ciudad, y que el número de pérdidas en el capital humano sea el menor posible; paralelamente con este plan de emergencia, elaborar planes de mediano y largo plazo en el cual se contemplen las solu -

ciones a los problemas que se hayan diagnosticado.

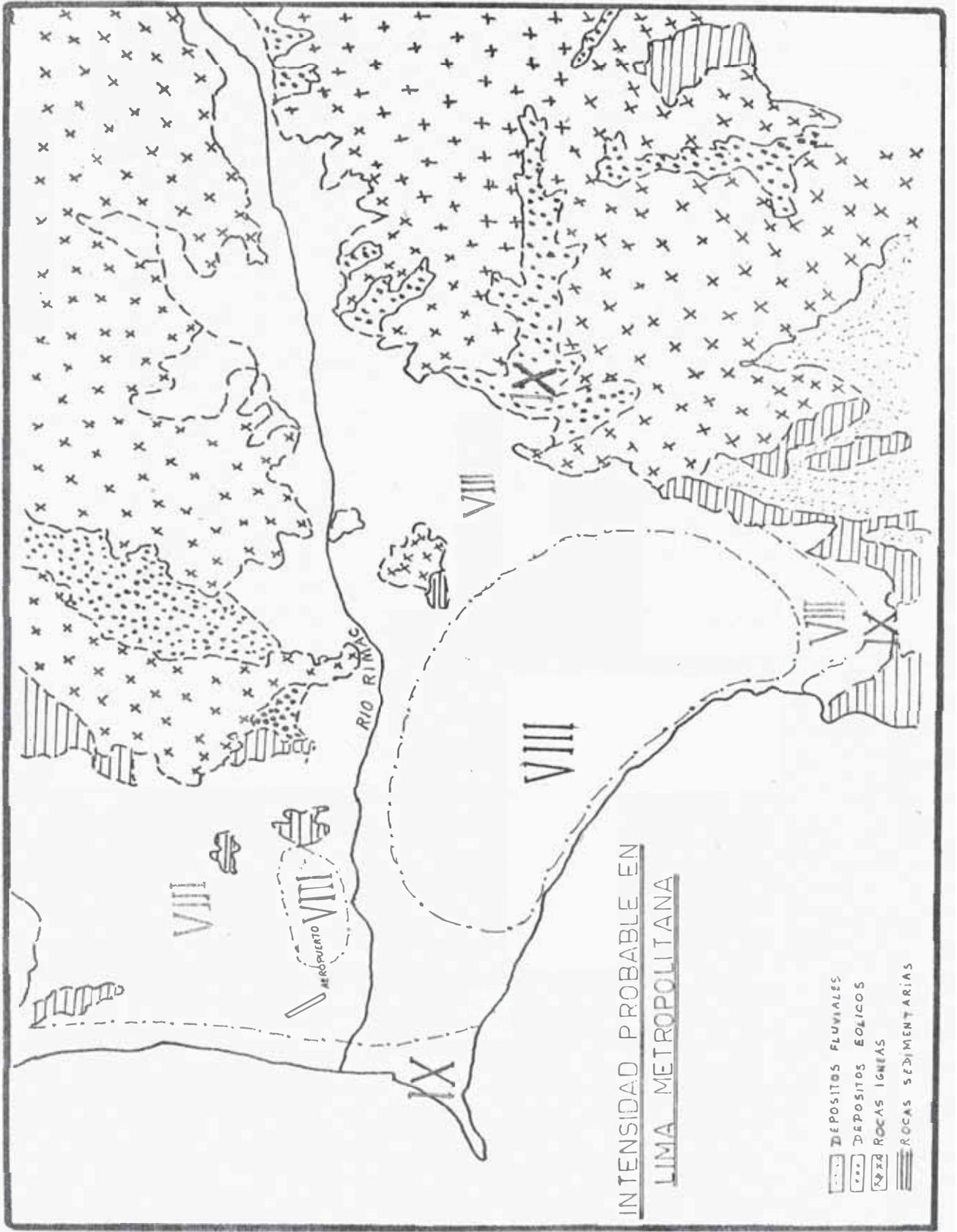
Solo en tres países del mundo se están realizando estudios de este tipo; estos son : Estados Unidos de Norte América para el estado de California y otros, Japón para Tokio, Osaka, Kawasaki y otros, estos dos países llevan ya varios años, y pasarán muchos más para que se encuentren completos; Perú es el tercer país que se preocupa de efectuar este tipo de estudios.

El Comité Nacional de Defensa Civil ha iniciado los trabajos en el año 1973 y, actualmente existe un convenio entre esta entidad y la Universidad Nacional de Ingeniería para que Tesis de alumnos de la Universidad formen parte de este programa de estudios. En cuanto a esto, ya se han concluido varias tesis de grado que han tratado el problema, enfocándolos en el sector vivienda y actualmente en conjunto con la presente se ha estado trabajando en los otros sectores de la infraestructura de la ciudad.

La presente tesis se ocupa de evaluar y estudiar el comportamiento de la Infraestructura de los sistemas de transporte de Lima Metropolitana, ante el caso hipotético de ocurrencia de un sismo destructor (La intensidad de este sismo es variable de acuerdo a la microzonificación sísmica de la ciudad, esto se aprecia en la figura No. 1, pero la intensidad promedio es de grado VIII MM).

Los sistemas de transporte, sector importante en el normal desarrollo de las actividades de la ciudad, cumple un papel vital

Fig. No. 1



para el caso de la ocurrencia del sismo en hipótesis, ya que el uso de este será requerido por los equipos de auxilio, en lo que la demora de éstos en llegar a las zonas afectadas puede ocasionar que el número de víctimas sea mayor.

En cuanto a otros requerimientos del sistema de transportes es, el de las brigadas de trabajo de los diferentes sectores de servicios a la ciudad; el de equipos de ayuda que pueden provenir de otras ciudades importantes del país así como la ayuda proveniente de otros países.

MÉTODOS DE ESTUDIO

Los estudios realizados se han desarrollado de acuerdo a las implicancias de cada caso. Básicamente el procedimiento ha sido el siguiente :

- Análisis previo de los problemas que pueden surgir.
- Recabación de informaciones relacionadas con la problemática que se se plantea :
 - Referente a las características físicas de las infraestructuras.
 - Daños observados en ellas en los sismos últimos pasados.
- Evaluación sísmica de las infraestructuras, determinando los problemas más importantes que se presentan.
- Señalar las conclusiones y recomendaciones para la solución de los problemas vistos.

- Las recomendaciones que se dan han sido analizadas bajo dos puntos de vista :

- Soluciones a problemas que podrían surgir en caso de que el sismo nos sorprenda en un tiempo bastante cercano. Para lo cual estas recomendaciones van a formar parte del plan de Emergencia.
- Soluciones a los problemas vistos, con el fin de ir disminuyendo en las formas que sean posible, y para eliminar el peligro. Estas recomendaciones formarán parte de los planes a mediano y largo plazo.

En el análisis previo se han determinado los siguientes problemas :

En el transporte terrestre se han detectado las siguientes problemáticas: Bloqueo de Calles, Comportamiento sísmico de los puentes existentes en Lima, Interrupciones en las vías de acceso, y otros más.

Para el transporte marítimo se ha realizado la investigación analizando los efectos que puede producir el sismo en hipótesis además del que puede causar si el sismo es acompañado por tsunamis, en el terminal marítimo del Callao.

En el transporte aéreo se ha estudiado el comportamiento del aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

C A P I T U L O II

TRANSPORTE TERRESTRE

ANTECEDENTES

DESARROLLO DE LAS CIUDADES.- En el siglo pasado el cuadro urbano era diferente del actual; la ciudad se replegaba sobre sí misma. Los habitantes de la comunidad tenían que vivir unos cerca de otros y al mismo tiempo cerca de los lugares de trabajo. No existía un medio de locomoción rápido y eficiente. Desde el punto de vista urbanístico y salvo el impulso del renacimiento, la evolución había sido lenta. Las tortuosas calles medievales eran todavía característica general de las ciudades europeas.

Aparece entonces el tranvía y comienza una expansión más acelerada. Las calles se ensanchan, su trazo se hace más recto; así surgen las técnicas del trazado urbano. Algunas ciudades comienzan a sentir ya ciertos problemas de congestión pero las soluciones son factibles.

Pero llegan los primeros años de nuestro siglo y se hace presente el automóvil y con él se produce un cambio radical. Se origina la Revolución del Transporte, lo cual da origen a la fuerza centrífuga en las ciudades, causa de la expansión de las ciudades.

El aumento del parque automotor es característico en todo el país. Ya se trate de Estados Unidos, Francia, Japón ó el Perú, siempre se encontrará en las últimas décadas un apreciable aumen

to del número total de vehículos. Así, tenemos que para Perú en el año 1940 solo circulaban 25947 vehículos a motor, en 1960 el parque llegaba a 154108, para el año 1965 la cifra era de 221100 vehículos, actualmente el número de vehículos a motor registrados en todo el Perú es de 410269. De estas unidades; 14200 son Omnibus, 58945 son camiones, 59028 camionetas, 18128 taxis, 15983 colectivos, 234813 autos particulares y 9171 micros. (Fuente de información M.T.C. III Región).

DESARROLLO DE LA CIUDAD DE LIMA

En el tiempo del Virreinato la ciudad de Lima estaba constituida básicamente por el distrito del Rímac y la zona del cercado de Lima. La ciudad se encontraba cercada por murallas; al producirse el fenómeno de la expansión de la ciudad las murallas son destruidas. Pero solo en el año 1896 en que con la formación del futuro distrito de La Victoria es que se inicia un crecimiento definitivo. A comienzo de nuestro siglo se construye la avenida de la Magdalena (hoy Brasil) y en 1907 la avenida de la Colmena cambia la fisonomía del centro. Paralelamente la ciudad se expande hacia el Sur; Miraflores, Barranco, Chorrillos comienzan a tomar forma. Pero es en 1920 que se produce una verdadera explosión urbana. La avenida Arequipa, la avenida Venezuela, la avenida Alfonso Ugarte, el Parque de la Reserva, etc. son de esa época. La ciudad llega ya a cubrir más de 1000 h.a y su población alcanza a 200,000 habitantes. Lo demás ya es historia reciente. Hoy el á

rea urbana es casi 90 veces mayor que la existente al comenzar el siglo y su población es 30 veces mayor.

Lima Metropolitana se ha expandido más que nada debido a sus necesidades de recreación. La demanda de playas durante el verano y lugares de clima apropiado durante el invierno, ha permitido el desarrollo del litoral tanto al Norte como al Sur de la ciudad y en las partes altas de los valles del Rimac, Chillón y Lurín.

Por razones de demarcación política se considera conveniente considerar como zona de influencia la comprendida entre Ancón y Pucusana en el Litoral y por y por el Este hasta el Km. 60 de la carretera a Canta (Valle de Chillón) y hasta Chosica (Valle del Rimac). El área industrial tiende a ubicarse a lo largo de la Carretera Central y al Norte del Callao.

Parque vehicular en Lima.- En Lima figuran inscritos en la actualidad : Automóviles Particulares 175,816, Taxis 5,600, Camionetas 30,800, Camiones 23,051, Colectivos 6,638, Microbuses 6,709 y Camiones 6,500.

DAÑOS EN LA INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE TERRESTRE OCURRIDOS EN LOS DOS ULTIMOS SISMOS

Los efectos de los sismos de Mayo de 1970 y Octubre de 1974 sobre carreteras y puentes, fueron los siguientes :

Fue afectada la infraestructura de la red vial de los Departamen-

tos de Lima, Ancash, y La Libertad, en las cuales a consecuencia de los citados sismos se produjeron asentamientos de plataformas, destrucción de pavimentos, huaycos, destrucción de obras de arte y puentes, afectando aproximadamente 1,707 kms. de carreteras, habiéndose requerido para rehabilitación de las mismas de una suma aproximada de S/. 48'700,000.00

CARRETERAS AFECTADAS POR EL SISMO DE MAYO DE 1970 :

I Departamento de Lima.- Kms. afectados 708.000; inversión :

S/. 18'500,000.00

1.- Lima - Huarney

2.- Huáura - Oyón

3.- Lima - Canta - La Viuda

4.- Pativilca - Cajatambo

5.- Huaral - Vichaycocha

6.- Churín - Andajes

7.- Huaylillas - Ocros

8.- Acos - Pacarao

9.- Huacho - Ambar

10.- Huayto - Choque

II Departamento de Ancash.- Km. afectados 701.000; inversión :

S/. 32'000,000.00

1.- Pativilca - Huaraz - Huallanca - Tres Cruces

2.- Tres Cruces - Corongo

3.- Tres Cruces - Pasacancha

- 4.- Pasacancha - Sihuas
- 5.- Pasacancha - Piscobamba
- 6.- Huaraz - Huarí - San Luis
- 7.- Catac - Huarí - San Luis
- 8.- Pomachaca - Llamellín
- 9.- Caraz - Pueblo Libre
- 10.- San Diego - Huallanca
- 11.- Chuquicara - Quíroz
- 12.- Huarmey - Aija

III Departamento de La Libertad.- Kms. afectados 283.000; inversión : S/. 5'200,000.00

- 1.- Panamericana Norte (sector Huarmey - Chicama)
- 2.- Shorey - Cachicadan
- 3.- Agallpampa - Cajabamba
- 4.- Otuzco - Capachique
- 5.- Empalme Panamericana Norte - Cascas - Contumazá
- 6.- Chicama - Simbrom - Sunchubamba
- 7.- Huamachuco - Huacrachuco

SISMO DE OCTUBRE DE 1974

Departamento de Lima.- Kms. afectados 15.000; inversión : S/, 3'000,000.00

- 1.- Lima - Chancay (serpentín Pasamayo)
- 2.- Lima - Huarochiri.

PUERTOS Y AREOPUERTOS DE LIMA METROPOLITANA,

En los terremotos pasados del 31 de Mayo de 1970 y del 3 de Octubre de 1974, No se produjeron daños de consideración en las instalaciones é infraestructura de estas obras, por tal razón en ningún momento fueron interrumpidos sus servicios.

Puentes.- En los puentes ubicados en Lima Metropolitana los daños observados en estos luego del sismo del 3 de Octubre de 1974, fueron principalmente el de asentamiento del material de relleno de los accesos de dichos puentes. Esto lógicamente no afectó en forma alguna el normal desempeño de estos.

En el sismo de Mayo de 1970 los puentes del Departamento de Ancash sufrieron serios daños los cuales damos a conocer a continuación:

Puente Casma.- Debido al sismo se produjeron daños en la infraestructura, uno de los pilares sufrió un asentamiento de aproximadamente 60 cms., colocándose sobre la coronación del pilar una viga metálica.

Puente Ocoña.- Uno de los pilares del puente sufrió el asentamiento de 2.14 mts., debido a la falla de los dispositivos del apoyo

INVESTIGACIONES

ESTUDIOS GEOLOGICOS.

Acción y formación del valle.

Es indudable que el valle del río Rimac es la resultante del trabajo de erosión y deposición realizada durante miles de años por las aguas del río Rimac.

Ha de pensarse que coincidiendo con el último periodo de deshielo, al ocurrir el receso del límite inferior de los glaciales de la cordillera occidental, ha debido aumentar considerablemente el caudal del río, no solamente de éste sino de todos aquellos que se precipitaban hacia el oeste de la cordillera occidental, arrastrando todo cuanto podían encontrar a su paso; de esta manera y en la primera instancia, estos enormes aluviones fueron sin duda los modeladores de la topografía del valle, depositando sus cargas, según perdían su velocidad, en el suelo cretáceo y eruptivo del ahora llamado Lima.

La carga incontenible de peñascos rodados, arenas, arcillas, etc. se depositaron formando el cono de deyección del río Rimac. Más tarde, posiblemente con menos ímpetu que antes, el río Rimac con su tarea incansable de erosión y deposición aun sigue trabajando, ya sea socavando su propio cauce y sus orillas ayudados por cantos rodados, guijarros, arenas, etc., a manera de

herramientas perforadoras, ó actuando por sí solo, de modo que hace perder la cohesión, facilitando el arranque de los materiales activados mejor todavía por su acción química o disolvente, ó haciendo que entre los mismos materiales que transporta se desmenucen, pulimenten ó redondeen con facilidad, con la finalidad del alargamiento y ahondamiento del valle, tratando de alcanzar su perfil de equilibrio.

A esta acción del río en su formación del valle colabora inmediatamente los desprendimientos y deslizamientos de tierras como resultado de la acción pluvial, los organismos, la gravedad, los sísmos, procesos que ayudan a la erosión en el ensanchamiento del valle.

El cascajo del cono de deyección del río Rimac constituye el cuerpo principal de los sedimentos fluviales, se encuentran cementados por arena y arcilla propagándose poderosa y continuamente por todo el valle; prueba de esto son los acantilados que se extienden desde Chorrillos hasta Callao, donde se distingue claramente potente acumulación. Existe abundante deposición de sedimentos fluviales y fluvo aluviales en todo el abanico del cono de deyección del río Rimac, y según estudios geofísicos en el centro de Lima la potencia mayor de los quinientos metros del material conglomerádico.

De lo expuesto se puede clasificar el valle del río Rimac como del tipo asimétrico de acuerdo a su sección, ya que el va-

lle no presenta su ensanchamiento paralelo de sus flancos tomando como eje la dirección del río, y de "erosión" por ser formado ó excavado por acción de alguna corriente.

La presencia de terrazas recientes y antiguas induce a pensar que el valle ha sufrido ó está actualmente afectado a fenómenos graduales de levantamiento (movimientos epirogenéticos Cuaternarios) seguidos de corto periodo de reposo, donde ha podido divagar y ensanchar su sección especialmente en su sector final.

Las estribaciones occidentales del Batoito Andino, que se encuentra en contacto con los macizos sedimentarios del Cretáceo inferior, de origen y composición variada, extendiéndose paralelamente a la costa y costados por los ríos Chillón, Rimac y Lurín, destacándose el eruptivo por sus cumbres altas y su aspecto dominante en la región, subordinado a las formaciones sedimentarias como fragmentos enclavados y alineados en su base.

Las lavas volcánicas y las brechas piroclásticas se encuentran interestratificados con sedimentos en su mayor parte fosilíferos (formación Puente de Piedra). Esta alternancia es notable en todos los afloramientos donde se presentan.

AMPLIFICACION DE SISMOS POR CAUSA DEL SUELO DE LIMA

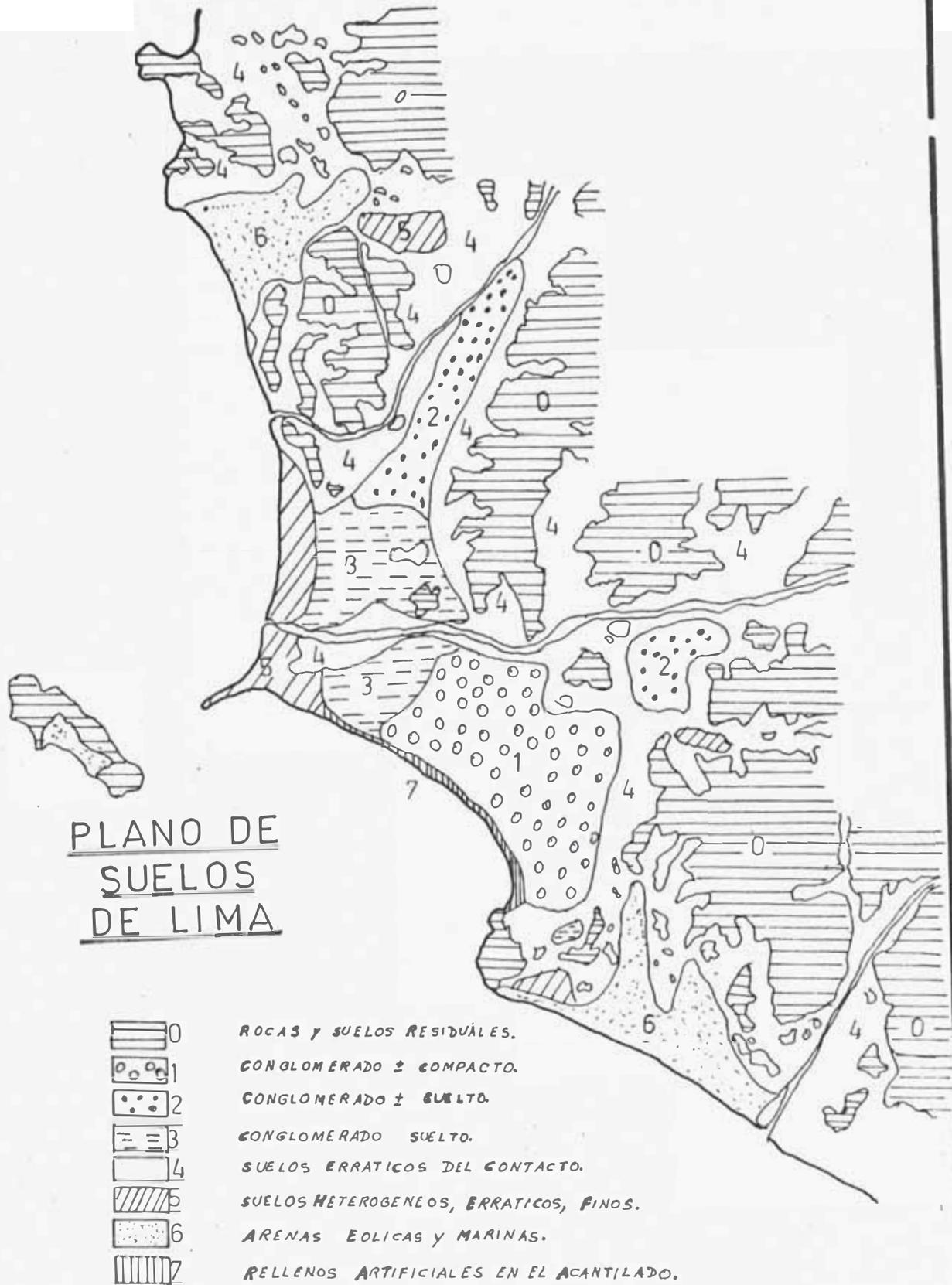
Está comprobado que un mismo sismo produce efectos muy diferentes en estructuras sustancialmente iguales, dependiendo de las características del suelo en que estas estructuras están ci-

mentadas. En términos generales y relativos se aprecia menos daños en las edificaciones cimentadas sobre roca ó conglomerado firme y más daños en las cimentadas sobre suelos blandos ó con presencia de agua.

Los últimos sismos ocurridos en Lima han señalado la diferencia de comportamiento de estructuras diseñadas bajo la misma forma, edificada con los mismos materiales y con procedimientos constructivos similares pero ubicadas en diferentes zonas de la ciudad con suelos de cimentación diversos. La falta de instrumentación y consecuentemente de registros, así como la escasa experiencia acerca del comportamiento de construcciones respectivas ante sismos considerables, ha llevado a no considerar la amplificación de la fuerza ó a suponerla erróneamente. Se ha puesto así de manifiesto la necesidad de modificar la norma existente para incluir una microzonificación que exija amplificaciones mínimas y las cuantifique, a partir de la experiencia sísmica en edificaciones ubicadas en zonas críticas

La zona central de Lima está ubicada sobre el conglomerado compacto del lecho del río Rimac. Esta zona tiene un comportamiento razonablemente definido ante sismos confirmando por los registros instrumentales, por la respuesta satisfactoria de edificaciones diseñadas con normas que asumen un determinado comportamiento del suelo de cimentación. No ha ocurrido lo mismo en zonas perimétrales; en primer lugar no se ha contado con los registros y, en segundo lugar, se han presentado daños es-

Fig. No. 2



estructurales excesivos y desproporcionados en edificios diseñados con la misma norma comprobada adecuada para la zona central. Mas aún, al permitir la norma escoger los factores a usarse en el diseño estructural en zonas con posible amplificación, ella impide llegar a conclusiones estadísticas y dificulta catalogar el comportamiento estructural por lo variado de los tipos de cimentación y sistemas de estructuración que implícitamente autoriza.

GENERALIDADES Y DEFINICIONES

Como la hipótesis considerada es la de un sismo grado VIII como promedio, es necesario que se conozca los efectos de los grados VII, VIII y IX.

DESCRIPCION DE LOS EFECTOS QUE CAUSAN LOS SISMOS DE GRADO VII, VIII Y IX M.M.

VII - Difícil mantenerse de pie. Percibido por personas manejando autos. Objetos colgantes tiemblan. Los muebles se rompen. La mampostería D se daña formando grietas. Chimeneas débiles se caen y se cortan a ras de la base. Caen reboques. Se aflojan ladrillos, piedras, baldosas, cornisas. Se producen algunas grietas en la mampostería C. Ondas en los pantanos. Se enturbia el agua con el barro. Pequeños deslizamientos de tierra y hundimientos en bancos de arena ó ripio. Campanas grandes suenan. Se dañan canales de concreto para irrigación.

VIII - Se hace dificultoso manejar un auto. Daños en la mampostería C, en parte se cae. Algunos daños en la mampostería B; Ninguno en la mampostería A. Caída de reboques y de algunas paredes de mampostería. Rotación y caída de chimeneas, pilas de mercaderías, monumentos, Torres tanques elevados. Las armazones de las casas se salen de sus fundaciones si no están ancladas. Débiles tabiques se tumban. Se rompen ramas de los árboles. Cambio en el cauce ó en la temperatura de fuentes naturales y en pozos. Grietas en terrenos húmedos y en pendientes fuertes.

IX - Pánico general. Se destruye la mampostería D. Fuertemente dañada la mampostería C. Mampostería B seriamente dañada. Las estructuras no bien ancladas se desplazan de las fundaciones. Las armaduras se rajan. Serios daños en los depósitos. Se rompen tuberías subterráneas. Importantes grietas en el terreno. En terrenos aluvionales se producen eyecciones de arena y barro, crateres de arena.

CLASIFICACION DE VIAS

El Reglamento General de Construcciones en el Art. 11-XVI-2 considera la siguiente clasificación :

- a.- Vías Expresas
- b.- Avenidas o calles mayores
- c.- Vías colectoras
- d.- Calles locales
- e.- Vías para zonas comerciales ó multifamiliares.

f.- Calles de acceso único

g.- Pasajes Peatonales.

h.- Vías de diseño especial

i.- Vías en ladera.

Ancho de Vías.- Es la distancia existente entre las 2 líneas que delimitan la propiedad privada.

Línea de Propiedad.- Es la línea que separa el área privada con el área de dominio público.

Faja de Seguridad.- Es el espacio situado entre la calzada y la acera que sirve para separar el tránsito de vehículos del de peatones. El tratamiento de esta faja debe ser el adecuado (empedrado, jardín etc.)

Berma.- Es la faja de seguridad tratada convenientemente para estacionamiento de vehículos.

Calzada.- Es la parte de una vía pública destinada al tránsito vehicular.

Acera.- Es la parte de una vía pública destinada al tránsito de peatones

INFRAESTRUCTURA DEL TRANSPORTE TERRESTRE

La infraestructura del transporte terrestre para Lima Metropolitana está constituida por las diversas calles, jirones, avenidas y otras vías que surcan la ciudad. Se considera como par

te de la infraestructura a el pavimento ó superficie de rodadura y a las obras de arte y puentes que se encuentran en las vías antes mencionadas.

CLASIFICACION DE VIAS

El Reglamento Nacional de Construcciones en el art. 2 del capítulo XVI, Título II Considera la siguiente Clasificación:

a.- Vías Expresas.- Son aquellas que sirven principalmente para el tránsito de paso y cuyos accesos están totalmente controlados, es decir, que se realizan solo en algunos sitios y mediante rampas de diseño especial. Sus intersecciones con otras vías se realizan a diferente nivel.

Las vías expresas sirven también a las propiedades vecinas, cuando están provistas de vías laterales a nivel con el sistema de calles.

b.- Avenidas ó Calles mayores.- Las avenidas ó calles mayores sirven también principalmente para el tránsito de paso deben tener vías de servicio laterales para el acceso a las propiedades. Sus intersecciones son a nivel con las vías de importancia menor.

Cuando se habiliten pasos a desnivel en las avenidas aumentando sensiblemente el régimen de capacidad y velocidad, la avenida deviene a una vía semi-expresa.

Una variedad especial de esta categoría de vías es la vía-parque que está diseñada con criterio paisajista y puede no

tener vías laterales.

c.- Calles Locales.- Son las vías del sector local, que dan servicio directamente a las propiedades.

d.- Vías para zonas comerciales y multifamiliares.- Son las destinadas a servir a lotes comerciales y multifamiliares. Su sección será la misma que le corresponde en el sistema vial, ensanchando la berma correspondiente hasta 6.00m como mínimo y la vereda hasta 3.00 m como mínimo.

Si la vía tiene usos comerciales y/o multifamiliares en ambos lados, los ensanches mencionados se efectúan en los frentes

e.- Calles de acceso único.- Son las vías que tienen acceso a otra vía por solo uno de sus extremos rematando por el otro en una plazoleta de volteo que permita el fácil retorno de los vehículos.

f.- Pasajes peatonales.- Son las vías dedicadas exclusivamente al tránsito peatonal debiendo tener un ancho mínimo equivalente al 10% de su longitud cuando no exista lotes frente a ellos, y de 8.00m en caso contrario

g.- Vías de diseño especial.- Son todas las que no se ajustan a los patrones establecidos anteriormente, y que constituyen : Malecones, Paseos, etc. Sus características serán aprobadas a criterio de la comisión calificadora, en cada caso.

h.- Vías en ladera.- Cuando la vía se proyecte en media ladera se exigirá el perfil longitudinal del eje de la vía y secciones transversales cada 20.00m. que justifique la rasante adoptada y el ancho de la vía.

Deberá considerarse en estos casos, el sistema de evacuación de agua pluviales, cuando las necesidades así lo requieran, así como el estudio de la estabilidad de taludes.

Para los fines del presente estudio, realizamos una clasificación de las vías de acuerdo a su importancia, es decir - que consideraremos lo siguiente:

Vías Primarias.- En esta categoría estarán consideradas las vías expresas, las avenidas ó calles mayores y las vías de acceso a la ciudad.

Vías Secundarias.-Comprende a las vías colectoras.

Vías Terciarias .-Comprende el resto de las vías no consideradas en las dos categorías anteriores.

También se hace necesario considerar una clasificación de las viviendas con frente a las vías que serán sometidas al estudio de su comportamiento, ya que estas serán un factor de importancia. La clasificación es la siguiente:

Tipo A : Todas las edificaciones de adobe, encontrándose -

siempre en regular, mal ó pésimo estado y las de ladrillo sin columnas que estaban en regular mal ó pésimo estado de conservación.

Tipo B : Todas las edificaciones de ladrillo sin columnas en buen estado y con columnas en regular, mal ó pésimo estado de conservación.

Tipo C : Todas las edificaciones de ladrillos con columnas en buen estado de conservación.

Tipo D : Las edificaciones aporticadas de concreto armado con muros portantes ó de tabiquería.

ELECCION DE VIAS A ANALIZAR

Para el estudio del comportamiento sísmico de las vías se ha tenido que efectuar una elección entre todas las vías existentes en perímetro de la ciudad de Lima. Esta se ha realizado en base a la importancia de las mismas, se consideran las vías primarias y secundarias, así como también las vías en las cuales el problema se presenta en forma bastante visible.

Las vías que se han elegido son las que han sido consideradas como parte integral de un esquema vial de la ciudad arterial. Esto es en base a anillos arteriales circunvalatorios y a vías radiales a estos anillos. (Ver plano No. 2).

Para estudiar el problema a nivel de Lima Metropolitana

se ha considerado las avenidas señaladas en el plano No. 2, en el cual se puede observar que están enmarcadas avenidas que aún no existen, caso el Malecón del Rímac, pero que se encuentran en proyecto de construcción; en estos casos han sido asignadas avenidas ó jirones como alternantes de estas.

VIAS Y ZONAS ESTUDIADAS

Se ha tomado como vías integrantes del anillo arterial interno a las siguientes vías :

MALECON DEL RIMAC.- Es una vía semiexpresa, actualmente se encuentra construído un tramo que es el correspondiente al que va desde la Avenida Tacna hasta el Jirón de la Unión al costado del Palacio de Gobierno. Es una vía de 6 canales de circulación 3 en cada sentido, esta vía unirá, cuando el proyecto sea concluído, la zona de Barrios Altos con la provincia del Callao.

Como esta vía se encuentra en proyecto, se ha designado como vías de reemplazo para la conformación del anillo central a las siguientes vías :

En el sentido Este - Oeste.- Tenemos el Jirón Junín - Conde de Superunda, continuando por el jirón Cañete y retomando el rumbo por el jirón Ica hasta la Plaza Ramón Castilla.

En el sentido Oeste - Este.- Tomando el jirón Huancavelica - jirón

rón Antonio Miroquesada, pudiéndose considerar como alterna el jirón An cash.

AVENIDA ALFONSO UGARTE.- Se trata de una vía que nace en la Plaza Ramón Castilla y culmina en la Plaza Francisco Bolognesi, es una vía que cuenta con 8 carriles de circulación separados por una berma central de aproximadamente 6.00 m. de ancho y dos bermas laterales de aproximadamente 2.5 mts. que separa el tránsito del mismo sentido para el transporte público y para el servicio particular. El ancho de vía de esta Avenida es de aproximadamente 50.00 mts.

PASEO COLON.- Es una vía que cuenta con 8 canales de circulación 4 para cada sentido del tráfico, separados por una berma central de aproximadamente 10 mts. este Paseo se extiende desde la Plaza Bolognesi a la Plaza Grau. El ancho de este Paseo es de aproximadamente 50.00 mts.

AVENIDA GRAU.- Es una avenida con vías laterales de 2 canales de circulación cada una, la vía central es de 4 carriles 2 para cada sentido; esta avenida posee dos bermas laterales de 2.50 mts. c/u. El ancho de vía es de aproximadamente 50.00 metros. La Av. Grau nace en la Plaza Grau y culmina en el Cementerio El Angel. Existe el proyecto de ampliación de esta vía, de tal forma que ésta desemboque en el Malecón del Rimac.

AVENIDA JOSE DE RIVA Y DAVALOS.- Antes Av. De Los Incas, esta avenida tiene 4 canales de circulación, 2 en cada sentido; nace en la Av. Grau y desemboca en el jirón Ancash. El ancho de vías es aprox. 19.00 m.

Se considerará también para el análisis a las siguientes Avenidas RADIALES (radiales al anillo arterial central):

En la dirección :

NORTE	: Av. TUPAC AMARU - Av. CAQUETA PANAMERICANA NORTE
SUR	: VIA EXPRESA PASEO DE LA REPUBLICA PANAMERICANA SUR
OESTE	: MALECON RIMAC (actualmente en proyecto) Av. REPUBLICA ARGENTINA Av. OSCAR R. BENAVIDES
ESTE	: Av. NICOLAS AYLLON-CARRETERA CENTRAL Av. BRASIL (el sentido es realmente N-E)

Además de estas Avenidas radiales se considera un ANILLO CIRCUNVALATORIO Externo ó intermedio, ya que también existe un anillo Costanero.

ANILLO ARTERIAL INTERMEDIO

Este anillo esta constituido por las siguientes vías:

Av. TOMAS VALLE

FAUCETT

LA MARINA - PERSHING - JAVIER PRADO
VIA DE EVITAMIENTO - Av. CIRCUNVALACION
Av. ZARUMILLA - PANAMERICANA NORTE

ANILLO ARTERIAL EXTERNO :

Av. COSTANERA
CIRCUITO DE PLAYAS - COSTA VERDE
Av. PANAMERICANA SUR
PANAMERICANA SUR
VIA DE EVITAMIENTO - Av. CIRCUNVALACION
Av. ZARUMILLA - PANAMERICANA NORTE
CARRETERA A VENTANILLA - Av. DEL EMISOR
Av. GUARDIA CHALACA

Las razones del porque se ha elegido estas vías para el estudio son las mismas que se consideran para tratar de solucionar el problema de la congestión del tráfico. Es decir que el considerarse un plan arterial es posible alcanzar altas capacidades ya que este plan conlleva a un ordenamiento del flujo vehicular dentro de la ciudad. Es por esto que las vías de circunvalación y las radiales deben merecer una atención preferente.

RELACION ANCHO DE LA CALLE (ancho de vía)-ALTURA DE EDIFICACION.

Es muy importante que el ancho de la calle sea lo mayor posible. El ancho de la calle debe ser tal que el caso de ocurrir sismos destructores, con la posibilidad de desplome de pa-

redes, caída de cornizas, parapetos altos, etc. no se produzcan las obstrucciones que puedan impedir el evacuamiento, el traslado de heridos etc. (Bloqueo de Calles).

BLOQUEO DE CALLES

Factores necesarios para que este problema se presente:

ANCHO DE VIA .- Relativamente angosto

ALTURA DE EDIFICACIONES DEL TIPO A ó B

MAGNITUD DEL SISMO.

En base a estos parámetros se ha realizado una inspección por todas las vías en estudio y otras; habiéndose detectado que estos factores se presentan en las siguientes vías:

Jirón Junín;

Ancho de vía: aprox. = 10 - 12 mts.

Altura de edificaciones adyacentes :

Existen edificaciones de 2 pisos
las cuales tienen una altura de
hasta 8.50 mts. aprox.

Jirón Ancash, Jr. Huancavelica, Jr. Antonio Miro Quesada, Jr. Conde de Superunda, Jr. Ica.

Todos estos jirones poseen las mismas características detalladas para el jirón Junín. Es decir el ancho de vía como promedio 10 metros, altura de edificaciones del tipo A ó B aproximadamente 8 mts. como promedio. En lo que sí se diferen-

Foto No. 1

Jr. Trujillo - Cdra. 9

Rímac

Obsérvese el alto % de viviendas antiguas y el ancho de la vfa que es de 10 mts. aproximadamente.



Foto No. 2

Jr. Huanta

Cdra. 6 - Barrios Altos

Obsérvese la cantidad de viviendas antiguas en mal estado. Tipo A.

Foto No. 3

Jr. Jauja

La pared que se observa, ofrece peligro. Pertenece al Convento de Santa Clara, el ancho de la vfa es de 7 mts. aprox.



clan unas de otras es en el porcentaje de viviendas existentes en cada jirón y/o zona en que esta se encuentra ubicada.

Al considerar el estudio por zonas se ha llegado a los siguientes resultados:

Para la zona de los Barrios Altos se ha determinado que el problema se va presentar el 80% de sus calles y esto es debido más que nada a la existencia de un alto porcentaje de viviendas del tipo A y B, entre estas se encuentran muchos edificios, iglesias, y casas considerados como monumentos históricos y/o Arquitectónicos.

Para la zona del centro de Lima se tiene un porcentaje menor, considerado entre 40 - 60%; esto es debido a que en esta zona actualmente se están remplazando muchas de las viviendas antiguas por modernos edificios de concreto armado y diseñados asísmicamente, tipo D, por lo que se espera que estas edificaciones no ocasionen los problemas de bloqueo, además cabe mencionar que se ha llevado a cabo la remodelación de algunas vías, caso la Av. Emancipación, Jr. Lampa, Jr. Camaná y ya se encuentra terminado el tramo correspondiente a este sector del Malecón del Rimac.

Tenemos también que considerar la Zona Antigua del distrito del Rimac ya que aquí se ha detectado el problema en forma crítica. En esta zona se tiene un porcentaje del 60 a 80% de viviendas del Tipo A; y aunque muchas son de un solo

Foto No. 4

Jr. Amazonas

A pesar del estado en que se encuentra y el peligro que representa este muro, no es demolido.

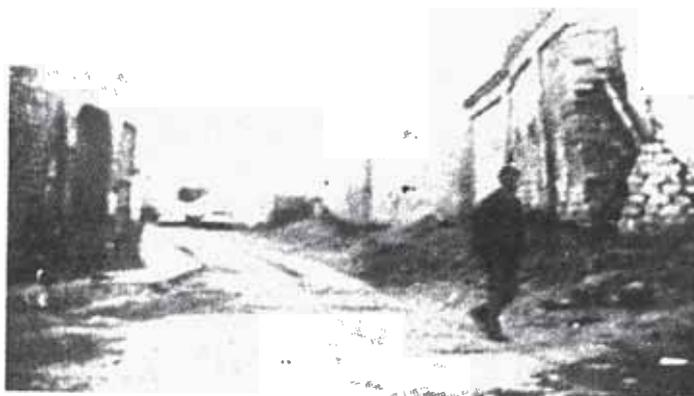


Foto No. 5

Jr. Huanta - Cdra. 3

Muro de cerco que no posee arriós tramiento, y que se encuentra en mal estado, el colapso de este muro bloquearía esta vfa.

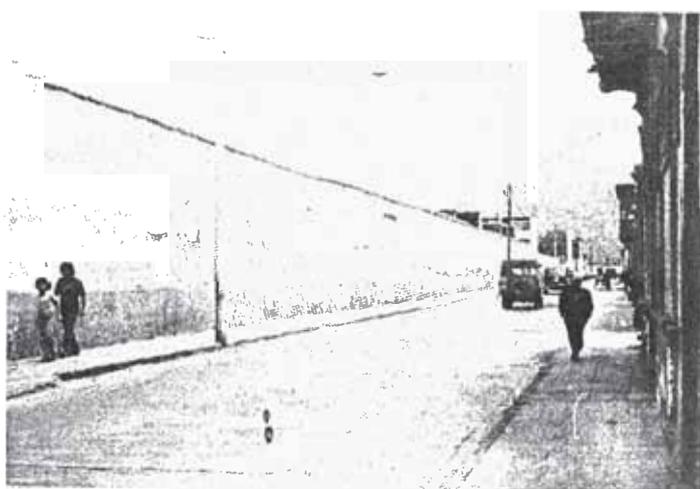


Foto No. 6

Av. Constitución

Callao

El bloqueo en esta vfa se puede presentar en forma parcial, por ser una vfa relativamente amplia



piso la altura de estas edificaciones esta entre 3 y 4 metros, además las calles poseen un ancho de vía entre 8 y 12 metros.

Ha sido necesario el estudio de las zonas pertenecientes al distrito de Barranco y Chorrillos, así como también a la provincia constitucional del Callao.

Para el estudio de estas zonas se ha elegido a las vías principales que recorren dichas zonas, así para Barranco tenemos: La Av. República de Panamá, Av. Jose María Eguren (antes Grau). Av. Libertador San Martín, Av. Pedro de Osma, Av. Pedro Roselló (antes Piérola) y el Jr. Pedro Solari (antes Independencia). Para Chorrillos las vías estudiadas son: Av. Chorrillos, Av. Olaya, Av. Alejandro Iglesias (antes Alfonso Ugarte) Av. Escuela Militar, Av. Panamá, y la Av. Panamericana Sur. Para el Callao se han escogido las siguientes vías: Av. - Rep. de Argentina, Av. Guardia Chalaca, Av. Saens Peña, Av. - Jose Galvez, Av. Venezuela, Av. Santa Rosa, Av. Buenos Aires.

En todas estas avenidas se ha realizado una inspección-considerando la relación ancho de vía y altura de edificaciones, de la cual se ha obtenido los siguientes resultados:

BARRANCO CHORRILLOS

NOMBRE	ANCHO DE VIA (m)	Nº DE CARRILES	% DE EDIFICACIONES-A
Av. Panamá	20 - 25	4 - 6	60% (zona antigua de Barranco.

Av. El Libertador	16	2	10
Av. J.M. Eguren	12 - 18	2 - 4	30
Av. Pedro Roselló	20	4	10
Av. Pedro de Osma	20	2	--
Av. Chorrillos	20	2	--
Av. Olaya	16	3	20
Av. Iglesias	20	4	--

NOMBRE	ANCHO DE VIA	N° DE CANALES	% DE EDIFICACIONES-A y/o B
Av. Escuela militar	20	4	--
Av. Panamericana Sur	30	4	

CALLAO

Av. Rep. Argentina	30	4	5%
Av. Gdía. Chalaca	30	4	--
Paseo Garibaldi	16	2	30%
Av. Dos de Mayo	40	6	30
Av. Saens Peña	20	4	20
Av. Colón	15	2 - 3	20
Av. Buenos Aires	26	4	35%
Av. Bolognesi	18	4	10
Av. Grau	20	4	--
Av. Rep. de Panamá	28	2	--
Av. José Galvez	26	2	--
Av. Santa Rosa	28	4	--

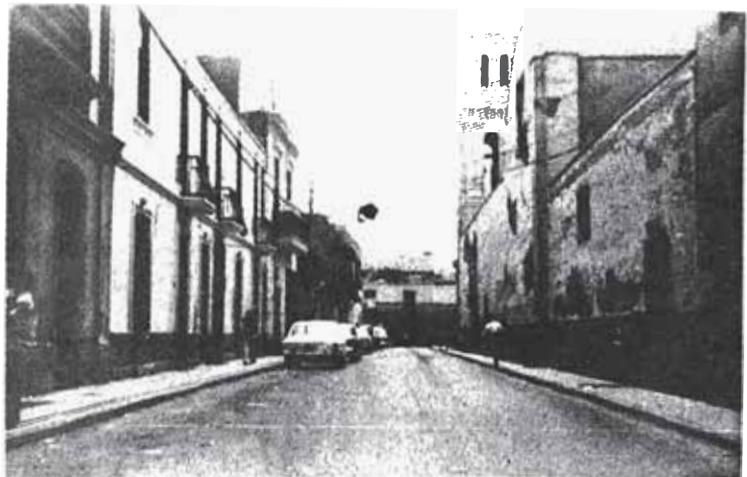


Foto No. 7

La caída de un muro de la Iglesia Matriz del Callao, ocasiona el bloqueo de la calle.

Foto No. 8

Muro deteriorado y agrietado, perteneciente a la Iglesia de San Lásaro en el Jr. Trujillo - Rímac.



Av. Venezuela	8*	2	--
Jr. Constitución	15	3	70
Jr. Colina	16	2	30
Jr. Vigil	17	2	--

*Ancho de la Calzada.

ANALISIS.

De acuerdo a la relación ancho de vía - altura de edificaciones (también % de edificaciones existentes del tipo A) - se ha determinado que en estas vías no se tendrá mayormente - el problema de Bloqueo de Calles, salvo algunas que se dan a - conocer a continuación:

EN BARRANCO Y CHORRILLOS.

Av. Panamá : En la zona de Barranco existen tramos en los - cuales se encuentran edificaciones de 2 plantas en muy mal es - tado, estas al colapsar pueden originar el bloqueo parcial de - la vías, esto si se produce será en sitios muy localizados.

Av. Pedro de Osma y Av. Chorrillos.- Estas avenidas no presen - tan el problema debido a la existencia de las casas Tipo A, - estas se encuentran a una distancia prudencial, el problema - en estas avenidas se puede presentar debido a la existencia, - en los bordes de la calzada, de árboles frondosos, ya que de - estos, al producirse el sismo, es posible el desprendimiento - de las ramas, la cual aunque en forma leve produzcan el blo -

queo de estas vías

Av. J.M. Eguren.- El problema se puede presentar en forma total en las cuadras 1 y 2, y parcial en las otras en forma parcial pero sin que ocasionen graves problemas ya que el ancho de la vía es mayor, 18m.

En la zona de Chorrillos es posible que se tenga un alto porcentaje de Calles que presenten el problema de bloqueo, pero esto se producirá en las vías que se han considerado como secundarias, por lo que no incidirá gravemente en la circulación de los vehículos.

EN EL CALLAO

La única vía de las estudiadas que pueden presentar el problema, es el Jirón Constitución, ya que su ancho es de 10- a 12 mts. y posee un porcentaje bastante alto de edificaciones antiguas.

Para la zona del Callao también es posible el bloqueo de Calles en vías consideradas como Terciarias.

Otro de los problemas que se puede presentar en las calles del Callao es la de agrietamientos en el pavimento, esto debido a los asentamientos que se pueden producir debido a que el tipo de suelo del Callao es arcilloso y limoso, además de que el nivel de la napa freática se encuentra bastante alta. El problema de los asentamientos es posible observarlos -

en la Av. Buenos Aires, Av. Colón, cuyo pavimento se encuentra bastante deteriorado.

AVENIDAS AFECTAS A OTROS TIPOS DE PROBLEMAS.

Además del problema del bloqueo de calles es posible que se presenten otros tipos de problemas, tales como fallas graves del pavimento, inundaciones de las vías, bloqueo por derrumbes ó desprendimientos de rocas.

Fallas en el pavimento.- Como ya se vió anteriormente este tipo de fallas puede presentarse en las calles del Callao por asentamientos del suelo; además es posible que la causa de este tipo de fallas se presente debido a fallas en los sistemas de alcantarillados, en este aspecto es bastante difícil señalar las zonas más susceptibles a este tipo de falla debido a que no se cuenta con la información necesaria para poder detectarlas.

También se puede producir la falla del pavimento en vías que se encuentran en los bordes de los acantilados, Caso la Av. Costanera, Av. Morales Duarez, debido a las fallas que se pueden producir en los taludes.

Inundación de vías.- Este problema se originaría por las roturas de las redes de agua y desague en las cercanías de los tramos de las vías propensas a sufrir estos problemas.

La vía expresa del Paseo de la República es una de las

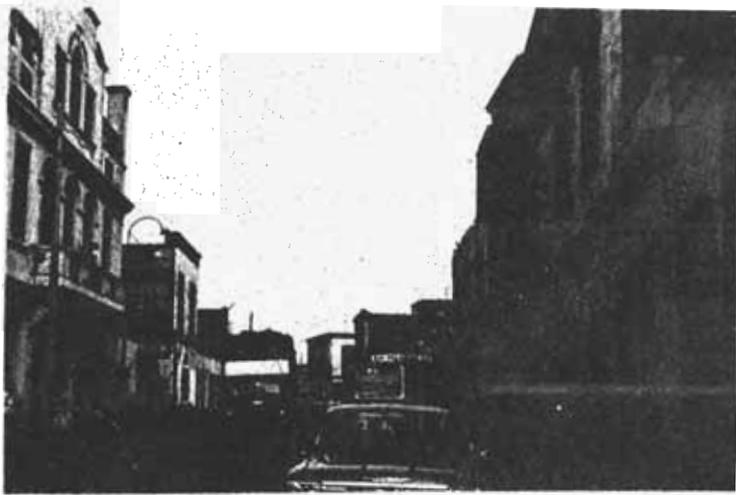


Foto No. 9

Jr. Cajamarca

Obsérvese los asentamientos que presentan las viviendas de la derecha de la foto.

Foto NO. 10

Av. Chorrillos

Arboles frondosos que producido el sismo, pueden ocasionar problemas por la rotura de sus ramas. Estos árboles deben ser podados periódicamente.



Foto No. 11

Aniego de vías

Producido en una pista lateral al Puente Dueñas.



vías que se encuentra en esta situación; cabe indicar que los aniegos ó inundaciones se producirán en las zonas donde las curvas verticales de la rasante se presentan en forma cóncava, ya que aquí será donde el agua se empozarará.

En esta vía existe sistemas de drenaje, pero estos se encuentran inoperantes debido a que, por el clima de Lima, estos prácticamente se encuentran obstruidos por el poco uso que tienen y por el polvo y materiales finos que se acumulan en ellos.

También son susceptibles a este problema las vías que en un cruce a desnivel se encuentra en la parte inferior de este y presenta una curva vertical en forma de parábola, en este caso se encuentran: La Av. Arequipa en el cruce con la Av. Javier Prado; La Av. Brasil en cruce con la Av. Pershing; la Av. Tingo María en cruce con la Av. Venezuela y la Av. Alfonso Ugarte bajo la Plaza Ramón Castilla.

Posibles fallas en puentes.- Es posible que algunas vías se encuentren aisladas debido a fallas en los puentes que lo unen. Esto se verá más adelante.

Interrupciones en las vías de acceso.- En el subcapítulo siguiente se estudiará en detalle los problemas que se pueden presentar en estas vías.



Foto No. 12

Barrios Altos
Jr. Miró Quezada
Cuadra 6

Obsérvese que esta zona está permitida para el estacionamiento de autos. Las viviendas son de construcción antigua y se encuentran en mal estado.

Foto No. 13

Jr. Puno - Cdra. 6

La vía se angosta hasta alcanzar un ancho de 8 mts. Las casas son del Tipo A.

El estacionamiento de autos reduce a un solo canal de circulación.





Foto No. 14

Calle del Centro de Huaraz.
Terremoto de 1970.

Obsérvese como el escombramiento
origina el bloqueo de calles.

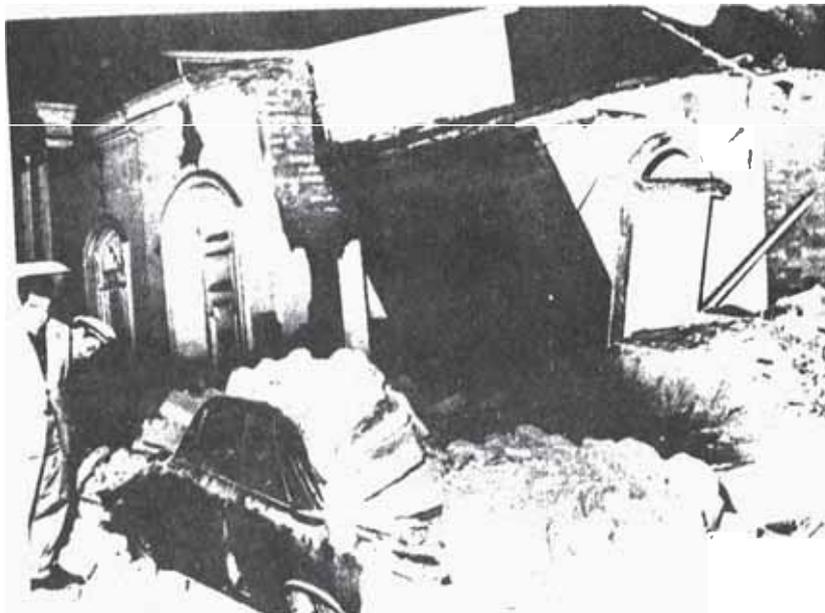


Foto No. 15

El colapso de una pared sobre un automóvil, nos
hace ver que, para las operaciones de reapertu-
ra, se hace necesario el concurso de grúas.

VIAS DE ACCESO A LIMA METROPOLITANA

Las vías de acceso a Lima Metropolitana ante la ocurrencia del sismo adquieren gran importancia debido a que es por estas vías por donde llega el abastecimiento de alimentos, en especial carnes, tubérculos, verduras, etc. En el caso de que algunas de estas vías quede fuertemente afectadas, lo cual origine el corte del flujo de alimentos a Lima, esto afectaría gravemente en los programas de rehabilitación, ya que la escasez de alimentos es de por sí un grave problema.

Además es posible que estas vías sean utilizadas para el envío de los elementos de ayuda y auxilio que puedan provenir de lugares importantes del país así como también del extranjero.

Las vías de acceso a Lima son cinco de las cuales tres son consideradas de primera categoría, y las otras dos son de menor importancia para este estudio ya que de acuerdo a lo mencionado anteriormente sería muy poca la ayuda que por estas vías se podría esperar. Las vías son:

La Panamericana Norte.- La cual nos comunica con el distrito de Ancón, la provincia de Chancay, y todos los pueblos que se encuentran en la Costa Norte del país.

Esta vía está considerada como Autopista en los tramos de Lima Ancón y en el tramo Ancón Chancay los cuales presentan

las siguientes características:

Longitud = 62 Kms.

Superficie de rodadura : Asfalto

Estado : Bueno

Anchos : 2 pistas de 7.20 m. c/u

2 bermas laterales de 3.00 m c/u

1 berma central de 5.40 m.

Cabe mencionar que en el tramo Ancón - Chancay se tienen dos vías para este recorrido una es la autopista ya mencionada la cual se usa para la circulación de los vehículos livianos, automóviles, camionetas; y la otra que es una carretera construida a media ladera y su ancho es de aprox. 8 mts., cuenta con solo dos canales de circulación, es utilizada por los vehículos pesados (camionetas, etc.) Esta carretera es conocida como el serpentin de Pasamayo, por la configuración de su recorrido.

Los puentes que sirven a estas vías se dan a continuación:

PUENTES	UBIC. Km.	LUZ (m)	TRAMOS	ANCHO	CAPACIDAD TIPO
Trompeta	4.0	18.00	1	10.40	H20-S16 Conc.Arm
Chillón	17.0	66.00	3	16.00	H20-S16 "
Ancón	36.00	65.00	3	16.50	H20-S16 Pretensado
Ramal a Huaral (desvío)	64.00	67.00	2	12.90	C-25 Postensado

Chancay (ant. pan.)	66.00	57.00	3	9.80	H20-S16	Conc.Arm
Chancay (sobre el río)	25.00	99.00	3	12.90	H20-S16	Pretensado
Chillón (Ramal Callao-Ventan)	11.8	25.50	1	17.60	"	"
Rímac (Ramal Callao Venta)	22.7	67.00	1	9.90	"	"

Todos estos puentes han sido diseñados de acuerdo a las normas AASHO. y del A.C.I.

La Panamericana Sur.- Que sirve de enlace con el balneario de Pucusana, los pueblos de Mala, Cañete, Chíncha el departamento de Ica, Arequipa y todos los pueblos y ciudades que se encuentran en las costas del sur del país.

Esta vía se presenta como autopista en el tramo Lima - Pucusana que tiene una longitud igual a 62 Km.; la superficie de rodadura está constituida por asfalto su estado es calificado como bueno y sus anchos son:

21.60 mts. entre el Km. 10 y el Km. 62.0 ; entre el Km. 2 y el Km. 10 su ancho es de 28.0 mts.

Los puentes que se encuentran en esta vía son:

PUNTES	UBIC.KM	LUZ	TRAMOS	ANCHO	CAPAC.CARGA	TIPO
El Pino	5.0	16.20	1	14.47	H20-S16	Conc.Armado
Primavera	10.0	53.75	2	32.20	C-25	Postensado
Atocongo	14.5	74.20	2	35.80	"	"

PASAMAYO



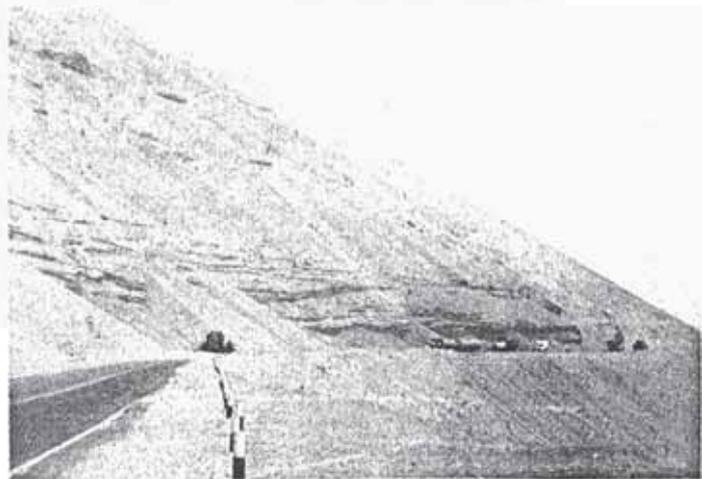
Foto No. 16

Agrietamiento del pavimento,
por falla del talud inferior
a la pista.

Sismo - X-1966.

Problemas frecuentes, aún
sin sismo, se produce en
el serpentín de Pasamayo
por causa del deslizamien
to de arena.

Foto No. 17



Alipfo Ponce	16.7	13.50	2	20.00	C-25	Conc. Armado
Villa	22.3	53.10	2	22.40	"	Postensado
Conchán	29.8	52.05	2	13.60	"	"
Mamacona	31.6	46.50	1	3.65	"	"
Lurín (v.L.)	32.0	28.50	2	6.55	H15-S12	Conc. Armado
Lurín	32.6	24.45	2	20.00	C-25	Postensado
San Pedro	34.5	46.50	1	3.65	"	"
Arica	39.60	49.60	2	18.00	"	"
Pta. Hermosa	44.6	10.15	2	20.00	"	Conc. Armado
Punta Negra	48.2	14.40	2	20.00	"	"
San Bartolo	50.2	24.00	2	20.00	"	"

Carretera Lima Chosica (Central). Esta vfa une Lima con Chosica, la Oroya y huancayo. El tramo Lima - Chosica es una autopista cuyas dimensiones son: Longitud de 43 Km. la superficie de rodadura está compuesta por concreto en un tramo de 32.2 Kms. y por asfalto 10.8 Kms. su estado es bueno, su ancho es de 16.20 mts. aunque actualmente se encuentra en proceso de remodelación, en el cual se amplía a 6 canales de circulación. Los puentes que están ubicados en esta carretera son los siguientes:

PUENTES	UBIC. KM	LUZ	TRAMOS	ANCHO	TIPO
Pino (C. CENTRAL)	0.2	16.20	1	3.00	Conc. Armado
Sta. Anita (Circun)	10.0	51.17	2	22.30	Pretensado
Ancash (Circun)	7.0	29.00	2	28.60	"
Ferrocarril "	6.7	29.00	2	28.60	"
Huascar "	4.0	60.00	5	23.00	Postensado

Los Angeles	30.1	86.00	2	18.00	Conc. Armado
Sta. Eulalia	40.7	23.00	2	3.50	"
Ricardo Palma	41.3	60.00	3	13.30	"

El tramo Chosica La Oroya.- Es una carretera que presenta en su superficie de rodadura tramos asfaltados y tramos afirmados. - Los tramos que no tienen asfalto son: Km. 111 al 112, 112.5 al 114 y del 116.4 al 133. en total son 19.100 Kms. sin asflatar.

Este tramo es una vfa que presenta pendientes fuertes y muchos desarrollos, ya que se trata de una vfa que cruza los Andes para llegar hasta Huancayo que se encuentra en altura.

Esta vfa presenta problemas de derrumbes y huaycos debido a que presenta muchos cortes de terreno y en esta zona se presentan fuertes precipitaciones, que son la causa principal de estos derrumbes. Seguidamente damos a conocer las zonas en que estos problemas son más frecuentes. Al producirse el sismo en hipótesis es posible que las zonas afectadas sean las mismas que dan a continuación:

Huaycos

Santa Ana	Km. 41.400
Cupiche	" 44.400
Carachacra	" 51.250
Esperanza	" 57.500
Cariñito	" 58.400
Verrugas	" 60.300

Cuesta Blanca	Km. 61.300
Pablo Bonner	" 65.100
Quebrada Surco	" 66.800

Derrumbes:

Huariquiña	Km. 73.800
Llican	" 78.850
Chacahuaro	" 80.200
"	" 82.000
Tambo de Viso	" 83.450 - 83.800
Ocatara	" 86.0000 - 86.600
Chaupichaca	" 88.500 - 90.000
Infiernillo	" 99.850 - 100.000
Antuquito	" 114.200
Chinchan	" 120.800 - 122.000
Desv. a Caspalca	" 123.600
Ticlio	" 126.000
"	" 130.000

Para que estos derrumbes y huaycos puedan ser limpiados y así poder reabrir las vías en el menor tiempo posible es necesario que en los campamentos se tengan las cantidades de maquinarias adelante nombradas.

EQUIPO MECANICO NECESARIO

Campamento Matucana N° 2

1 Tractor

- 1 Tournatractor ó cargador frontal
- 1 Comprensora equipada y con martillos
- 3 Volquetes

Campamento Casapaica N° 4

- 1 Motoniveladora
- 1 Cisterna
- 1 Rodillo
- 1 Tournatractor
- 1 Cargador frontal
- 5 Volquetes

Campamento Ocatara Km. 88

- 1 Mezcladora
- 2 Cocinas

Campamento Cutt-Off

- 2 Volquetes

Cabe mencionar que el equipo mecánico con que se cuenta, Máquinas del S.E.M., se encuentran en condiciones que no son las deseables, ni tampoco se cuenta con las unidades necesarias.

En las siguientes páginas damos la relación del equipo mecánico con la que se cuenta el S.E.M.

TRABAJOS DE REAPERTURA

Foto No. 18

Tourna Tractor

Equipo necesario para
la limpieza de la vfa.

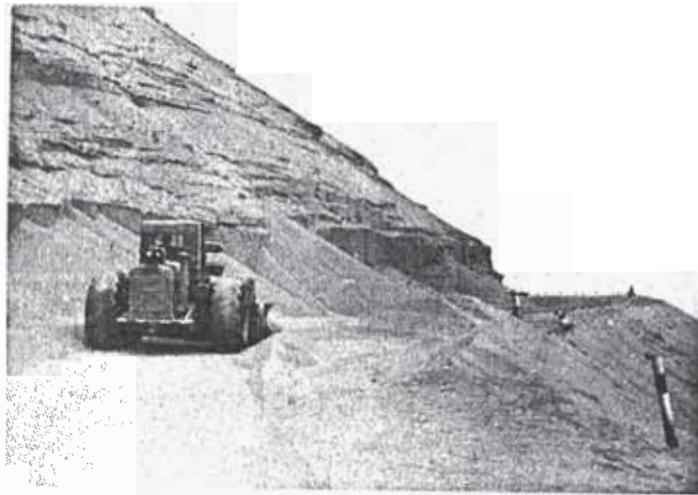


Foto No. 19

Motoniveladora

Foto No. 20

Vfa despejada luego de los
trabajos realizados.



MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
SERVICIO DE EQUIPO MECANICO
SECCIONAL LIMA

R E S U M E N

MES DE AGOSTO 1976.

V E H I C U L O S		O	R	D	TOTAL
1.-	Camionetas	3	1	-	4
2.-	Omnibus	1	1	-	2
3.-	Camión Teller	1	1	-	2
4.-	Camioneta Teller	1	2	-	3
5.-	Camión Engrose	3	1	-	4
6.-	Camión Plataforma	1	-	-	1
7.-	Camión Baranda	1	3	-	4
8.-	Camión Imprimador	-	2	1	3
9.-	Camión Traylor	-	1	-	1
10.-	Camión Cisterna	8	8	-	16
11.-	Camión Volquete	14	15	-	29
T O T A L		33	34	1	68

M A Q U I N A S		O	R	D	TOTAL
12.-	Amazadora	-	1	-	1
13.-	Cegador Frontal	1	3	-	4
14.-	Compresora	1	4	1	6
15.-	Chancadora	-	1	-	1
16.-	Grúa	5	1	-	6
17.-	Mozoladora	3	-	-	3
18.-	Motoniveladora	4	10	-	14
19.-	Mototralla	-	1	-	1
20.-	Rodillo Vibrador	-	4	1	5
21.-	Rodillo Neumático	1	4	1	6
22.-	Rodillo Tender	-	1	-	1
23.-	Tractor Llanta	1	1	-	2
24.-	Tractor Oruga	3	16	1	20
25.-	Tractor Tiro	-	1	1	2
T O T A L		19	48	5	72

E Q U I P O D I V E R S O S		O	R	D	TOTAL
26.-	Tanque Térmico	-	-	1	1
27.-	Cocina Asfalto	3	1	1	5
28.-	Compactadora	-	1	-	1
29.-	Grupo Electrógeno	1	7	-	8
30.-	Grupo Soldar	2	2	1	5
31.-	Equipo Soldadura	-	1	1	2
32.-	Martillo Perforador	-	3	-	3
33.-	Faja Transportadora	-	4	-	4
34.-	Motobomba	3	2	1	6
35.-	Vibradora	-	1	-	1
36.-	Tanque Combustible	1	-	1	2
37.-	Montacarga	1	1	-	2
T O T A L		11	23	6	40

VEHICULOS	O	R	D	TOTAL
VEHICULOS	33	34	1	68
MAQUINAS	19	48	5	72
EQUIPO DIVERSOS	11	23	6	40
TOTAL GENERAL	63	105	12	180

maquinae	MARCA	MODELO	REG	O	R	D	UBICACION
1.-	Amazadora	Littlefere	700-L	98	X	X	Pucuseana-Jahuay
2.-	Cargador Frontal	Casa	WSD	613	X	X	Lima-Chancoy
3.-	"	Caterpillar	930	792	X		Lima-Chancoy
4.-	"	Allie Chalmers	TL-645	4397		X	Taller Regional
5.-	"	"	"	4399		X	Taller Regional
6.-	Compresora	Curtis	CV-969	23		X	Camp. Chancoy
7.-	"	Ingersoll Rand	250'3	122		X	Km. 8.500
8.-	"	Joy	WUT-340	164		X	Taller Regional
9.-	"	"	DA-31181	4408		X	Km. 8.500
10.-	"	Hekustau	AMR-340	4743	X		Cañete-Lunahuana Yauyos
11.-	"	"	"	4744		X	Lima-Chosica Oroya
12.-	Chenadora	Pianjar	150-PRSA	4680		X	Lima-Chancoy Oroya
13.-	Grúa	PH	315-17	31	X		El Pino
14.-	"	"	"	33	X		Km. 47.000
15.-	"	Lekano	M-340N	5966	X		Taller Regional
16.-	"	"	"	5967	X		Km. 8.5000
17.-	"	"	"	5968		X	Taller Regional
18.-	"	Smith	T-35	5995	X		Org.Rector
19.-	Revoladora	Jeager	11-SA	109	X		Lima-Chosica Oroya
20.-	"	Gallón	"	114	X		Lima-Canta La Viuda
21.-	"	Jeager	"	125	X		Lima-Chancoy
22.-	Rotonivaladpra	Caterpillar	112-E	148		X	Km. 8.500
23.-	"	"	"	167		X	"
24.-	"	Lekoma	AH-123	232		X	Taller Regional
25.-	"	"	AH-122	239		X	"
26.-	"	Le Ternseau	LU-440	4307		X	Pucusan Jahuay
27.-	"	Huber Waco	"	4314		X	Km. 8.500
28.-	"	Hekustau	CD-37-4	5559		X	"C"
29.-	"	"	"	5363	X		Lima-Huerochiri
30.-	"	Allie-Chalmers	M-100	3747		X	Taller Regional
31.-	"	"	"	5769	X		Cañete Lunahuana Yauyos
32.-	"	Lekoma	AH-145	5877		X	Lima-Chosica Oroya
33.-	"	"	AH-121	5894	X		Lima-Chancoy
34.-	"	"	"	5897		X	Lima-Canta La Viuda
35.-	"	"	"	5903	X		Lima-Pucuseana
36.-	Rototralla	Le Ternseau	A-100	4301		X	Km. 47.000
37.-	Modillo Vibrador	Lekano	AT-52	5921		X	Taller Regional
38.-	"	L	"	5924		X	Km. 8.500
39.-	"	"	AT-32	5933		X	"
40.-	"	"	"	5942		X	Lima-Chosica Oroya
41.-	"	"	"	5961		X	Taller Regional
42.-	"	"	AP-210-B	36		X	Lima-Chosica Oroya
43.-	"	"	AP-220	44	X		Lima-Pucuseana
44.-	"	"	"	5912		X	Taller Regional
45.-	"	"	"	5913		X	Km. 8.500
46.-	"	"	"	5914		X	Lima-Pucuseana
47.-	"	"	"	5917		X	Km. 8.500
48.-	"	Tanden	Gallón	B-D		X	Taller Regional
49.-	Tractor de Llente	Caterpillar	C-814	827	X		Lima-Chancoy
50.-	"	Le Ternseau	"	4340		X	"
51.-	"	Oruga	Casa	1000-D		X	Km.8.500
52.-	"	"	Caterpillar	D-6-C		X	Lima-Pucuseana
53.-	"	"	"	774		X	"
54.-	"	"	"	775		X	"
55.-	"	Allie Chalmers	HD-16-DF	4352		X	Km. 8.500
56.-	"	Caterpillar	D-8-H	4583		X	Taller Regional
57.-	"	Kanatsu	D-60	4633		X	"
58.-	"	"	"	4656		X	"
59.-	"	"	"	4657		X	Cañete Lunahuana Yauyos
60.-	"	"	D-80-A	5327		X	Km. 8.500
61.-	"	"	D-60	5330	X		Lima-Huerochiri
62.-	"	"	"	5334	X		Lima-Canta La Viuda
63.-	"	"	"	5337		X	Km. 8.500
64.-	"	Allie Chalmers	HD11-EP	5692		X	Taller Regional
65.-	"	"	HD-21	5694		X	Km. 8.500
66.-	"	"	"	5696	X		Chosica-Oroya
67.-	"	"	HD-16-DP	5701	X	X	Km. 8.500
68.-	"	"	"	5703		Xx	"
69.-	"	"	"	5710		X	"
70.-	"	"	HD-11-EP	5727		X	"
71.-	"	"	"	5729		X	"
71.-	"	Yirp	D-17	4392		X	Km. 47.000
72.-	"	"	D-21	5781		X	Lima-Chosica Oroya

VEHICULOS	MARCA	MODELO	REG.	O	R	D	UBICACION
1.-	Camioneta	Dodge	D-200	485	X		Seccional Lima
2.-	"	Internacional	Scout	562	X		Lima-Huerochiri
3.-	"	"	"	564		X	Lima-Pucuseana
4.-	"	Fargo	D-100	650	X		Taller Regional
5.-	Omnibus	Internacional	S-162	1188		X	Taller Regional
6.-	"	Fiat	650-E	5241	X		Organo Rector
7.-	Camión Teller	Internacional	(1648) C-1300	1648	X		Lima-Huerochiri
8.-	"	Hine	KA-200	4209		X	Lima-Chosica Oroya
9.-	Camioneta Teller	Nissan	L4-W-73	5555		X	Lima-Chosica Oroya
10.-	"	"	"	5562	X		Lima-Chancey
11.-	"	"	"	5565		X	Pucuseana-Jahuay
12.-	Camión Engrase	Hene	TA-24	4212	X		Zona Sur
13.-	"	Pagaso	1090-L	5102	X		Lima-Chosica Oroya
14.-	"	Hine	TA-24	5532	X		Lima-Canta La Viuda
15.-	"	"	"	5549		X	Taller Regional
16.-	Camión Plataforma	Pagaso	1063	5120	X		Seccional Lima
17.-	" Beranda	Dodge	D-600	1642		X	Km. 8500
18.-	"	Fiat	650-E	5236		X	Km. 47.000
19.-	"	"	"	5245		X	Km. 47.000
20.-	"	Hine	TE-21	5474	X		Lima-Chancey
21.-	" Imprimador	Internacional	F-1000	1269		X	Taller Regional
22.-	"	Ford	OT-RS	1784		X	Lima-Chosica Oroya
23.-	"	"	"	1785		X	Taller Regional
24.-	" Trayler	Hine	HF-200	5573		X	Seccional Lima
25.-	" Cisterna	Volvo	L-48506	1262		X	Taller Regional
26.-	"	"	"	1676	X		Cafete Lunahuana Yauyos
27.-	"	Nissan	TL-80	4090		X	Taller Regional
28.-	"	"	"	4104	X		Zona Sur(Repert. Combust.)
29.-	"	Pagaso	1063	5091		X	Km.8.500
30.-	"	Fiat	619-A	5143	X		Zona Lima(Repert. Combust.)
31.-	"	Nissan	TL-80	5476	X		Lima-Pucuseana
32.-	"	"	"	5482	X		Pucuseana Jahuay
33.-	"	"	"	5485		X	Lima-Pucuseana
34.-	"	"	"	5486		X	Km. 8.500
35.-	"	"	"	5488	X		Lima-Chosica Oroya
36.-	"	"	"	5490	X		Lima-Chanoay
37.-	"	"	"	5502		X	Lima-Chosica Oroya
38.-	"	"	"	5505		X	Taller Regional
39.-	"	"	"	5506	X		Lima-Chosica Oroya
40.-	" Volquete	Dodge	D-600	1560	X		Lima-Chosica Oroya
41.-	"	Scania Vabis	IS-7642	1709	X		Lima-Canta La Viuda
42.-	"	"	"	1712		X	Lima-Pucuseana
43.-	"	"	"	1755	X		Lima-Huerochiri
44.-	"	Fiat	662-N3P	1842		X	Cafete-Lunahuana Yauyos
45.-	"	"	"	1854	X		Cafete-Lunahuana Yauyos
46.-	"	"	"	1857		X	Lima-Chosica Oroya
47.-	"	"	"	1858		X	Taller Regional
48.-	"	Siau	LE-139	1991	X		Lima-Chosica Oroya
49.-	"	"	"	1996	X		Lima-Pucuseana
50.-	"	"	"	1998	X		Lima-Pucuseana
51.-	"	Dodge	D-800	2005	X		Lima-Chanoay
52.-	"	Hine	KA-220	4176		X	Km.47.000
53.-	"	"	"	4190		X	Pucuseana Jahuay
54.-	"	"	"	4192		X	Km. 47.000
55.-	"	Pagaso	1090	4933	X		Pucuseana Jahuay
56.-	"	"	"	4953		X	Lima Pucuseana
57.-	"	"	"	4960		X	Taller Regional
58.-	"	"	1061	5041		X	Taller Regional
59.-	"	Hine	ZM-220	5380		X	Taller Regional
60.-	"	"	KA-220	5398	X		Lima-Chosica Oroya
61.-	"	"	"	5394		X	Km. 47.000
62.-	"	"	"	5400	X		Lima-Chosica Oroya
63.-	"	"	"	5402	X		Lima-Huerochiri
64.-	"	"	"	5412	X		Lima-Chosica Oroya
65.-	"	"	"	5416		X	Lima-Canta La Viuda
66.-	"	Nissan	TLF-205	5426	X		Lima-Canta La Viuda
67.-	"	Hine	KA-220	5577		X	Km.47.000
68.-	"	"	"	5578		X	Taller Regional

MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES
SERVICIO DE EQUIPO MECANICO
SECCIONAL LIMA

CUADRO ESTADISTICO DE EQUIPO
DIVERSO

OFICINA SECCIONAL LIMA
MES DE : AGOSTO 1976.

EQUIPO DIVERSO	MARCA	MODELO	REG.	O	R	D	UBICACION
1.- Tanque Térmico	Hy-Way	48-TS	5661			X	Lima-Chosica Oroya
2.- Cocina Asfalto	Littleford	84-HD-3	92			X	Pucuseña-Jahuay
3.- " "	"	"	93	X			Lima-Chencay
4.- " "	"	"	103	X			Lima-Canta La Viuda
5.- " "	Raeco	KC	129	X			Lima-Chosica Oroya
6.- " "	"	"	133		X		Lima-Pucuseña
7.- Compactadora	Ingersoll Rand	CVG-618A	20		X		Taller Regional
8.- Grupo Eléctrogano	Winco	305K200/2/B	176		X		Lima-Huerochiri
9.- " "	Fiat	11-KVA	5266		X		Zona Lima
10.- " "	"	11-KV	5280	X			Peaje Sur
11.- " "	"	"	5284		X		Pucuseña-Jahuay
12.- " "	"	"	5285		X		Km. 47.000
13.- " "	"	"	5289		X		Taller Regional
14.- " "	"	"	5297		X		" "
15.- " "	"	"	5308		X		" "
16.- " Solder	Hebert	G-222	S/N		X		Km. 8.500
17.- " "	Miller	-.-	S/N	X			Lima-Canta La Viuda
18.- " "	Danyo Handy	200-A	5	X			Lima-Chosica Oroya
19.- " "	Volkawa	"	10		X		Taller Regional
20.- " "	Linoaln	F-226	54			X	" "
21.- " Soldadura	Hitachi	DN	5616			X	Lima-Chosica Oroya
22.- " "	"	"	5618		X		Km. 8.500
23.- Martillo Perforador	Furukawa	325-D	S/N		X		" "
24.- " "	"	22-D	S/N		X		" "
25.- " "	"	325-D	8802		X		" "
26.- Faja Transportadora	Babar Grana	-.-	297		X		Km. 47.000
27.- " "	" "	-.-	5641		X		" "
28.- " "	" "	-.-	5649		X		" "
29.- " "	" "	-.-	S/N			XX	" "
30.- Motobomba	Hidro Stel	D-47-75-D	S/N			X	Lima-Chosica Oroya
31.- " "	"	"	"		X		Lima-Chosica Oroya(Gist.Reg.)
32.- " "	"	"	"		X		Camp. Huaura
33.- " "	Jaeger	3'xP	215		X		Lima-Pucuseña(Gist.Reg.1262)
34.- " "	Shimadzu	DUV-100	5967		X		Km. 8.500
35.- " "	Kubota	"	5987		X		Cafete-Lunahuana Yauyos
36.- Vibradora	Stow	-.-	S/N		X		Taller Regional
37.- Tanque de Combustible	Chequer	250 gls.	25	X			Lima-Chencay
38.- " "	"	"	AZ			X	Lima-Huerochiri
39.- Montacarga	Carleader	CL	1	X	T		Taller Regional
40.- " "	Clark	CY-60	5		X		Taller Regional

LIMA, 25 DE AGOSTO DE 1976.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y LUBRICANTES DIA DE 8 HORAS

1.- Tractor con buldozer de 70 H.P. :

Petróleo	20	Glns.
Aceite motor	0.24	"
Gasolina (Limpieza y arrq)	0.80	"
Aceite T. y H.	0.3	"
Grasa	2.4	Lbs.

2.- Comprensoras de 250 p³

Petróleo	16.	Glns.
Aceite motor	0.16	"
Grasa	2.4	Lbs.

3.- Martillo, Manguera, Aceiteras, etc. :

Aceite	0.25	Glna.
--------	------	-------

4.- Rodillos de 3 a 5 Tns.

Gasolina	12.0	Glns.
Aceite	0.2	"
Aceite T. y H.	0.3	"
Grasa	0.12	Lbs.

5.- Tractor Neumático

Gasolina	7.5	Glns.
Aceite	0.15	"
Aceite T. y H.	0.13	"
Grasa	0.05	Lbs.

6.- Camión Volquete 5 yd³.

Gasolina	17.0	Glns.
Aceite	0.2	"
Aceite T. y H.	0.3	"
Grasa	0.2	Lbs.

7.- Tractor 40 H.P. :

Petróleo	16.00	Glns.
Aceite motor	0.16	"
Aceite T. y H.	0.3	"
Gasolina	0.8	"
Grasa	2.4	Lbs.

8.- Motoniveladora 60 H.P. :

Gasolina	30.00	Glns.
Aceite motor	0.4	"
Aceite T	0.6	"
Kerosene	5.0	"
Grasa	0.4	Lbs.

RENDIMIENTOS EN LOS TRABAJOS DE LIMPIEZA DE VIAS

A.- Equipo mecánico :

- 1 Tournatractor
- 1 Cargador Frontal 950
- 5 Volquetes

Mano de Obra:	Herramientas
1 Capataz	4 picos
4 Peones	4 Palas
Rendimiento :	480 m ³ /día

B.- Equipo mecánico :

- 1 Compresora 250 p³/m
- 2 Martillos de 37 lbs.
- 1 Tournatractor
- 1 Cargador Frontal
- 5 Volquetes

Mano de Obra:	Herramientas
1 Capataz	6 picos
2 Perforistas	6 palas
6 peones	6 carretillas

Materiales:

- Dinamita 0.3 Kg.
- Fulminante 2 unid.
- Guía 2 ml.
- Barrenos 2

RENDIMIENTO : 290 m³/día

C.- Material: Tierra suelta y gravas

Mano de Obra:	Herramientas
1 Capataz	10 picos

10 Peones

10 palas

10 Carretillas con
llanta de jebe

5 Barretones

RENDIMIENTO : 135 m³/día

EQUIPO ADICIONAL QUE SE DEBE TENER PARA ATENDER UN DESASTRE.

Equipo mecánico:

1 Equipo de soldadura eléctrica (con motor a gas)

1 Motobomba de 4"

Herramientas

Serruchos

Arcos de sierra

Hojas de sierra.

CARRETERA LIMA - HUAROCHIRI, - Es una carretera que nos une con Huarochiri, las características de esta son las siguientes:

Longitud : 152 Km.

Superficie de rodadura: Asfalto (29 Km)+ Afirmado (125Km)

Estado: Bueno (asfalto)

Regular (afirmado)

Anchos: 1 Pista de 3.60 m (29 Km)

2 Bermas de 1.00 m. c/u

1 Pista de 5.60 m. (125 Km)

Cuenta con 5 puentes de concreto armado cuyas capacidades de carga son de 20 a 30 tns.; además 6 puentes tipo Bayle con capacidad de carga de 15 Tns.

CARRETERA LIMA - SANTA LA VIUDA

Características:

Longitud:	149.9 Km.
Superficie de rodadura:	Asfalto (72Km)+ sin afirmar (77.9)
Anchos:	2 Pistas de 6.60 m.c/u (20 Kms.) 2 Bermas laterales de 2.00 c/u. 1 Berma central de 4.00 m. 1 Pista de 4.00 m (52 Kms.) sin 2 Bermas laterales de 1.50 m c/u. 1 Pista de 4.50 m. (77.9 Km.)

Cuenta con dos puentes, uno de ellos de concreto armado y el otro tipo Bayle.

PROBLEMAS QUE SE PUEDEN PRESENTAR EN LAS VIAS DE ACCESO

La Panamericana Norte.- Los problemas que puede tener esta vía son principalmente los que se presentan continuamente, - aún sin sismos, en el tramo del serpentín de Pasamayo debido a deslizamientos de arena, además se puede producir la falla de los taludes, ocasionando agrietamientos en el pavimento así como también asentamientos, pudiendose llegar hasta

el corte de la vía.

Ante este problema que se puede presentar en el mencionado tramo, tenemos que el transporte pesado ó tráfico de camiones se deberá desviar por la Variante de Pasamayo, que es una vía que en este aspecto no presenta problemas y que los inconvenientes que aquí se presentan son el de las neblinas y el de una pendiente que es demasiada extensa, lo que ocasiona en los camiones un desgaste excesivo del motor.

La Panamericana Sur.- En esta vía prácticamente no tendría problemas graves, salvo que alguno de sus puentes colápsese totalmente aunque esto es bastante improbable, ya que los puentes que existen en esta vía son bastante modernos.

Es posible que se presenten pequeños problemas en la zona conocida como Pasamayito, a la altura del Km. 109 ocasionados por el desprendimiento de pequeñas piedras las cuales ocasionarían inconvenientes en el tránsito de los vehículos. La limpieza de esta zona no tomaría un tiempo mayor al de un día.

Otro de los problemas que se presentaría sería el ya producido en los sismos anteriores, los cuales fueron de consideración leves, asentamientos del material de relleno a los accesos de los puentes.

La Carretera Lima Chosica (Carretera Central).- Esta Carretera en el tramo Lima Chosica no presenta problemas de considera -

ción pero el tramo Chosica La Oroya tiene zonas que son susceptibles a sufrir derrumbes, y huaycos en este aspecto ya ha sido señaladas las zonas en los que se pueden presentar los problemas.

Los problemas que se pueden presentar en las otras dos vías de acceso no han sido determinadas en el presente estudio por falta de información, aunque cabe señalar que la que tiene mayores problemas es la carretera Lima Huarochirí, esto es debido a que su trazo implica cortes al terreno así como recorridos en media ladera. Otra razón por que no se presente un estudio detallado de los problemas en esta vía es que para los efectos del objetivo de este estudio, estas vías son consideradas de menor importancia, por la poca ayuda y auxilio que por estas vías pueda provenir.

Uno de los problemas que se observa se tiene en todas las Vías de Acceso es la insuficiencia tanto cuantitativa como cualitativa de las maquinarias ó unidades del S.E.M. que se encuentran distribuídas en los campamentos de cada carretera. Se ha observado que actualmente existen muchas máquinas que se encuentran inoperantes debido a defectos mecánicos así como por falta de lubricantes y/o combustibles en el mejor de los casos. Todo esto se puede apreciar en los cuadros presentados anteriormente.

PUENTES EXISTENTES Y SU COMPORTAMIENTO

Los puentes que existen en Lima Metropolitana se pueden clasificar en dos grupos : 1) Los que sirven para cruzar el Rfo Rímac, el Rfo Chillón y el Rfo Lurín; 2) Los que sirven en los cruces a desnivel de dos vías principales.

Dentro del área urbana tenemos doce puentes para cruzar el rfo Rímac, estos son :

El puente Huáscar que sirve a la vía de Evitamiento posee un ancho de 32.80 mts., 200 metros de luz. La vía posee seis canales de circulación, tres para cada sentido del tráfico, separados por una berma central.

El puente Balta.- Une Barrios Altos con el Rímac por el jirón Andahuaylas y con el jirón Amazonas, este puente es de construcción antigua y su estructura es de acero, su ancho es de aproximadamente 8 mts. actualmente sirve al tráfico solo en el sentido Sur-Norte.

El puente Ricardo Palma.- Une Lima con el Rímac, sirviendo a la Avenida Abancay, avenida de ocho canales de circulación. El puente es de forma parabólica y cuenta con seis canales de circulación, una berma central y veredas peatonales laterales. Su ancho es de 26 m.

Puente de Piedra.- Es el puente más antiguo de Lima, construido en 1608 por orden del Marqués de Montesclaros. Este puen-

te es de piedra como su nombre lo indica, posee tres pilares de piedra de forma ovalada y los tramos son en forma de arco, su ancho es de aproximadamente 12 metros, une el centro de Lima, altura del Palacio de Gobierno, con la zona más comercial del distrito del Rímac, como es el jirón Trujillo.

El puente Santa Rosa.- De características similares del puente Ricardo Palma, une Lima con el Rímac por intermedio de la Av. Tacna.

El puente del Ejército.- Es de concreto pretensado, es de un solo tramo, su forma es parabólica, cuenta con seis canales de circulación separados por una berma central de un metro de ancho, posee además veredas laterales para peatones, su ancho es de 26.00 mts. Es el puente que soporta el mayor tonelaje de tránsito, ya que por ahí transitan los carros que viajan al Norte del país y a los distritos de San Martín de Porras, Comas, Independencia, Carabaylo, Rímac y Cercado de Lima. Cabe anotar que este puente fué reconstruído con el fin de darle mayor fluidez al tránsito.

Puente Dueñas.- Puente que sirve de enlace a la zona industrial de Lima (Av. Argentina) y el distrito de San Martín de Porras (Av. Perú). Cuenta con cuatro canales de circulación separados por una berma central dos a dos. Cuenta además con verededas peatonales. Es un puente de dos tramos, es decir que posee un solo pilar central.

Además tenemos los puentes Morales Duárez, Universitario, que sirven a las Avenidas de su mismo nombre, los puentes Aeropuerto en la Av. Faucett y el puente de la Av. Del Emisor. Los dos primeros en San Martín de Porras y el tercero en el límite del Callao con el distrito antes mencionado y el último en la zona del Callao.

Actualmente, en Lima tenemos un buen número de puentes para cruces a desnivel (By Pass) entre los cuales podemos citar : El By Pass de la Av. Arequipa con la avenida Javier Prado, el de la Plaza Ramón Castilla, el de Tingo María con la Av. Venezuela, todos los que se encuentran cruzando la vía expresa del Paseo de la República, los cuales suman 17 puentes vehiculares y 18 puentes peatonales. La gran mayoría de estos puentes son de construcción moderna, construido de concreto armado pre ó post tensado siguiendo las Normas de la A.A.S.H.O. Normas que son tomadas de E.E.U.U., y que han sido hechas para el estado de California, Estado que está sometido a continuos movimientos telúricos.

Además de los puentes ya mencionados, en Lima Metropolitana existen otros puentes los cuales se encuentran ubicados en las vías de Acceso a Lima y que han sido descritos en el acápite anterior.

Puente Dueñas



Foto No. 21

Obsérvese el desmónte y la basura acumulada en el tramo de la margen derecha del río, causa principal del problema surgido.

Foto No. 22

Socavación del cauce, llegando a comprometer la cimentación del estribo (izq.), del muro de contención y del pilar central.



Foto No. 23

Se observa los trabajos de emergencia ya iniciados, consistente en limpieza del tramo derecho, después se hará el desvío del río hacia la margen derecha, trabajos de enrocado y relleno del cauce socavado



PUENTE DEL EJERCITO

Foto No. 24



Super Estructura

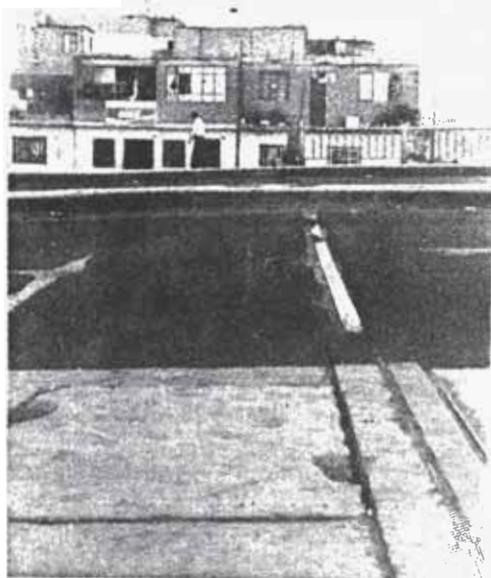


Foto No. 25

Acceso de la margen derecha del río

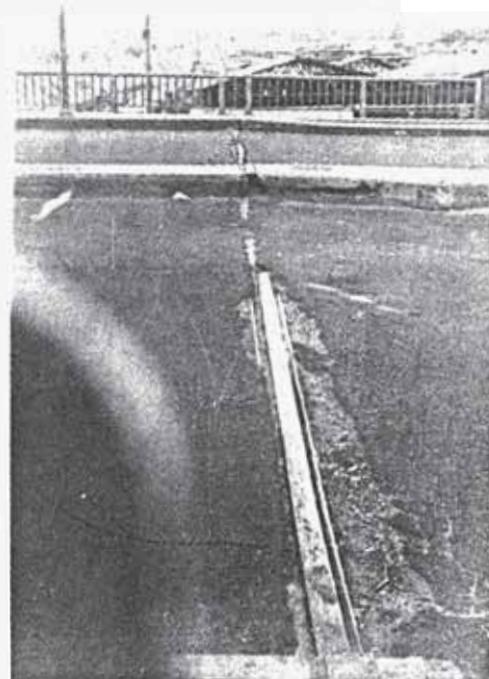


Foto No. 26

Acceso Izquierdo

Obsérvese los asentamientos diferenciales entre material del relleno de acceso al puente y el del puente mismo.

EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO SISMICO DE PUENTES EXISTENTES

Keizaburo Kubo y Tsuneo Katayama, son los autores de este método que se describe a continuación :

SINOPSIS.- Análisis estadísticos se realizaron sobre los daños sísmicos ocurridos en puentes de diferentes características. Basado en los resultados así obtenidos, un simple criterio fué propuesto para la evaluación del comportamiento sísmico de los puentes existentes.

METODO.- Treinta puentes dañados en diferentes grados en el terremoto de Kanto en 1923, el de Fukui en 1948 y el de Niigata en 1964, fueron seleccionados como muestras. Catorce puentes quedaron como colapsados (acá se incluyó cinco que casi colapsaron), algunos tuvieron tramos que se cayeron de sus apoyos, mientras que el resto quedaron dañados pero no colapsaron. El grado de daño fué evaluado por los resultados obtenidos en los reconocimientos posteriores a los terremotos. De acuerdo al reportaje de daños un valor numérico le fué asignado. Así se asignó el grado de daño de la muestra y por la letra A_i . Los valores de A_i varían de 2 a 5 en los puentes colapsados y de 0.8 a 1.5 para el resto.

Luego, ítems característicos de las propiedades de un puente, que fué identificada como factor de influencia en el grado de daño.

Después de un severo análisis preliminar, un total de 9 ítems fueron seleccionados. Estos ítems se encuentran en la primera columna de la tabla 1. Cada ítem está dividido en dos ó tres categorías. La selección de las categorías fueron inevitablemente afectadas por las características de las muestras usadas para el análisis. Por ejemplo, muestras no incluidas fueron las que no presentaron daños y estas estaban construídas en el suelo tipo I, el cual es definido como suelos terciarios ó rocas viejas y densas con una capa delgada de estratos diluviales.

Por ser dos de las muestras del tipo de estructura de arco y el resto del tipo viga simple (losa) ó vigas cantilever, existen solo dos categorías en el ítem 3. Como se muestra en la tabla 1, hay un total de 22 categorías para 9 ítems.

Definida una variable X_{ijk} correspondiente a la categoría k del ítem j de la muestra i. Esta variable toma un valor igual a 1 (uno). Si las propiedades de la muestra i corresponde a la categoría k para el ítem j, y 0 (cero) en otros casos. En otras palabras, aunque hay 22 variables por cada muestra, solo 9 de ellos tienen valor 1 y el resto tiene el valor cero. Designamos un coeficiente de peso para la categoría k en el ítem j por la letra W_{jk} , y consideramos :

$$\alpha_i = \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 W_{jk} X_{ijk} \quad (1)$$

Se asumió que, si valores apropiados fueron determinados para

el coeficiente de peso W_{jk} , la ecuación (1) nos dá una estimación de grado de daño que se produciría en un puente con las características definidas por un set ó juego de variables X_{ijk} . Los valores de W_{ij} son aproximadamente los valores determinantes para el cálculo de el grado de daños X'_{is} , así las treinta muestras coinciden con los grados de daños asignados por A'_{is} .

Reemplazando X_i por A_i y tomando logaritmos en ambos lados de la ecuación (1) se produce un juego de ecuaciones lineales simultaneas con incógnitas $\log W_{jk}$. Por tanto, el procedimiento de solución es esencialmente similar al de solución por mínimos cuadrados de ecuaciones lineales simultaneas, excepto por el hecho que las variables X_{ijk} estan sujetas a la siguiente relación:

$$\sum_{k=1}^m X_{ijk} = 1 \quad (2)$$

Donde m es el número de categorías en el ítem j , siendo $m = 2$ ó 3 en el presente análisis.

RESULTADOS.

Los valores de los coeficientes de peso determinado por el método antes descrito están mostrados en la tabla 1. En vista que el número de muestras no fué suficiente y la calidad de estas parecen más bien predispuestas, los resultados de la tabla 1 muestran varias tendencias hacia resultados contradictorios que un ingeniero especialista en sismología ordinario, po

dría esperar basado en su experiencia. Sin embargo las condiciones del suelo van de malos a peores en los tipos II a IV, el coeficiente de peso para el tipo III (1.86) es mayor que el tipo IV (1.60). Tal incongruencia es también vista para las categorías del ítem 5. Por tanto si un criterio es derivado de estos resultados estadísticos, es necesario modificarlos ó afinarlos de acuerdo a la experiencia y el juicio ingenieril.

En la última columna de la tabla 1 está mostrado los rangos de los coeficientes de peso para los nueve ítem. El rango de cada ítem está definido como la relación del máximo coeficiente de peso al mínimo en el ítem bajo consideración. El mayor valor del rango de un ítem es lo que define a este ítem como el que tiene más importancia en los efectos de los grados de daños sísmicos de puentes.

Está visto que el tipo de superestructura, severidad del movimiento de la tierra, el potencial de licuefacción, y las condiciones del suelo del sitio son los más importantes factores para el comportamiento sísmico de las estructuras de los puentes.

La figura N° 3 muestra la correlación entre el asignado y el calculado grado de daño sísmico. Con unas pequeñas excepciones el valor calculado ó estimado es aproximadamente $\pm 30\%$ del valor asignado para el grado de daños.

CRITERIO

Para tener un criterio para la evaluación del comportamiento sísmico de los puentes existentes, en general se tomará en cuenta lo siguiente:

1.- Un valor será asignado para el coeficiente de peso, según el tipo de suelo.

Tipo I Suelo de roca, estratos diluviales gruesos, con glomerados.

Tipo II Estratos aluviales, los que son muy comunes en el Japón.

Tipo III Suelos blandos.

Tipo IV Suelos blandos y débiles.

2.- Un valor debe ser asignado para el coeficiente de peso en puentes de tramos continuos.

3.- Será asignado un valor del coeficiente de peso para los puentes en los cuales se ha tomado especial cuidado para prevenir la caída de las vigas ó tramos de sus apoyos.

4.- El ancho de la cresta de la subestructura será considerado en relación con las luces de los tramos. Las especificaciones para el diseño de puentes carreteros resistentes a sísmos (Japan Road Association 1971) provee la longitud mínima S (cm), entre el fin del apoyo y el eje de la cresta de la subestructura como:

$$S = 20 + 0.5 L \quad \text{para} \quad L \leq 100$$

$$S = 30 + 0.4 L \quad \text{para} \quad L \geq 100$$

Donde L es la longitud del tramo en metros.

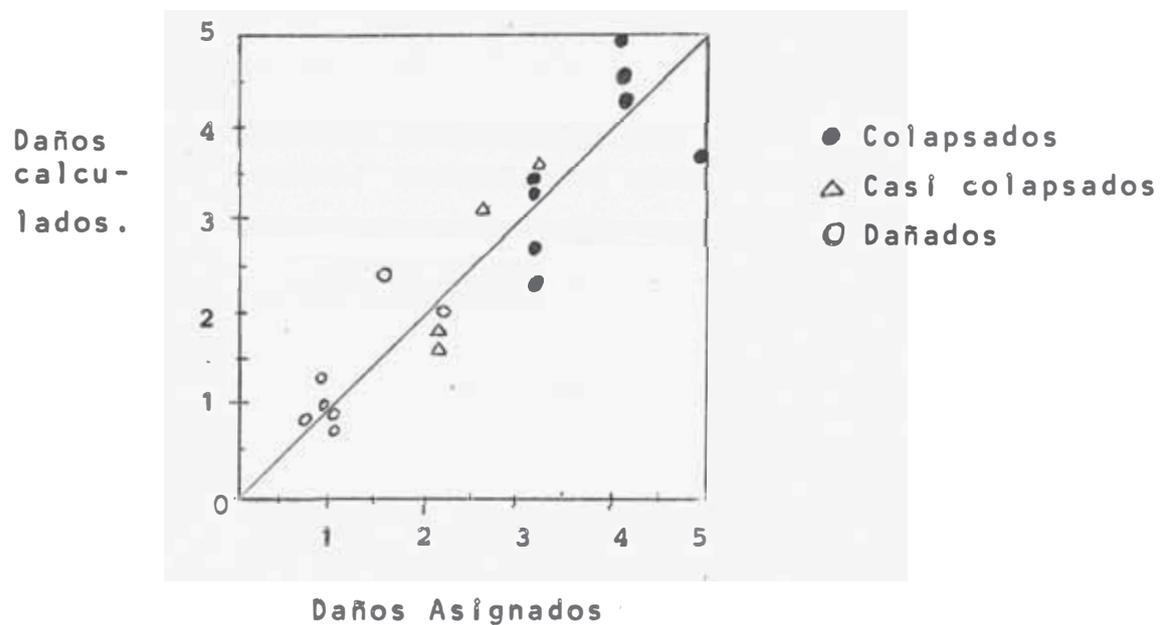
- 5.- A pesar del efecto de los materiales usados para los estribos, ó pilares no fué tomada en cuenta para las muestras usadas (no fué incluido en el análisis final mostrado en la tabla 1) este ítem deberá ser incluido en el criterio, el cual será usado tanto para los viejos como nuevos puentes existentes.

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente y el juicio ingenieril práctico basado en la experiencia, otro criterio tentativo es propuesto en la tabla 2. La adecuación de los coeficientes de peso en los ítem " Tipo de superestructura," "Tipo de apoyo", "número de tramos", y "ancho de la cresta de la subestructura", fué examinado por comparación del orden relativo de seguridad sísmica obtenido por el criterio para varios tipos de puentes teniendo combinaciones prácticas de categorías en estos ítem . El resultado no se muestra aquí pero fueron bastante satisfactorios. Entonces este criterio fué aplicado para las treinta muestras originalmente usadas y se encontró que los puentes colapsados durante los terremotos pasados valores de los producidos por los diez coeficientes mayores de treinta para la mayoría de los casos. Por tanto se

se propone aquí que si el producto obtenido considerando el criterio mostrado en la tabla 2 es mayor que 30, el puente debe ser considerado absolutamente vulnerable a los efectos sísmicos y la posibilidad de que sus vigas caigan de sus soportes es relativamente alta.

Es necesario acotar que éste simple método debe ser usado para la evaluación preliminar del comportamiento. Análisis más rigurosos y complicados deberán realizarse para aquellos puentes cuya resistencia sísmica sea juzgada dudosa por el método simplificando aquí presentado.

FIGURA N° 3



Correlación entre los daños asignados y los calculados

TABLA 1.- Resultados de los análisis Estadísticos.

ITEM		CATEGORIA		COEF.de PESO	RANGO
j	Nombre	k	Nombre		
1	Condición del suelo	1	Tipo II	1	1.86
		2	Tipo III	1.86	
		3	Tipo IV	1.60	
2	Potencial de licuefacción	1	Ninguna	1	2.01
		2	Alta	2.01	
3	Tipo de superestructura	1	Arco	1	3.00
		2	Simple ó cantilever	3.00	
4	Tipo de apoyo	1	Ordinario	1	1.15
		2	Ambos apoyos en un estribo móvil		
5	Max. altura de los pilares ó estribos	1	Menor que 5 m	1	1.72
		2	Entre 5 y 10m	1.72	
		3	Mayor que 10m	1.68	
6	Número de tramos	1	Uno	1	1.75
		2	Dos ó más	1.75	
7	Ancho de la cresta de la subestructu.	1	Menor o igual a 1.4 m	1	1.25
			Mayor que 1.4 m.	1.25	
8	Intensidad del sismo en la escala M.M.	1	IX	1	2.64
		2	X	2.41	
		3	XI ó más	2.64	
9	Cimentación	1	Pilotes Bent	0.15	1.36
		2	Pilote de cimen.	0.11	
		3	Columnas en un pilar independien	0.11	

TABLA 2.-

ITEM	CATEGORIA	FACTOR de PESO	OBSERVACIONES
Condiciones del suelo	Tipo I	0.5	Clasificación de suelos como lo especifica SERDHB
	Tipo II	1.0	
	Tipo III	1.5	
	Tipo IV	1.8	

Potencial de licuefacción	Ninguna	1.0	Clasificación de suelos como lo especifica SERDHB
	Moderada	1.5	
	Alta	2.0	
Tipo de super-estructura	Arco ó tramo rígido	1.0	
	Viga continua	2.0	
	Simple ó cantilever	3.0	
Tipo de apoyo	Con dispositivos antisísmicos	0.6	
	Ordinario	1.0	
	Ambos en apoyos móviles	1.15	
Max. altura de los estribos ó pilares	Menor que 5 m	1.0	
	Entre 5 y 10	Interp. lineal	
	Mayor que 10	1.7	
Número de tramos	Uno	1.0	En vigas continuas se considera como de un solo tramo.
	Dos ó más	1.75	
Ancho de la cresta de la subestr. y largo de junta suspendida.	A/S 1	0.8	A=Longitud entre el fin de la conexión y borde de la subestr.
	A/S 1	1.2	
	D 1	0.8	D=A/60 (suelos I a III)
	D 1	1.2	D=A/70 (suelo IV)
Magnitud del sísmo. esc.M.M.	IX	1.0	
	X	2.4	
	XI ó más	3.5	
Cimentación	Otros mejores que pilotes bent. (circ).	1.0	1.4 es usado para las cimentaciones débiles como pilotes de fricc.
	Pilotes bent	1.4	
Material de los estribos ó pilares	Mampostería ó concreto simple	1.4	
	Otros materiales mejores.	1.0	

SERDHB = Especifications for Earthquake-Resistant Design of Highway Bridges (Japan Road Association, 1971).

DAÑOS OCURRIDOS EN PUENTES POR EFECTOS DE SISMOS

Con el objeto de poder realizar un estudio comparativo en el comportamiento de los puentes existentes en Lima metropolitana, describimos aquí los daños que han sufrido puentes en sismos ocurridos anteriormente.

Sismo de Kanto, 1923

Un sismo severo ocurrió cerca a Kanto, 10 Km al sur de las costas de Kanto, que incluye a Tokio, Yokohama y otras importantes ciudades de la parte central del Japón, el 1ro de Setiembre de 1923. Fué la primera arremetida sobre modernas vías de transporte de Japón. El sismo tuvo una magnitud de 7.9 en la escala de Richter. Daños sustanciales a estructuras de puentes y a otras estructuras de ingeniería se produjeron a lo largo del sur de Kanto, en Tokio, Yokohama y en la vecindad del epicentro.

Nombre del sismo	: Sismo de Kanto
Fecha	: 1ro de Setiembre
Epícentro	: Al sur de Kanto
Prof. del Hipo-	
centro	: 0 - 20
Magnitud	: 7.9 Escala de Richter

Puente Banyu

El puente estaba bajo construcción de la infraestructura al momento del sismo. Ambos estribos, ya terminados cuando ocu

rrio el sismo, eran estructuras de concreto armado tipo gravedad con pilotes por cimentación, los pilares eran pórticos rígidos de concreto armado con caissons por cimentación. De 53 pilares, únicamente 6 habían sido construídos cerca del extremo izquierdo y al igual, para los 50 pilares restantes se realizaron cimentación por caissons. La superestructura de 57 tramos de concreto armado de vigas simples tipo T de una longitud total de 620 m (longitud total 57×10.9 m) y un ancho de 7.3 m., no estaba construída en ese entonces.

Debido al sismo la infraestructura sufrió daños severos. El estribo derecho giró cerca de 12° hacia el centro del río. Y el estribo izquierdo giró 4° hacia el centro del río. Fallas graves tuvieron lugar en las vigas horizontales de los pilares. Los efectos del insuficiente endurecimiento del concreto debió ser considerado en los daños. Movimientos fuertes y fluctuantes se observaron en varios caissons. En vista del comportamiento de la cimentación de indicó que la licuefacción del suelo tuvo lugar en esa área.

Puente Hayakawa

Este puente fué construído en 1917, ubicado a 15 Kms. al oeste del epicentro. Los estribos y pilares eran de concreto simple con piedra mediana y soportados por caissons en estratos de gravas. La superestructura, tenía una longitud de 82 mt. (6×13.6 m) y un ancho de 5 m., los seis tramos eran vigas

simples de concreto armado tipo T.

Se observaron varios daños, fallas de vigas, tan igual como en otras partes. El estribo norte tenía grietas en la albañilería y algunas fallas en la esquina superior, el estribo sur no fué dañado significativamente. Cuatro pilares, excepto uno, el central, sufrieron daños, grietas en el lado de aguas abajo. Los pilares situados al sur fueron empujados al norte, debido a las fallas de las vigas que ocasionaron inclinaciones y graves grietas en la mampostería.

El máximo asentamiento fué de cerca de 50 cms. en las tres vigas del extremo sur. El puente que tenía una luz libre de 13.6 m. en cada tramo, era uno de los puentes mas largos de aquellos tiempos.

Puente Takahata

Esta ubicado a 53 Km. al norte del epicentro. La máxima aceleración en el lugar se estimó en 0.2 g., mucho menor que en los lugares descritos anteriormente. El estrato era de arcilla dura, sin embargo en la ribera derecha había suelo blando. Ambos estribos eran de gravedad. Los pilares eran pórticos rígidos de concreto armado (3 columnas 1 viga) la superestructura tenía una longitud de 115 metros (7.5 + 11 x 9.1 + 7.5) y un ancho de 5.5 eran trece tramos de vigas simples de acero tipo I.

Se observaron severos daños en el estribo de la ribera

derecha y en dos pilares. El estribo derecho se movió hacia el centro del río por la acción de la presión sísmica y sufrió fuertes daños debido al golpe con la superestructura. No se observaron daños de gravedad en el estribo izquierdo. La mayoría de los pilares no sufrieron daños graves, excepto dos pilares. El cuarto y quinto pilar de la derecha, sufrieron graves daños, cerca a la junta superior de la columna central de tres columnas, probablemente debido al gran momento flector ejercido por la superestructura. En la superestructura no se observó daños.

Sismo de Nankai de 1946

Un gran sismo ocurrió a 60 Km. de la Isla de Honshu, el 22 de Diciembre de 1946. La magnitud del sismo fué de 8.1 esc. Richter. Es uno de los sismos más fuertes registrados en el Japón. La siguiente descripción es un resumen de los daños sísmicos en estructuras de puentes.

Nombre del sismo	: Nankai
Fecha	: 22/XII/46
Epícentro	: Isla de Honshu
Hípicentro	: 30 Km.
Magnitud	: 8.1 esc. Richter.

Puente Kumano

El puente, construido en marzo de 1935, estaba ubicado cerca a 90 Km. del epicentro. La máxima aceleración fué estimada en 0.2 g más ó menos. El suelo era extracto de grava con

piedras medianas. Los estribos eran tipo gravedad en forma U, las dimensiones eran 15 m en la dirección transversal, 5 y 2.3 mts. en la dirección longitudinal en la base y en la cresta respectivamente y 10 metros de altura. Los pilares eran de sección elíptica de concreto armado cimentados por caissons. La superestructura tenía una longitud total de 418.5 mts. comprendía 3 tramos principales (de 54 m c/u más 6 tramos secundarios (de 41.4 m) y un ancho de 6 m. siendo la armadura de acero tipo warren.

Debido al sismo el puente sufrió daños moderados en los apoyos. No se observó daños estructurales en las infraestructuras. El ala de rivera derecha se ensanchó cerca de 20 cms. el máximo asentamiento en los accesos fue de 30 cms. Como resultado del movimiento, el mortero y el concreto cerca del apoyo de la infraestructura fue agrietado por compresión.

Puente Shimanto

Estaba ubicado a 250 Km. al oeste del epicentro. Los estribos y pilares eran de concreto armado. La superestructura tenía una longitud total de 438 mts. y un ancho de 5.5m., comprendía 8 tramos principales de 46.05 m. c/tramo, tipo warren, y 6 tramos secundarios de 11.6 m., vigas de concreto armado.

Debido al sismo el puente sufrió severos daños. El estribo de la ribera derecha tenía grandes grietas en el parapeto, y el ala falló en lado de aguas abajo. Los pilares, los cuales

soportaban las armaduras de acero, sufrieron fuertes daños debido a la influencia de las fallas en las armaduras, más no a los efectos directos del sismo. Sin embargo, los pilares que soportaban las vigas de concreto armado tenían grietas debido a efectos directos.

Sismo de Fukui de 1948

Un severo sismo ocurrió alrededor de la provincia de Fukui el 28 de Junio de 1948, cuya magnitud fué de 7.3 esc. Richter, debido a que el epicentro estuvo cerca a la ciudad, se produjeron serios daños en dicha provincia. El sismo de Fukui es uno de los sismos que más daños ha causado a las estructuras de ingeniería en Japón La siguiente descripción es un resumen de los daños sísmicos a estructuras de puentes.

Puente Nakazuno

El puente construido en 1932, estaba ubicado a 80 Km. al sur del epicentro, y la máxima aceleración en el área fué estimada en 0.6 g. los estribos eran estructuras de concreto armado cimentados tipo gravedad cimentados en pilotes y los trece pilares eran columnas de concreto armado cimentados en pilotes ó caissons. La superestructura tenía una longitud total de 227 mts. y un ancho de 5.5 mts. eran de 14 tramos de vigas de acero de 18.4 m. c/u.

Debido al sismo se observaron daños en la superestructura e infraestructura. El estribo de la rivera derecha se incli

nó hacia el centro del río. El 1er y 2do pilar de la ribera izquierda no sufrió daños importantes. Del 3er al 7mo., 9no. y 10mo pilar giraron hacia la ribera izquierda, produciéndose grandes grietas en las conexiones entre las columnas y los caissons, comprometiendo los esfuerzos en las conexiones. También se observó graves grietas en las conexiones entre las columnas y las vigas en la cima de los pilares. El 8vo y 10mo pilar se voltearon completamente hacia la orilla izquierda debido a las fracturas en las conexiones entre columnas y caissons, el 12vo y 13vo pilar giraron hacia la orilla derecha, sufriendo graves daños en las conexiones entre columnas y vigas.

Diez de los 14 tramos cayeron dentro del río. Está sobre entendido que las fallas en la superestructura fué causado por las fallas en las infraestructuras.

Puente Nagoya

El puente estaba muy cerca al epicentro (cerca a 2Km. al norte del epicentro), y la máxima aceleración fué estimada entre 0.5 g 0.6 g. de dicha área.

Los estribos eran estructuras de concreto y los siete pilares eran pórticos rígidos de concreto armado (dos columnas y una viga). La superestructura de una longitud total de 58.5 metros y un ancho de 4 metros, esperan 8 tramos de vigas de acero tipo I (4 x 6 metros + 3 x 9.5 metros + 6 metros). Los apoyos de soporte eran de tipo deslizante con 2 planchas de acero.

Graves grietas se observaron en las conexiones vigas-columnas del 4to al 7mo pilar. Cada tramo se movió drásticamente hacia abajo debido al asentamiento de los pilares.

Puente Shioya

El puente estaba ubicado cerca a la desembocadura del río Daishoji, en la provincia de Ishikawa, cercano a 15 Km. al norte del epicentro. La máxima aceleración fué estimada en 0.5 g. en dicha zona.

Los estribos eran estructuras de concreto, y los siete pilares eran pórticos rígidos de concreto armado (3 columnas y una viga). La superestructura, tenía una longitud total de 86 metros y un ancho de 4.5 metros, con 8 vigas de acero tipo I (longitud total 8 x 10.75 metros).

Debido al sismo, se observaron daños moderados en la infraestructura. El estribo izquierdo giró libremente y tenía una grieta a todo lo largo de la junta de construcción, la cual estaba a 2 metros más abajo de la cresta del estribo. Los pernos de enclaje se movieron cerca de 40 cms. en la ribera izquierda. El estribo derecho también giró libremente. Se produjo un máximo asentamiento de 25 cm. en el 2do. pilar de la ribera derecha.

Puente Segoshi

Estaba ubicado a 15 Km. al norte del epicentro, y cruza

ba el río Daishoji. La máxima aceleración fué estimada en 0.5 g.

Los estribos eran estructuras de concreto armado y los siete pilares eran estructuras tipo losa-sólida. La superestructura tenía una longitud de 87.2 metros y un ancho de 3.3 metros con 8 tramos de vigas de acero tipo I (8.5 metros + 6 x 11.4 metros + 10.3 metros).

Debido al sismo se produjeron daños en la superestructura é infraestructura. Ambos estribos giraron hacia el centro del río, lo cual fué causado por el deslizamiento del relleno. graves grietas se observaron en el parapeto y alas del estribo. Todos los pilares se asentaron el máximo asentamiento fué de 50 cm. en el 4to pilar. Las vigas principales de acero tipo I se deformaron debido a la torsión y a las fuerzas flexionantes.

Puente Itagaki

El puente fué construido en 1933, ubicado cerca a 10Km al sur del epicentro, cruzaba el río Ashiba en la provincia de Fukui. La aceleración máxima fué estimada en 0.6 g., Observándose daños debido al volteo y desprendimiento de piedras en dicha área. El suelo estaba formado por estrato de grava.

Los estribos eran estructuras de concreto armado tipo gravedad y los doce pilares eran pórticos rígidos de concre-

to armado (dos columnas y una viga) cimentados en caissons. La superestructura tenía una longitud de 156 metros y un ancho de 4.5 metros, eran 13 tramos de vigas de concreto armado tipo T (13 x 12 metros) debido a la magnitud del sismo se produjeron graves daños en la superestructura e infraestructura. Ambos estribos tenían graves grietas en el parapeto y en el ala, el ala de la ribera izquierda, causado por la falla en las conexiones entre las columnas y los caissons y también debido al giro de los caissons. Ocho de los trece tramos fallaron dentro del río debido a la falla de los pilares. Aún aquellos tramos que no fallaron, se movieron fuertemente sufriendo severos daños en las vigas principales y en la losa.

Puente Benten

Este puente estaba ubicado cerca a 18 Km. al norte del epicentro y cruzaba un tributario del río Daishoji. La máxima aceleración fue estimada en 0.4 g. en dicha zona.

Los estribos eran estructuras de concreto y los pilares eran pórticos rígidos de concreto armado (4 columnas y 3 vigas). La superestructura tenía una longitud de 50.3 metros y un ancho de 3.3 metros, eran 6 tramos de vigas de acero tipo I (longitud total, 2 x 6 metros + 3 x 10 metros + 8.3 metros)

Debido al sismo el puente sufrió severos daños. El es

tribo de la ribera derecha giró hacia el centro del río. Las alas de ambos estribos colapsaron. El 2do. pilar de la ribera izquierda se deforma bastante debido a la falla del 3er tramo. El tercer tramo se volcó completamente en el río. El 4to. y 5to. pilar giraron hacia la ribera izquierda cerca de 20° y 3° respectivamente.

Puente Koroba

Este puente también cruzaba un tributario del río Daishoji, en la provincia de Ishikawa, cerca a 18 Km. al norte del epicentro. La máxima aceleración fué estimada en 0.4 g. cerca al puente. Los estribos eran estructuras de concreto, y los dos pilares eran pórticos rígidos de concreto armado (3 columnas y vigas en la parte superior é inferior). La superestructura tenía una longitud de 36 metros y un ancho de 3.65 metros, eran tramos de viga de concreto armado tipo T (3 x 12 metros).

Debido al sismo el puente también sufrió severos daños, el ala de ambos estribos sufrió graves grietas. El 1er. pilar de la ribera izquierda tenía una grieta grande (ancho de 15 cm.) en la viga inferior. Fuertes fallas de compresión se observaron puntos ubicados a 1 m. debajo de la cresta del pilar, comprometiendo los esfuerzos. La columna aguas arriba tenía una falla a la mitad de la altura y comprometían al esfuerzo. Otra grieta se observó en la junta de construcción

entre la columna central y la viga de superior.

La superestructura sufrió graves grietas en la parte central de las vigas principales. Los daños de las vigas fueron muy severos entre los daños causados por los efectos directos de vibración del sismo sobre la superestructura del puente.

Las principales características de daños a puentes de autopistas debido al sismo de Fukui se pueden puntualizar en:

Los daños fueron comunmente observados en la infraestructura. Los daños a la superestructura fué principalmente causado por efectos secundarios de fallas en otras partes tales como los efectos de severos golpes debido al volteo ó falla de la infraestructura. El grado de los daños en la superestructura no fué severo. Hubo únicamente un puente (puente Koroba) el cual sufrió daños sustanciales en la superestructura, indudablemente causado por los efectos directos debido a la excitación del sismo. Los aspectos de daños a las partes individuales de un puente son registrados a continuación:

a) Daños a Estribos.

Asentamiento, giro (generalmente girando hacia el río), deslizamiento, falla en el ala del estribo, asentamiento de vías de acceso, agrietamientos

(generalmente grietas horizontales sobre las alas y en la parte frontal de los estribos).

b) Daños de Pilares.

Asentamiento, giro, volteo, agrietamiento.

c) Daños a la Superestructura.

(1) Fallas de apoyos portantes

Deformación de los pernos de anclaje, dislocamiento de los pernos de anclaje de la cima de los estribos ó pilares, movimiento de vigas debido a la falla de los apoyos de rodillo.

(2) Daños a vigas principales.

Agrietamiento ó falla de compresión en los extremos de las vigas principales (generalmente en vigas de concreto armado) debido a la colisión con los muros de los estribos.

d) Otros daños significantes.

Agrietamiento ó falla de las juntas de construcción en los puentes de concreto, daños debido a la falta de refuerzos en los puentes de concreto armado y a la baja calidad del concreto.

Sismo de Niigata de 1964.

El sismo de Niigata, de magnitud 7.5 en escala

Richter, ocurrió en la parte Nor-Este de la Isla Honshu, el Junio de 1964. El epicentro estuvo en el mar cerca a la Isla Awashima a 55 Km. al norte de la ciudad de Niigata. Las principales características del sismo son:

Nombre del sismo	: Sismo de Niigata
Fecha	: 16 de Junio 1964
Epicentro	: Isla Awashima
Profundidad del hipocentro	: 20 - 30 Km.
Magnitud	: 7.5 Esc.de Richter

Daños severos fueron causados en los terrenos aluviales, cerca de los ríos Shinano a Agano en la ciudad de Niigata. Especialmente en el área a las montañas del río Shinano, donde existían estratos de arena suelta con alto contenido de humedad, y construcciones de concreto armado, puentes de autopistas y otras estructuras, las cuales sufrieron daños considerables debido al fenómeno de licuefacción del suelo.

Dos tipos de acelerógrafos para movimientos fuertes, instalados en la cimentación y en el techo de los edificios dañados, obtubieron registros de aceleraciones completos del basamento cerca a 0.15 g. (un periodo de cerca a 2 segundos) horizontalmente y cerca a 0.05 g. (un periodo cercano a los 0.3 segundos) verticalmente.

Las siguientes son las descripciones de los daños a

puentes principales, las cuales sufrieron daños sustanciales

Puente Bandai

Este puente construido en 1949, cruza el río Shinano en la ciudad de Niigata, a 54 Km. al sur del epicentro. La máxima aceleración cerca al basamento fue de 0.15 g. horizontalmente y de 0.05 g. verticalmente.

Las condiciones del terreno son de suelo arenoso. Los estribos son estructuras de concreto armado con pilotes de madera, y los pilares son estructuras sólidas de concreto armado con caissons por cimentación. La superestructura son 8 estructuras en arco continuos para los tramos principales. La longitud total es de 309 metros igual a, 2 (17.1 metros + 43.6 metros + 46.0 metros + 46.9 metros) y un ancho de 21.8 metros.

Debido al sismo el puente sufrió severos daños. Ambos estribos se asentaron considerablemente (1.4 metros el izquierdo 0.4 metros de derecho) girando levemente hacia el centro del río, los muros de contención también se asentaron considerablemente. La unión estribo-ala se movió relativamente del cuerpo central.

También se produjo el asentamiento de dos pilares (30 cm. y 15 cm.) Fuertes deformaciones y graves grietas se

produjeron a los extremos de los tramos debido al asentamiento de la infraestructura. Para los seis tramos continuos se observó una reflexión menor de 1 cm. y graves grietas en los puentes medios.

Puente Yachiyo

El puente Yachiyo construido en 1962, está ubicado a 55 Km. al sur del epicentro y también cruza el río Shinano, en un punto entre el puente bandei y el puente Showa. Los terrenos son de suelo arenoso.

Los estribos son estructuras de concreto armado tipo losa-sólida, ambos con cimentación de pilotes. La superestructura son 4 vigas laterales simples de concreto pretensado y 10 vigas interiores de acero. La longitud del puente es de 307.4 metros (2×7.48 metros + 10×27.5 metros + 2×8.72 metros) y un ancho de 8 metros.

Debido al sismo el puente también sufrió serios daños. Ambos estribos se movieron hacia el centro del río y giraron hacia la dirección opuesta. El 1er., 2do., 12vo. y 13vo. pilares laterales de concreto pretensado se movieron hacia el centro del río (el máximo fue de 1.1 metro en el 2do. pilar) debido al movimiento del terreno y giraron hacia el lado opuesto debido a la resistencia de las vigas, El 2do. y el 12vo. pilar resultaron seriamente agrietados.

La longitud total de la superestructura del puente fué disminuído en 40 cm. debido al deslizamiento de tierra (junto con la infraestructura) hacia el centro del río. Las vigas las cuales estaban soportadas por el 2do., 4to., 9no. y 12vo pilares se movieron extensamente sufriendo severos daños.

Puente Fujimura

Este puente, construído en 1933, cruzó el río Ochibori en la provincia de Niigata, 28 Km. al noreste del epicentro. Es uno de los puentes que estuvo más cerca al epicentro.

Los estribos son de concreto armado tipo gravedad con amplias cimentaciones. y los tres pilares eran pórticos rígidos de concreto armado cimentado en caissons. La superestructura tenía una longitud de 33 m. y un ancho de 3.7m. son 4 tramos de vigas simples tipo T de concreto armado.

Debido al sismo el puente sufrió serios daños. Los estribos se desplazaron, asentaron, giraron y se agrietaron gravemente. Las vigas principales también se agrietaron seriamente. Un trabajo completo de reparación fué necesario.

Puente Kosudo

El puente, construído en Diciembre de 1963, cruza el río Shinano en la ciudad de Nakakanbara, provincia de Niigata

ta, a 72 Km. al sur del epicentro. Las condiciones del terreno son de sedimento de arcilla, la cual es más fina que el suelo de Niigata.

Los estribos y pilares son estructuras de concreto armado tipo losa-sólida cimentado con caisson (una sección recta de 4.6 metros por 12.2 metros y una profundidad de 13 metros) Warren, la longitud total es 189 metros (3 x 62.9 - metros) y un ancho de 4 metros.

Debido al sismo el puente sufrió daños moderados. Toda la infraestructura se asentó con el movimiento horizontal. La medida de los asentamientos del estribo de la ribera izquierda, el primer pilar, el segundo pilar y el estribo de la ribera derecha fueron 25 cm., 75cm., 10 cm., y 7cm. respectivamente. Se observaron agrietamientos leves en el estribo derecho. No obstante la superestructura sufrió leves daños en la baranda, las juntas de expansión y los apoyos debido al asentamiento de la infraestructura.

RESUMEN

El sismo de Niigata puede caracterizarse por el efecto de extensos estudios en el campo de los daños estructurados para aclarar los daños sísmicos a varias estructuras y tipos de suelos. Para el análisis dinámico de algunos puentes colgantes, los registros de aceleraciones obtenidas du

rante el sismo fueron empleados como datos de entrada.

Un detallado estudio fué realizado para todos los puentes (incluyendo los no dañados) ubicados en ó cerca a la ciudad de Niigata. Como se muestra en la tabla 6.1, hubieran 86 puentes (60%) fueron dañados, y de éstos, 7 fueron severamente dañados, sin embargo 34 puentes (40%) no sufrieron daño alguno. Para los 7 puentes, que fueron severamente dañados, todos ellos eran en la infraestructura. Se observó que la mayoría de los daños a la superestructura fué causado por fallas ó grandes deformaciones de la infraestructura.

La tabla IV indica porcentajes de daños para las partes individuales de la estructura de puentes de autopistas, la tabla contiene número de tramos, estribos y pilares, respectivamente por clasificación en varios tipos de estructuras. De un extenso estudio se concluye que:

- (a) Aunque los daños a puentes se observaron en las provincias de Akita, Niigata y Yamagata, severos daños se concentraron en el área cerca a las montañas del río Shinano y el río Agano, donde las condiciones del suelo eran muy malas.

Tabla III Puentes dañados de acuerdo al tipo de cimentación.

- Sismo de Niigata -

Tipo de cimentación	Total de puentes estudiados	Total de puentes dañados	N° de puentes dañados severamente			
			En la Infrac.	En la Super.de	Capacidad de trpafi.	Total evaluado
Abierta	18.5	10	1.5	0.5	0.5	0.5
Caísson	21.0	13	1.0	1.0	0.5	0.5
Pilotes	56.5	29	4.5	2.5	4.0	2.0
Total	86.0	52	7.0	4.0	5.0	3.0

Tabla IV Porcentajes de daños a las diversas partes de puentes

- Sismo de Niigata -

Tipos de estructuras	N° de estructuras estudiadas	Estructuras dañadas	
		N° de estructuras	Porcentaje
Vigas de acero	168 tramos	19 tramos	11.3%
Vigas de creto. ardo.	22 tramos	33 tramos	14.9%
Vigas de creto. pret.	132 tramos	11 tramos	8.3%
Vigas de madera	88 tramos	8 tramos	10.0%
Total	530 tramos	71 tramos	13.4%
Abiertas	24	4	16.7%
Pilotes	99	19	19.2%
Caíssonnes	29	7	24.0%
Sub-total	152	30	19.7%
Abiertas	40	0	0. %

Pilotes	214	21	9.8%
Caíssonos	180	15	8.3%
Sub-total	444	36	8.1%
Total	596	66	11.1% ⁷

(b) El grado de daños de un modo general fué proporcionado a intensidad, las condiciones del terreno afectaron considerablemente el grado de daños.

(c) No existió significativa discrepancia entre la magnitud de daños para los diversos tipos de puentes de vigas excepto para vigas de madera los cuales sufrieron severos daños. Para la infraestructura, los estribos sufrieron daños más sustanciales que los pilares. Se opina que el relleno de tierra detrás de los estribos tuvieron efectos significativos sobre la estabilidad de los estribos. No existió discrepancia significativa acerca de los daños en la infraestructura con los diversos tipos de cimentación.

(d) Debido a que el suelo arenoso suelto saturado cerca de la superficie del terreno licuefacto y la capacidad portante del terreno disminuyó considerablemente, la infraestructura sufrió severos daños tales como giro, asentamiento ó deslizamiento.

(e) Aunque prevalecieron los daños debido a la licuefac -

ción de suelos arenosos en la ciudad de Niigata, únicamente se observaron daños menores en aquellos puentes que descansaban en cimentaciones profundas ó estratos de suelo arenoso con un valor de N igual a 25 ó más, debido al ensayo de penetración standard.

(f) En la superestructura además de los daños a vigas, se observaron fallas en los apoyos portantes, juntas de expansión y barandas.

(g) Se observó que los daños a la superestructura fueron causados generalmente por las grandes deformaciones de la infraestructura. Las lecciones más importantes de daños a estructuras de puentes debido al sismo de Niigata son:

(1) La licuefacción del suelo arenoso saturado afecta considerablemente la estabilidad de la estructura.

(2) Particular atención debe darse al diseño de detalles, así como a los métodos para prevenir la falla de vigas y detalles estructurales de conexiones.

Sismo de Ebino de 1968.

Un sismo acometió en la ciudad de Ebino, provincia de Miyazaki el 21 de Febrero de 1968. La magnitud del sismo fué acompañado por un previo sacudimiento de magnitud 5.6 el cual sucedió unas dos horas antes del movimiento principal é inclu

sive varios sacudimientos posteriores, uno de ellos (de magnitud 5.5) ocurrió el 22 de Febrero y otro el 25 de Marzo. Una reseña de 1 movimiento principal se dá a continuación:

Nombre	:	Sismo Ebino
Fecha	:	21 de Febrero de 1968
Epícentro	:	Ebino, provincia Miyazaki
Profundidad del epícentro	:	Superficial
Magnitud	:	6.1 Escala de Richter.

En una área limitada (cerca de 10 Km. de diámetro) en la provincia de Miyazaki, donde los terrenos son generalmente depósitos volcánicos ocurrieron varios derrumbes de terraplenes, muchas estructuras de ingeniería civil sufrieron daños moderados.

Puente Kamazawa

Este puente, construído en 1964 está en la ciudad de Ebino, provincia de Miyazaki, y cruza el río Sendai.

Los estribos son estructuras tipo gravedad con cimentación de caissons de concreto armado, y cuatro pilares de concreto armado tipo losa sólida. La superestructura consta de 5 tramos de vigas simples de concreto pretensado. LA longitud total es 131 metros, y un ancho de 3.5 metros.

Debido al sismo, el estribo izquierdo sufrió un fuerte a

grietamiento cerca al nivel del terreno y giró hacia el relleno. El cuarto pilar sufrió leves grietas en la cima del pilar cerca al apoyo. El extremo de la viga falló severamente sobre el estribo izquierdo y el apoyo también falló. La rampa de acceso al puente se asentó cerca de 20 cm. a ambos extremos.

SISMO DE HUARAZ

El 31 de Mayo de 1970, la Zona norte del Perú, principalmente el Departamento de Ancash, sufrió los efectos de un movimiento sísmico que se percibió en una extensión de 350,000 Km² el que, a pesar de estar lejos de ser uno de los de mayor magnitud, aparece como el más destructivo en la historia del Perú y de todo el continente. Las principales características del sismo son:

Nombre	: Sismo de Huaraz
Fecha	: 31 de Mayo de 1970
Epícentro	: 9.4 Grado latitud Sur 79.3 Grado latitud Oeste
Profundidad del hipocentro	: 24-30 Km. entre Chimbote y Casma.
Magnitud	: 7.5 Escala de Richter

Puente Casma

Debido al sismo se produjeron daños en la infraestructu-

ra, uno de los pilares sufrió un asentamiento de aproximadamente 60 cm., colocándose sobre la coronación del pilar una viga metálica.

Puente Ocoña

Uno de los pilares del puente sufrió el asentamiento de 2.14 metros, debido a la falla de los dispositivos de apoyo.

Hay casos que la acción erosiva de las aguas hacen fallar las estructuras. Así por ejemplo:

Puente Sullana

Consta de 6 tramos de 50 metros cada uno, fué suficiente que las épocas de máximas avenida se produzca una acción erosiva lenta, hasta llegar a socavar una profundidad de 8 metros lo que determinó la caída de un estribo, con el consiguiente daño de la superestructura.

Puente Majes

Se produjo una socavación de 12 metros de profundidad produciéndose la caída del pilar, y como consecuencia se vinieron a bajo dos tramos adyacentes a dicho pilar.

En el caso de socavación de pilares, debido a la erosión de las aguas, cuando el puente es en cantilever, se produce el asentamiento del pilar juntamente con la superestructura, pero no se destruye si el asentamiento no es mucho (1.50 m).

Como solución, se adopta el relleno de la base del pilar nuevamente, ó en todo caso aumentar la altura del pilar, previamente se debe frenar la acción erosiva mediante la colocación de mallas de alambre conteniendo pedrones que reducirán la erosión en la base del pilar. Para ello será necesario, a veces destruir la baranda del puente a la altura del pilar, para echar aguas arriba la malla con empedrados. Pero todo dependerá de la posición en que hayan quedado los apoyos (si el balacón que posee en el extremo está en posición recuperable debido al giro, por la caída).

En general, resulta muy importante tomar en cuenta la rigidez de los elementos. Así en el caso de refuerzo del puente Santa, que era una estructura de celosía, fué necesario para aumentar la capacidad portante del puente, eliminar que éste tomará todos los esfuerzos por peso propio, en los elementos de su estructura. Se colocó para ello, cables, cuyas péndolas tomaban unión con los nudos de las celosías, calculándose ellas, de tal modo que también el esfuerzo de los elementos que ocurrían en ese nudo. Así se logró que la estructura dejará de tomar los esfuerzos por peso propio, resultando aumentada la capacidad portante del puente alrededor del 35%. A partir de ese esfuerzo el puente Santa, trabaja como si fuera un puente colgante, con la única diferencia que posee un tablero muy rígido.

FALLAS DE CIMENTACIONES DE PUENTES EN SISMOS

Intensidad sísmica	Nombre de puente y ubicación	Características del puente	Modo de falla
1906 San Francisco X	<u>Pajaro</u> Chittenden, California	Puente de ferrocarril, pilares de albañilería en arcilla esquitosa y arenisca.	1,2,5,6
X	<u>Duncan Mills</u> Costa Norte de San Francisco	Luz de 40 m.	3
IX	<u>Fallons</u> Costa Norte de San Francisco	Armadura de 600 pies de longitud, 70m. de altura sobre pilotes en suelo pantanoso.	
VIII	<u>Lagunitas</u> Cerca Punata Reyes	Armadura sobre pilotes en suelo pantoso.	6
VIII-IX	<u>Salinas</u> Salinas	Armadura de madera sobre pilotes de madera en suelo aluvional.	7
VIII-IX	<u>Watsonville</u> Watsonville	Puente carretero de armadura de madera sobre pilotes de madera en suelo aluvional.	7

Intensidad sísmica	Nombre del puente y ubicación	Características del puente	Modo de falla
1923 Tokyo	<u>Hozue</u> Norte de Tokyo	Puente de madera sobre pilotes en suelo muy suave	2
IX	<u>Old Tone</u> 30 Km. al Norte de Tokyo	Armadura de acero con estribos de la drillo pilotes hasta de 30 pies de longitud, suelo de arena muy fina.	2,4,6,7,8
X	<u>Yamashita</u> Yokohama.	Puente de carreteras, estribo y pilares de albañilería. La cimentación llevada hasta la roca. Ambos bancos de tierra muy suave.	3,7
VIII	<u>Arakawa</u> 10 Km. al Nor-este de la Estación ueno, Tokyo	Armadura de 48 tramos Viga con pilares de albañilería en suelo pantanoso	2,6,8 puente 2,6.
1929 Murchison IX	<u>Matakitaki</u> Murchison, Nueva Zelanda.	Puentes de acero sobre pilares de concreto, sobre pilotes.	3

Intensidad sísmica	Nombre del Puente y ubicación	Características del puente	Modo de falla
VII-VIII	<u>Inangahua</u> 20 millas al Este de Murchison	Pilares de concreto sobre pilotes de con- creto llevados hasta la roca a travez del suelo aluvional.	2
VIII	<u>Karamea</u> 35 millas al Norte de Murchison	Armadura de madera so- bre pilotes llevados a una profundidad de 10 a 15 pies en arci- lla ligeramente com- pactada.	8
1931 Napier IX	<u>Westshors</u> Napier, Nueva Zelandia	Puente de concreto y pilares sobre pilotes de concreto de 25 pies de profundidad sobre cieno marino intercala- do con grava.	2,4,5,6
IX	<u>Redcliffe</u> 5 millas al Sudes- te de Napier	Puente de madera sobre pilotes de madera en una formación de grava so- bre piedra caliza.	2,7
1948 Fukui XI	<u>Kuzuryu</u> 3 millas al Norte de Fukui	Pilares sobre pilotes 18 pies en arcilla blanda.	5,7

Intensidad sísmica	Nombre del puente y ubicación	Características del puente	modo de falla
X	<u>Naruka</u> 7 millas al Nor- este de Fukuri	Puente colgante de ferrocarriles so- bre arcilla blanda.	3
XI	<u>Nakasumo</u> 3 millas al norte de Fukuri	Puente carretera de acero sobre pilares de concreto sobre pilotes en arcilla blanda.	3,7
1952 Hokkaido VII-IX	<u>Hamaatsuna</u> 12 millas al Este de Tomakomae	Armadura de madera sobre pilotes de concreto, suelo alu- vional.	2,7,8
VII-IX	<u>Irishikabetsu</u> 11.5 millas al Es- te de Tomakomae	Armadura de madera sobre pilotes, el suelo turba y alu- vional.	2
VII-IX	<u>Ainu-Name</u> 11 millas al este de Tomakomae	Puente carretero de madera en suelo alu- vional.	2,8

MODOS DE FALLA DE CIMENTACIONES DE PUENTES

- 1.- Falla interceptando el eje del puente, causando desplazamiento transversal relativo.
- 2.- Asentamiento de pilares.
- 3.- Desplazamiento ó inclinación de los estribos hacia el centro.
- 4.- Movimiento transversal generalizado del suelo soportando los pilares.
- 5.- Desplazamiento longitudinal de las cimentaciones de los pilares.
- 6.- Desplazamiento transversal de las cimentaciones de los pilares
- 7.- Rotación en un plano vertical longitudinal de las cimentaciones de pilares.
- 8.- Rotación en un plano vertical transversal de las cimentaciones de pilares.

Daños en el acceso.

Muchos puentes deben ser ubicados en sitios con condiciones de cimentación desfavorables, que determinan la necesidad de usar pilotes trabajando por punta - fricción. El estribo está soportado generalmente por materiales firmes ó cimentaciones de pilotes y sufre un asentamiento relativamente pequeño comparado con el material de relleno, que descansa directamente sobre la superficie del suelo; a éste contribuye

el que generalmente se use relleno de arena por no usar de arcilla. Es preferible colocar piedras grandes y un material de relleno bien graduado y lo más denso posible.

C A P I T U L O I I I

TRANSPORTE MARITIMO

TRANSPORTE MARITIMO

El Transporte Marítimo, frente a una catástrofe cumple una misión que puede considerarse también de gran importancia, yá que es por ésta vfa donde se recibirá los elementos de ayuda para la pronta recuperación de la ciudad, ya sean estos elementos combustibles (petróleo) alimentos (caso el trigo, aceites, etc.) además de las diversas maquinarias que hacen posible el desarrollo industrial del país.

La infraestructura del Transporte Marítimo para Lima Metropolitana, corresponde a la misma del Terminal Marítimo del Callao, por lo que pasaremos a estudiar a éste.

TERMINAL MARITIMO DEL CALLAO

Las instalaciones más antiguas del Terminal Marítimo del Callao están constituidas por el Muelle Dársena, construído entre los años 1870 y 1875.

Este muelle, de sólidas rocas funcionó entre 1887 y 1929 a cargo de la compañía Francesa Societé Generale de Pa-

rfs. Por esos años, las facilidades portuarias del Callao eran bastantes restringidas, las naves permanecían ancladas a cierta distancia de la costa y el traslado de carga y pasajeros se realizaba en lanchones ó embarcaciones a motor.

A partir de 1929, el gobierno asumió la administración directa, creando el terminal propiamente dicho, siendo inaugurado el 24 de Octubre de 1934. Comprendía la construcción de dos nuevos muelles, de uno de los cuales sobresalen cuatro espigones. (hoy los muelles N 1, N 2, N 3, N 4) de 183 metros de largo cada uno.

La construcción de este terminal facilitó enormemente el movimiento marítimo y le confirió al Callao distinción entre los demás puertos de esta parte del Pacífico.

Con esas instalaciones, el Terminal Marítimo podía recibir en forma simultánea 15 barcos de 180 a 200 mts. de largo y de 30 ó 35 pies de calado.

El cuarto espigón era utilizado para la descarga de petróleo y derivados y se conectaba mediante tuberías con los tanques de las compañías petroleras ubicadas en las proximidades. Sin embargo esto constituía un grave peligro para el puerto y la ciudad del Callao.

El 26 de Mayo de 1952 fué creada la Autoridad Portuaria del Callao, a mérito de las recomendaciones de la misión

Económica y Financiera Americana de Klein y Sacks, que se embarcó en un programa de tres puntos: un proyecto general de manipuleo de carga, la reorganización del puerto y la provisión de instalaciones para la descarga de granos a granel. Se compró como medida preventiva, más de un millón de dolares en tractores, elevadores y parihuelas.

Los planes de este organismo se realizaron en tres etapas: primero, entre Agosto de 1953 hasta Marzo de 1954 se ejecutaron la cimentación y loza de sustentación de los silos por la firma Raymond Cosntrucción de Nueva York; segundo, de manera casi simultanea con la fase anterior otra licitación favoreció a la firma Maschinen Fabrick Hartman Aktiengesellschaft de Offenbachaa. M Alemania, para la provisión de dos torres neumáticas para la descarga de granos, las mismas que llegaron al Callao en Junio de 1954 quedando listas para funcionar al final de ese año; tercero comprendió la construcción (sobre la loza de sustentación ya hecha) de una torre de control y de 16 silos de almacenamiento para granos, además de la provisión de los sistemas de acceso de transportadores para movilizar el grano desde la descarga de las torres hasta hasta los silos; el contrato respectivo fué concedido a la firma Cillóniz Urquiaga S.A. Peruana, que para esa finalidad se unió a la empresa Argentina Kinbaum Ferrobeton S.A. estas últimas obras iniciadas en Setiembre de 1954, concluyeron a fines de 1955.

En Junio de 1962, se puso en servicio un nuevo muelle de 167 metros de largo por 45.70 metros de ancho (hoy es el muelle N°9).

En 1968 se empezó a construir el muelle de minerales (hoy muelle N 5), que después de una interrupción, se terminó de construir el año 1973, es el muelle más grande y costoso con que cuenta nuestro puerto.

Actualmente, el Terminal Marítimo del Callao está bajo la dirección de la Empresa Nacional de Puertos (ENAPU PERU) - que es un organismo creado por Decreto Ley N°17526 del 21 de Marzo de 1969.

La ubicación geográfica de estar en un punto intermedio entre los puertos peruanos, de ser el terminal del Ferrocarril Central del Perú de estar en la mitad de la carretera Panamericana que corre de frontera a frontera, al ser el centro de la industria manufacturera y de las actividades comerciales y financieras del país y de estar en el área de Lima Metropolitana, hacen del Callao y por consiguiente el Terminal Marítimo del Callao, el PRIMER PUERTO PERUANO, con una gran área de influencia.

El Terminal Marítimo del Callao cumple con dar servicios portuarios a la zona de influencia de la Gran Lima y a toda la región de la Sierra Central del país.

LA INFRAESTRUCTURA DEL TERMINAL MARITIMO

La infraestructura del Terminal Marítimo del Callao comprende: Edificios, Muelles y Rompeolas, Almacenes, Pistas y veredas complementarias.

EDIFICIOS

En la mayoría de los edificios existentes en el Terminal Marítimo del Callao se constató (7) que el material predominante de construcción es el concreto armado, el mismo que se emplea tanto en la cimentación, columnas y techos en más del 95%, en los muros se ha usado ladrillos Kingkong y bloques de concreto en el mismo porcentaje; los edificios más importantes están cimentados sobre pilotes y el más antiguo es el Edificio de la Aduana, fué construido en 1931, actualmente se siguen construyendo según los planes de expansión planeados por ENAPU PERU.

Desde el punto de vista del estado en que se encuentran, se ha encontrado que cerca del 90% tienen el calificativo BUENO, cerca del 10% el calificativo de REGULAR, de 2 a 3% el calificativo de MALO.

MUELLES Y ROMPEOLAS

El Terminal Marítimo del Callao cuenta actualmente con 11 muelles y 2 rompeolas.

El muelle N°10 es el más antiguo, pues fué construido en el año 1886; el muelle No. 9 tiene una parte antigua construída en 1886 y una parte relativamente nueva, construída en 1961; los muelles N°1, N°2, N°3, N°4, N°11 fueron construidos en 1928; el muelle No. 5 se empezó a construir en 1968 y se terminó en el año 1973, por último el muelle N° 6 también fué construído en 1928.

La cimentación es como sigue: los muelles N°1, N°2, N°3, N°4, tienen pilotes de concreto armado; el muelle N°7 tiene pilotes de fierro y concreto armado; el muelle N°10 y la parte antigua del muelle N°9, rocas.

Las plataformas son de concreto armado, excepto los muelles N°10 y parte del N°9 que tienen plataformas de rocas.

Las rompeolas son dos: El rompeolas Norte y el rompeolas Sur. Ambos fueron construídos en el año 1928 por la compañía Frederck Snare Corporation, tiene una densidad de roca de 2.5 Tn/m³.

Las características de las rompeolas son las siguientes:

ROMPEOLAS NORTE

Base = 45 m.

Altura = 12 m.

Coronación = 4 m.

ROMPEOLAS SUR

Base = 45 m.

Altura = 15 m.

Coronación = 4 m.

Longitud = 2,174 m.

Longitud = 1,088 m.

Pesos = 1'184,000 Tn

Pesos = 592,356 Tn.

ALMACENES

El Terminal cuenta con diez almacenes, cuatro de ellos datan del año 1934, uno del año 1950, uno del año 1956, tres del año 1962 y uno de 1972.

Ocho de ellos están apoyados sobre pilotes y los dos restantes tienen por cimentación vigas corridas apoyadas sobre relleno hidráulico. Cinco de ellos tienen columnas de concreto armado y los otros cinco columnas de fierro.

El material de los muros es más variable, cuatro almacenes tienen muros de concreto hasta 2 m. de altura siendo la parte superior ó cobertura de calamina, dos almacenes tienen muros de ladrillos, tres tienen muros de concreto armado y finalmente el más moderno tiene muros de placas de concreto armado prefabricadas.

En cuanto a la cobertura, nueve almacenes tienen coberturas de estructura metálica (tijerales) sobre los que se apoya el eternit ó la calamina, el restante tiene tijerales de madera y cubierta de eternit.

Los almacenes que tienen mayor capacidad de almacenaje son el N°2 y el N°3, ambos con 11,034 m² de área; el almacén N°5 tiene un área de 7,317 m², y los otros están entre

3,000 y 4,000 m² de área. Sus alturas fluctúan entre 9 y 13m.

PISTAS Y VEREDAS

Las calles están distribuidas en un número de treinta, suman un área de 140,000 m². En su mayoría tienen pavimento de concreto, los espesores son de 9 pulg.

Las veredas suman diecinueve, con un área de 10,000m² se encuentran en buen estado.

INSTALACION ELECTRICA

Compuestas por postes y redes de alumbrado, cables eléctricos y telefónicos, equipo de computadora, etc.

SILOS

Ubicados a la altura de la puerta N°2, fueron contruidos en 1955, la cimentación es por medio de pilotes prefabricados en número de 869, los mismos que fueron hincados en terreno de relleno hidráulicos. La loza de cimentación tiene un espesor de 1.07m. Area del primer piso es de 1,290 m², número de celdas es 16, altura de silos 38m. tiene una capacidad de 20,00 tn.de cereal.

VIAS FERREAS

Compuestas por rieles de acero de 60 lbs/yd con sus respectivos cambios : 20,600.

EQUIPO DE MANIPULEO

Está formado por tractores, gruas y pescantes, elevadores, vagonetas, acarreadoras, parihuelas, torres neumáticas, locomotoras, carros, balanzas, carretas y carretillas.

RESULTADO DE LA EVALUACION REALIZADA POR EL INGENIERO CASAS CISNEROS ALBERTO.

1.- EDIFICIOS:

Tipo	Cant	%
A	0	0
B	7	10
C	25	34
D	41	56
Total	73	100

2.- ALMACENES:

Tipo	Cant	%
A	0	0
B	2	20
C	4	40
D	4	40
Total	10	100

3.- MUELLES:

Tipo	Cant	%
A	0	0

Tipo	Cant.	%
B	4	36
C	5	46
D	2	18

De acuerdo con esta evaluación se determinó la siguiente escala de daños:

SOLO ISMO

SISMO + TSUNAMI

TIPO	% de DAÑO	TIPO	% de DAÑO
A	100	A	100
B	40-70	B	100
C	20-30	C	± 50
D	0-20	D	± 30

DAÑOS OCASIONADOS POR LOS SISMOS DE MAYO DE 1970 Y OCTUBRE DE 1974, A LAS INSTALACIONES DEL TERMINAL MARITIMO DEL CALLAO-

SISMO DEL 31 - V - 70

Muelles N°1 y N°4.- Estructura de concreto armado cimentada mediante pilotes. El muelle consta de una plataforma de carga, sistema de alumbrado eléctrico y vías férreas.

DAÑOS

Se produjeron rupturas de algunos pilotes y rajadura en la losa y algunas vigas. La vía férrea sufrió desniveles en la

zona de empalme del terreno con el muelle.

Monto de la reparación: \$16'200.000.00

(El muelle número 1 presenta las mismas características que el muelle número 4; de allí que la descripción de la estructura y de los daños se haga en conjunto).

MUELLE N°2 y N°3.- Estructura compuesta por un plataforma, vigas y tablaestacas de concreto armado. La cimentación del muelle es mediante pilotes.

DAÑOS .- Se produjo ruptura de pilotes y agrietamientos la losa y algunas vigas de la vía férrea sufrió desniveles en la zona de empalme del terreno con el muelle.

Monto de la reparación: \$ 17'200.000.00

MUELLE N°5.- Estructura de concreto armado cimentada sobre pilotes de concreto pretensado. El muelle tiene un área de 70,000 m² la parte central es un área rellena con 1'500,000 m³ de arena y piedra bien graduada.

DAÑOS .- Se produjeron daños muy leves. El material de relleno de la parte central se asentó 3 cm. Estos daños no sufrieron peligros para las operaciones portuarias.

No necesitó reparación.

MUELLE N°9.- La parte más antigua dada de 1886 y está construida con roca labrada y relleno de hormigón. La zona más moderna fué construida en 1961 y es de concreto armado.

DAÑOS .- Los daños de mayor consideración se produjeron en la parte de concreto armado. Se observaron agrietamientos y desprendimientos del concreto en todos los elementos.

Así mismo colapsaron varios pilotes; la parte construida con rocas no sufrió daños.

Monto de reparación \$ 7'000,000.00.

DAÑOS EN LOS ROMPEOLAS.- El rompeolas Norte sufrió daños en una longitud aproximada de 1000 mts.

Monto de reparación: \$ 2'000,000.00.

PAVIMENTOS DE CONCRETO.- Conformado por una losa de concreto de 9" de espesor y una resistencia de 252 Kg/cm².

DAÑOS .- Pequeños asentamientos y fisuras que no requirieron reparación.

VIAS FERREAS.- Conformado por rieles de 60 lb/yd.

DAÑOS .- Se produjeron desniveles en la zona de transición del muelle con el terreno.

Monto de reparación: \$ 1'000,000.00

En los EDIFICIOS Y ALMACENES no se reportaron daños.

SISMO DEL 3 - X - 74

MUELLE N°1.- Agrietamientos en las vigas transversales y longitudinales.

Agrietamientos de pilotes en la zona de encuentro del pilote con la viga del cabezal.

Monto de reparación: \$ 7'000,000.00

MUELLE N°2.- Los daños fueron de las mismas características que los sufridos por el muelle N°1.

Monto de reparación: \$ 9'000,000.00

MUELLE N°3.- Rotura de la losa del piso por hundimiento del material de relleno.

Fisura de vigas y pilotes con desprendimiento de concreto.

Monto de reparación: \$ 8'000,000.00.

MUELLE N°9.- La viga principal presenta agrietamientos en la zona de los apoyos intermedios.

Asentamientos en algunos sectores debido al reacomodo del material de relleno. Desniveles en la vía ferrea. (Ver Foto No.28).

Monto de reparación: \$ 7'000,000.00

MUELLE N°11.-En algunos amarraderos, se agrietaron vigas y pilotes.

Monto de reparación: \$ 4'000,000.00

MUELLE MARGINAL.- Agrietamientos con desprendimiento de concreto en vigas, pilotes y losas.

Monto de reparación: \$ 12'000,000.00.

SILOS DE ALMACENAMIENTO DE GRANOS.- Calda de la parte superior de la torre elevadora de granos.

Deterioro de las celdas de almacenamiento fisura de los pilotes.

Descomposición de las instalaciones electromecánicas.

Monto de reparación: \$ 100'000,000.00.

EDIFICIOS: Operaciones y reservorio elevado.- Agrietamientos de elementos de concreto armado. Agrietamiento y rotura de la tabiquería de ladrillo.

Monto de reparación: \$ 7'000,000.00.

ADMINISTRATIVO DEL TERMINAL MARITIMO DEL CALLAO (pabellón Este).- Fisuras en la tabiquería, tarrajeo, enchapes, y cielo raso. Deterioro de la carpintería de aluminio.

Monto de reparación: \$225,000.00

DIVISION DE SEGURIDAD.- Colapso del tercer piso de la estructura. Rotura de pisos y fisura de tabiques.

Monto de reparación: \$ 255,000.00.

miento de los barcos, es por esto que se puede decir que los muelles están diseñados para resistir los esfuerzos horizontales que originan los sismos.

El material de relleno en los cuales se apoyan las plataformas de los muelles pueden influir en forma considerable en el comportamiento sísmico de un muelle.

Muelle N°2, N°3, N°5 tienen ubicadas sobre sus plataformas almacenes, además sus plataformas se encuentran apoyadas en rellenos.

El muelle N°5 está destinado en su ala izquierda a operaciones con minerales los cuales son depositados sobre su plataforma.

Los barcos en su gran mayoría poseen su propio equipo de manipuleo, por lo cual, es posible que si el equipo de manipuleo del terminal sufre fallas ó averías serias, el puerto siga en estado operativo.

CONCLUSIONES

Salvo imponderables, tal como que el terreno coincida con las operaciones de atraque de un barco y que este golpee al muelle cuando se esté produciéndose la máxima aceleración del movimiento. Se puede afirmar que por lo menos los muelles N°5, N°10 y N°7 quedarán, aunque con restricciones, ope-

Monto de reparación de daños en otros edificios:
\$ 636,000.00.

ALMACENES.- Almacén número 3 y plataforma de carga. Deterioro de estructura metálica. Asentamiento del piso. Agrietamientos en tabiques.

Monto de reparación: 24'000,000.00.

PAVIMENTOS.- Pavimento del muelle N°5.- Hundimiento del pavimento en las zonas de relleno.

Monto de reparación: \$ 5'000,000.00.

Pavimento del área portuaria.- 7270 m² de pavimento deteriorado.

Monto de reparación: \$3'5000,000.00

VIAS FERREAS.- Desniveles en la vía férrea por hundimientos del terreno. Longitud de vía desnivelada 1870 m.

Monto de reparación: \$ 500,000.00

CERCOS Y MUROS.- Agrietamientos de los muros de ladrillo.

Monto de reparación: 100,000.00.

COMPOSICION DEL SUELO DE LA CIUDAD DEL CALLAO.

Estudios realizados en esta área han concluído en que los estratos que forman el subsuelo del Callao se hunden al occidente , deben esta inclinación a la que tuvo el fondo del océano durante los diversos periodos de crecimiento del cono de deyección del río Rimac.

El examen de la superficie submarina ha enseñado que en el fondo de la bahía y del boquerón está constituido por arcilla, con la excepción de la prolongación de La Punta y del Camotal además de una faja relativamente angosta a lo largo de la Costa, donde se encuentra cascajo.

La arcilla penetra en forma de lengua en el boquerón. Desde aquí la línea de limitación entre el cascajo y la arcilla, sigue más ó menos una curva de 7 m. de profundidad, pero el noroeste del Dársena se vá acercando a la Costa y aquí la faja de cascajo tiene su ancho menor.

Los sondajes de muestra han enseñado que la arcilla es relativamente blanda en la superficie, pudiendo llamarsele fango. Penetrando con los tubos a mayor profundidad, la consistencia del material vá aumentando de manera que a 2 ó 3 mts. de profundidad ya es bastante. La arcilla está por lo general mezclada con un poco de conchuelo, algo más en el boquerón que en la bahía.

El cascajo es de dimensiones muy variables, aún en un mismo lugar encontrándose piedras de 10 cm. y otras de pocos milímetros mezclada generalmente con conchuela molida.

La arena es muy fina, no utilizable en construcción de color negro y mezclada con conchuela.

Los perfiles a los que se refiere en el párrafo ante-

rior demuestran que la arcilla descansa sobre un lecho de cascajo, y que este lecho presenta una inclinación suave y continua hacia mayores profundidades.

En un sondaje hecho a 390 mts. de la costa, indica un espesor de 15 mts. de arcilla encima del cascajo y el sondaje hecho a 290 mts. de la costa un espesor de sólo 1 m. encima del mismo material.

A la zona acuífera subterránea del Callao como parte integrante del cono aluvial del Rimac, le corresponde la parte inferior de su cuenca deposicional que por su misma posición ha favorecido la naturaleza del tipo de material predominante de granulometría fina.

Es frecuente encontrar en el Callao grandes espesores de arcilla que afortunadamente en su mayoría tienen carácter geométrico lenticular.

Los principales materiales que constituyen esta zona del cono aluvial del Rimac son grava, arena, arcilla, limo. Conforme el examen de los registros de perforación predomina la mezcla de estos materiales, aunque esporádicamente se encuentran pequeñas concentraciones individuales de arena y grava. La arcilla es la que mayor concentración presenta en cuerpos unitarios.

Se deja establecido que todo el cono aluvial del Ri

mac en toda su estructura deposicional que conforma el subsuelo del área de Lima y Callao constituye un solo gran reservorio acuífero cuya dimensión en profundidad se inicia desde el nivel estático.

EFFECTOS QUE EL SISMO EN HIPOTESIS CAUSARIA A LA INFRAESTRUCTURA DEL TERMINAL MARITIMO

Los efectos que se tendrán en cuenta en este acápite serán los que originen la inoperancia de las diversas estructuras del terminal.

Se observa que en los daños ocurridos a los muelles no se ha reportado daño alguno, tal vez por ser estos mínimos, en el muelle N°10 esto es tal vez debido a que tanto el suelo en el cual está cimentado como las rocas que conforman su cimentación, así como también su plataforma se encuentran en un estado tal de consolidación que en este se producen asentamientos y deformaciones que afecten seriamente su estructura.

Se ha observado también que los daños sufridos por el muelle N°5 se han debido al material de relleno más no así de su estructura.

Es necesario indicar que en el diseño de muelles se debe considerar fuerzas horizontales debidas a los golpes a que está expuesto el muelle a sufrir en el efecto de acodera

Transporte Marítimo



Foto No. 27

Muelle No. 9

Obsérvese los asentamientos y agrietamientos del pavimento y plataforma de este muelle.

Foto No. 28

Muelle No. 9

La vía férrea se encuentra inclinada y por consiguiente inutilizada; por causa de asentamientos.



Foto No. 29

Muelle No. 5

Obsérvese el asentamiento al lado del almacén, también se observa grietas en el pavimento.





Foto No. 30

Muelle N° 5

Zona destinada a operaciones de minerales.

Foto No. 31

Almacén del muelle N° 5

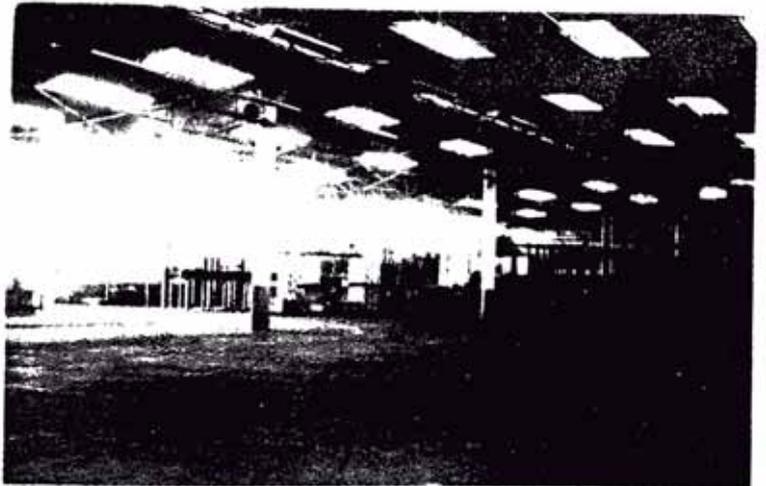
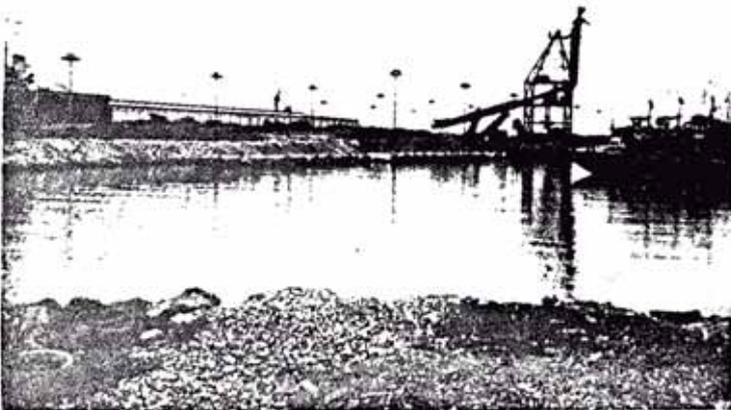


Foto No. 32

Zona de aplicación para el muelle N° 5.



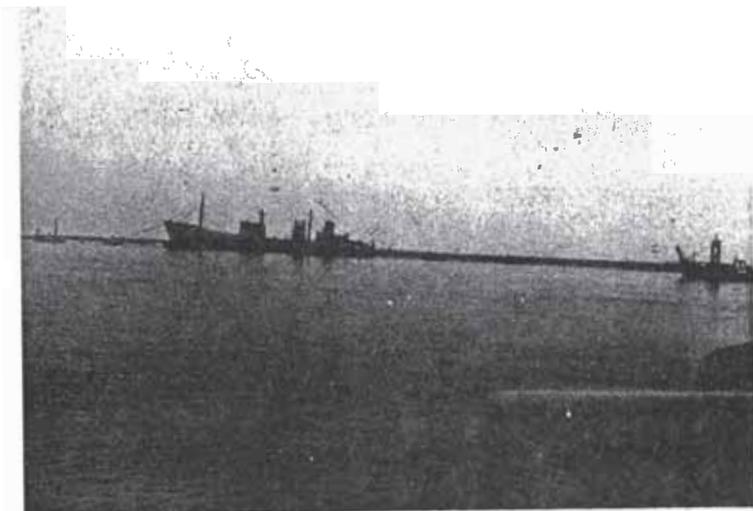


Foto No. 33

Muelle N° 7

Destinado a operaciones con
derivados del petróleo.

Foto No. 34

Muelle N° 5

Dispositivos de amortiguamiento
para el atraque de los barcos.

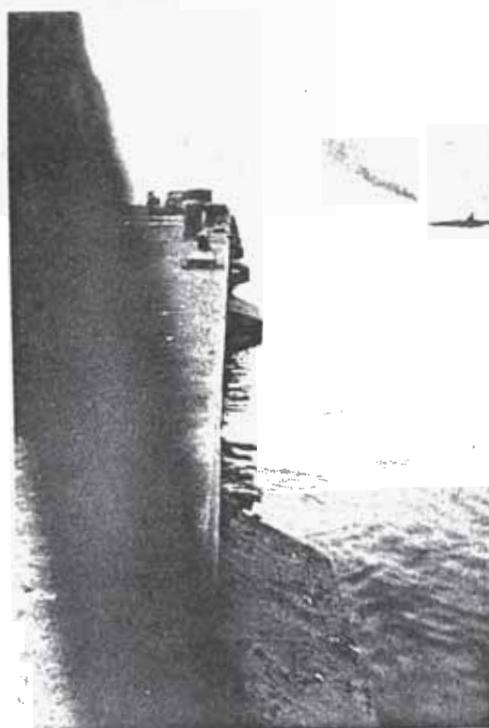




Foto No. 35

Muelle No. 1

La grúa que se observa es fija. La plataforma de este muelle es tá sostenido solo por pilotes. Además no lleva cargas verticales fuertes como el almacén.

Foto No. 36

Muelle No. 1

Este muelle es similar al No. 4. Se observa una estructura de madera que sirve para amortiguar los golpes de los barcos en el a traque. También es posible obser var los pilotes de concreto arma do.

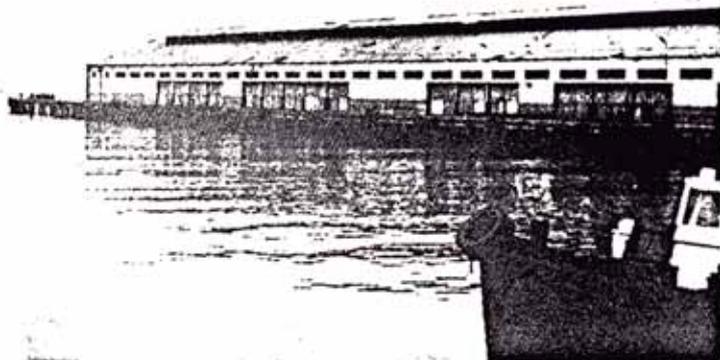


Foto No. 37

Muelle No. 2

Idem. al No. 3

Parte de su cimentación es de relleno hidráulico y parte son pilotes. Lleva una estructura destinada a almacén.



rativos. Igualmente por estar sus plataformas sostenidas solamente por pilotes los muelles 1 y 4.

Los rompeolas también se encuentran bastante consolidados, por lo que se puede decir que estos no sufrirán daños de consideración en el caso de producirse solo el sismo. Los Tsunamis si pueden dañarlos seriamente.

Para la evaluación del resto de las instalaciones del terminal, salvo imponderables se ratifica la realizada por el Ingeniero Casas Cisneros.

El sismo es acompañado por tsunamis es muy probable que el terminal quede inoperante durante un cierto lapso, relativamente corto, de tiempo.

Para lo cual es necesario que se tenga en conocimiento que el puerto que puede servir como alternativo, es el Puerto San Martín de Pisco el cual cuenta con la misma capacidad de operación que el puerto del Callao.

TSUNAMI

TSunami es una palabra japonesa que expresa la idea de una gran ola que irrumpe en un puerto, y es aceptada universalmente para designar a aquel fenómeno periódico que ocurre en el mar y que consiste en un tren de ondas largas con un periodo que vá de varios minutos hasta una hora, que se

propaje a gran velocidad en todas las direcciones desde zona de origen, y cuyas olas al aproximarse a las costas descargan su energía con gran poder destructor.

Otros términos más ó menos equivalentes para designar lo son MAREMOTO, que es el equivalente latino de; SEISMIC SEAWAVE utilizando por los países de habla inglesa RAZ DE MAREE, utilizado en Francia.

Un aspecto notable de los tsunamis lo constituye su gran velocidad de propagación, que depende solamente de su profundidad oceánica. Por ejemplo, cuando atraviesa el Océano Pacífico de una profundidad media de 4000 m, alcanza una velocidad cercana a los 200 m/seg similar a los de un yet súpersónico.

Cuando atravieza un mar de profundidad variable la velocidad determina la forma del frente de la onda sufriendo así una depresión angular.

En razón de su gran longitud de onda, decenas de veces superior a la profundidad del mar, su propagación en zonas profundas del Océano se lleva a cabo prácticamente sin pérdidas por fricción del fondo del mar.

Otra característica notable de los tsunamis determinada por su gran longitud de onda, lo constituye el hecho de que en alta mar, su presencia ó paso es difícilmente percibi

da por el hombre, siendo las alturas de ondas inferiores a un metro.

Cuando entra en una zona de la costa de aguas de poco profundas, la longitud de onda disminuye, y en consecuencia la altura de ola crece alcanzando en algunos casos velocidades del orden de 10m/seg., en otros casos se ha comprobado que solo producen una inundación gradual, como si se tratara de una marea alta.

La fuerza destructiva de un tsunami ó grado de severidad en un sector de la costa depende de la magnitud del terremoto que lo induce a su profundidad focal; del área perturbada del fondo del mar y la velocidad con que se lleva a cabo esta perturbación; de la topografía del fondo del mar, de la distancia del epicentro al lugar; de la configuración de la línea costera, si se trata de una bahía, de su configuración y período natural de oscilación; y finalmente de la topografía terrestre.

Dependiendo como se conjugan estos factores, en algunos sectores el grado de severidad será mucho mayor que en otros.

De acuerdo a los actuales conocimientos geofísicos y a estudios de modelos, el principal agente generador de un tsunami es un terremoto tectónico cuyo epicentro normalmente está localizado en el fondo del mar.

Así el levantamiento ó hundimiento del fondo del mar provocado por el terremoto, sobre un área bastante apreciable, produce la perturbación de la masa de agua ubicada sobre ella.

Otros mecánicos generadores de tsunamis son las lavanchas submarinas y las erupciones volcánicas produciendo efectos más bien locales, y graves daños cuando ocurren en bahías y zonas donde existen grandes acantilados.

Respecto a la ubicación geográfica, las condiciones más favorables para la producción de terremotos tectónicos que originan tsunamis, están presentes en el Océano Pacífico en el llamado cinturón Circumpacífico, en el que partes de las costas y litorales conforman un grandioso geosinclinal con claras indicaciones de reciente actividad.

Los tsunamis son importantes, por los daños materiales que pueden producir en puertos y ciudades costaneras. y por las importantes pérdidas de vidas humanas que se ha cobrado en aquellos lugares donde reina la imprevisión.

Datos estadísticos sugieren que alrededor de cuatro tsunamis notables ocurren en el mundo cada tres años, y que entre el 60 y 70 % de la ocurrencia mundial se localiza en el Océano Pacífico, registrándose también algunos en el Mar Mediterráneo, mientras que en el Océano Atlántico raramente se produce este fenómeno.

La mejor medida preventiva para evitar desgracias personales es el establecimiento de sistemas de alarmas. En el Pacífico existe el sistema de alarmas Internacional con sede en Honolulu, cuyo objetivo fundamental es el de alertar a las poblaciones costaneras cuando vá a ocurrir un tsunami. Para efectuar dichas labores cuenta con un sistema de Estaciones Sismológicas y Mareográficas repartidas en diversos puntos del Pacífico.

Se ha comprobado que un sistema de alarma local no presta mucha utilidad, a menos que se definan lugares densamente poblados sujetos a riesgos de tsunamis.

La llegada de un tsunamis a la costa se anuncia ya sea con un retroceso del mar ó bién con una alza de la marea en forma anormal. Ante cualquiera de estos signos, se debe proceder inmediatamente a la evacuación hacia sectores altos (como medida autoprotectora).

Algunas medidas preventivas tendientes a la reducción de daños son la construcción de muros de defensa rompeolas y barreras construídas por arboledas de protección.

CAUSAS DE LA GENERACION DE UN TSUNAMI

Los tsunamis son generadores por columnas de agua del Océano desplazadas por un agente impulsivo no identificado positivamente hasta hoy. Se postulan como agentes generadores

posibles, a los siguientes:

- 1) LAS ALTERACIONES SISMICAS DEL FONDO DEL MAR, puesto que imparten un movimiento vertical de la masa de agua.
- 2) LAS AVALANCHAS SUBMARINAS, que ocurren en las grandes fosas marinas del Pacífico. Normalmente producen más bien efectos locales.
- 3) LAS ONDAS SISMICAS DEL PERIODO LARGO, que acompañan algunas veces a los grandes sismos. Se considera como probable que la deformación del fondo del mar cuando lo cruzan estas ondas alcance la amplitud suficiente como para producir grandes desplazamientos en la superficie del agua, particularmente en valles o fosas marinas.

En este último caso, pueden poner en resonancia las masas de agua ubicadas sobre estas fosas.

Otros mecanismos generadores menos efectivos pero de gran importancia por los efectos locales que producen, son las explosiones atómicas ó nucleares en la superficie del mar; el flujo de corrientes de barro ó de lava hacia el mar; el desprendimiento de glaciares; y las erupciones volcánicas submarinas.

De todas los mencionados, el mecanismo generador más importante es la alteración de una zona del fondo del mar ó

dislocación producida por un terremoto.

Esta afirmación se basa, por un lado, en la correlación que se ha encontrado entre algunas perturbaciones sísmicas y los tsunamis que se producen como consecuencia de estos, y por otro, en los actuales conocimientos teóricos y experimentales sobre mecanismos generadores de los tsunamis, que evidencian que un levantamiento ó hundimiento súbito del fondo del mar sobre un área bastante apreciable, producen un tren de ondas largas, típico de ellos.

INFLUENCIA DE LA MAGNITUD DE UN SISMO Y PROFUNDIDAD DE SU FOCO EN LA GENERACION DE UN TSUNAMI

Como se dijo anteriormente, se acepta que los terremotos submarinos son la causa de los tsunamis, aunque puede ser inducidos por terremotos que ocurren en el continente, por ejemplo el tsunami de 1022 por un terremoto en Atacama, Chile.

Sin embargo no todos los terremotos con epicentros marítimos originan tsunamis, pues, para que ello ocurra se deben cumplir ciertas condiciones. En efecto, Iida ha postulado valores límites de la magnitud M de terremotos en función de la profundidad local, entre los cuales se espera la ocurrencia de un tsunami.

Este estudio concluye que para terremotos de focos poco profundos con magnitudes menores de 6.4 es improbable el

el desarrollo de tsunamis, mientras que con magnitudes superiores a 7,75 pueden desarrollarse tsunamis extremadamente peligrosos

Es preciso señalar que los terremotos de focos poco profundos acaparan el mayor porcentaje de energía sísmica liberada anualmente y también, la mayor frecuencia relativa de ocurrencia en el mundo.

ENERGIA DE UN TSUNAMI

La energía de un tsunami por unidad de longitud de cresta está dada por la siguiente relación:

$$E_t = \frac{1}{8} \rho g H^2 L$$

Donde:

- ρ : densidad del agua del mar,
- g : aceleración de la gravedad,
- H : altura de la onda, y
- L : longitud de onda.

La mitad de esta energía representa energía cinética y la otra mitad, energía potencial.

RELACION ENTRE LA ENERGIA DEL TSUNAMI Y LA DEL TERREMOTO QUE LOS PRODUCE

La energía E de un terremoto en erg está relacionada con la magnitud M a través de:

$$\text{Log } E = 1.5 M + 11.8$$

La estimación hecha por Iida (8) sugiere que un 10 % de la energía sísmica liberada en aquellos terremotos que producen tsunamis, es convertida en energía hidrodinámica.

Por otro lado se ha postulado la siguiente relación empírica entre la energía E_t y el grado m del tsunami.

$$\text{Log } E = 0.6 m + 21.4$$

COMPORTAMIENTO EN TIERRA Y DAÑOS TÍPICOS PRODUCIDOS

COMPORTAMIENTO EN TIERRA.

Debido a la gran energía con que llega la ola de un tsunami a la línea costanera, ella corre sobre tierra alcanzando elevaciones importantes sobre el nivel medio del mar. Esta ola y el flujo que le sigue, cuando encuentra en su paso un obstáculo, descarga su energía impactándolo con gran fuerza.

El comportamiento en tierra de un tsunami es bastante complejo e impredecible. Esto se debe al hecho que diversos

factores influyen en este, conjugándose de complicadas maneras.

Así se tiene que, entre otros factores, el período y la altura de la ola de un tsunami, y la topografía del terreno influyen en forma importante en su comportamiento, determinando diversas intensidades de daños.

DAÑOS CAUSADOS POR TSUNAMI

Los daños producidos por tsunami pueden agruparse según los siguientes grupos:

Daños producidos por el momento de Flujo.- Los producidos por efectos del torque ó momento se originan cuando la masa de agua del frente del tsunami seguida por una fuerte corriente, impacta, construcciones, árboles ú otros objetos.

Es al impactar cuando un tsunami exhibe su tremenda fuerza destructiva, la que es complementada por la colisión de objetos arrastrados por la corriente.

Vale la pena señalar que los daños originados por esta causa son más severos en las bahías en forma de V, cuando son azotadas por tsunamis de períodos cortos.

Daños producidos por inundación.- Si el flujo de inundación no es tan fuerte, la inundación puede originar la flotación de casas de madera que no estén fuertemente ligada a sus fun

daciones.

En caso de una gran área plana que se extiende en una gran distancia, la masa de agua puede encontrar un pasaje hacia el interior, y el flujo acelerado en ese pasaje originar el barrido de estructuras.

En estas inundaciones, normalmente personas y animales perecen ahogados; barcos amarrados a los muelles como así mismo otras embarcaciones menores, pueden ser arrastradas a tierra y depositadas posteriormente sobre los muelles una vez que el agua ha retrocedido.

Si la inundación alcanza tierras agrícolas, por el contenido de sal y limo putrefacto del fondo del mar, estas quedan inutilizadas por un período prolongado de tiempo.

Daños producidos por socavamiento. - Los daños producidos por socavamiento han sido observados a menudo en los puertos.

Puesto que la corriente de un tsunami, cerca de la costa, mueve el fango y la arena del fondo del mar, socava a veces las funciones de las estructuras del puerto. Si esto ocurre, estas estructuras sufren colapsos hacia el mar; tal ha sido el caso en algunos muelles sobre pilotes.

La inundación puede socavar también las fundaciones de líneas de ferrocarril ó carreteras, originando bloqueos de tráfico y una prolongada demora en el rescate y trabajos de

reconstrucción

MAGNITUDES Y ESCALAS DE GRADOS DE UN TSUNAMI

MAGNITUD DE UN TSUNAMI

Si se establece el concepto de magnitud de un tsunami en función de los efectos destructivos que produce, veremos que en general la magnitud ó grado de intensidad en un sector de la costa no está necesariamente en proporción con la magnitud del terremoto que lo produce, estando acondicionada a otros factores que la afectan de complicadas maneras.

Así se explica que los terremotos submarinos que producen tsunamis en dos puntos proximos a dos costas distantes de la tierra, no produzcan necesariamente los mismos efectos en las costas opuestas, aún cuando los terremotos tengan las mismas magnitudes.

Este hecho nos sugiere que la magnitud de un tsunami en un punto de una costa depende de la conjugación de varios factores:

- 1.- La magnitud del sismo y la profundidad de su foco.
- 2.- El área de dislocación de la corteza terrestre y la velocidad con que se lleva a cabo esta.
- 3.- Influencia de la topografía del fondo del mar sobre el curso de propagación y difracción (en el caso de Obstácu

los tales como islas), y la convergencia ó divergencia de de energía entre el área de generación y la costa.

- 4.- Influencia de la orientación del eje de una bahía respecto al epicentro. (características direccionales).
- 5.- Configuración de la línea costanera, y la topografía bajo y sobre ella, controlando efectos de resonancia y otros efectos de reflexión e interferencia.
- 6.- La presencia ó ausencia de corales ó rompeolas en el agua, y el estado de la marea en el tiempo de llegada de tsunami, controlando efectos friccionantes y reflexión respectivamente antes que las olas alcancen la costa.
- 7.- Influencia de la pendiente submarina.
- 8.- Influencia del grado de rugosidad de construcciones, árboles y otros obstáculos en tierra, y el ancho de los terrenos planos, controlando los efectos friccionantes.
- 9.- Influencia de la topografía sobre tierra y su efecto sobre la subida a tierra de la ola.

ESCALA DE GRADOS DE UN TSUNAMI

Como una manera de expresar la magnitud de un tsunami se ha elaborado una escala de grados, la que se establece en forma muy general en función de las alturas máximas de ola y daños que se producen. Esta escala se debe a Inamura y ha sido aceptada ampliamente por otros investigadores.

Así en Japón y otros países, el grado de un tsunami

"m" ó magnitud es clasificado de acuerdo a la siguiente tabla:

GRADO DEL TSUNAMI m	ALTURA MAXIMA DE OLA (m)	DESCRIPCION DE LOS DAÑOS
0	1 a 2	No produce daños
1	2 a 5	Casas inundadas y botes destruidos son arrastrados.
2	5 a 10	Hombres, barcos y casas son barridos.
3	10 a 20	Daños extendidos a lo largo de 400 Kms. de la costa.
4	más de 30	Daños extendidos sobre más de 500 Kms. a lo largo de la línea costanera

Vale la pena aclarar, para los efectos de una correcta aplicación de esta tabla que por ejemplo una altura máxima de 10 mts. equivale a una amplitud de 5 mts. sobre el nivel medio del mar cuando alcanza la costa.

La aplicación de escala a la estadística de los tsunamis de grado m.

La tabulación de esta relación revela los siguientes valores:

m	0	1	2	3	4
N	6.3	12.5	25	50	100

lida correlacionó las magnitudes M de los terremotos que los producen, mediante la siguiente relación lineal.

$$m = 2.61 M - 18.44$$

CAPITULO IV

TRANSPORTE AEREO

AEROPUERTOS EN LIMA METROPOLITANA

Los aeropuertos que existen en Lima Metropolitana son tres, el principal, que es el que representa el transporte aereo en Lima es el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.; y los otros son el Aeropuerto de Las Palmas el cual es empleado por la F.A.P., este puede servir como alternativo en el caso de que el primero quede en mal estado. Y por último tenemos el Aeropuerto de Collique el cual posee en capacidad reducida, ya que en el solo pueden operar aviones hasta el tipo DC 3 los cuales tienen un radio de acción relativamente pequeño, pero producido el desastre podría ser útil para las operaciones de traslado de heridos y otras que no requieran de recorridos largos.

DAÑOS POR EFECTOS DEL TERREMOTO EN AEROPUERTOS.

Terremoto de Managua:

El Aeropuerto Las Mercedes, el principal aeropuerto de la ciudad, ubicado a 10 Km. al este de Managua.

El edificio del terminal, de concreto armado sufrió

extensos daños, pero no estructurales, por lo que quedó cerrado al público. Pudo ser devuelto a servicio después de tres semanas de producido el sismo.

La torre de control sufrió la rotura de los vidrios a demás algunos revestimientos fueron desprendidos ó agrietados y algunos instrumentos localizados en la última planta del edificio quedaron inclinados. Aún así la torre continuó operativa en todo momento.

En la pista de aterrizaje no se reportó daño alguno

Terremoto de San Fernando

Aunque habían alrededor de 12 aeropuertos en un radio de 12 kms. del epicentro, el daño más importante reportado fué el de la rotura de los vidrios en la cabina de la torre de control de los aeropuertos de Hollywood-Burbank y el Van Nuys; y en los establecimientos comerciales ubicados en varios aeropuertos. Los daños no estructurales fueron reportados del aeropuerto de San Fernando, el más cercano al epicentro, donde varios aviones que se encontraban en su hangar, quedaron apilados uno sobre otros; este daño fué mínimo. Unos cuantos agrietamientos de encontraron en la pista de aterrizaje del Aeropuerto de Hollywood- Burbank, pero no se tuvo la seguridad de que estos se produjeran por efectos del terremoto.

La inoperancia de la torre de control en una ciudad de gran actividad, puede crear problemas muy serios. Afortunadamente, durante las 4 siguientes horas se tuvo buenas condiciones atmosféricas y buena visibilidad por la luz diurna, así la torre de control del Aeropuerto de Burbank pudo seguir operando mientras se le remplazaban los vidrios.

El problema más crítico que se produjo en el terremoto fué el corte de la energía eléctrica de la red pública. Esto causó problemas en la iluminación de los terminales de varios aeropuertos; y lo más importante fué que impidió el abastecimiento de combustible a los aviones. La energía eléctrica pudo ser restaurada luego de un lapso de 8 a 10 horas, durante este tiempo se tuvo una serie de inconvenientes.

Terremoto de Lima de Octubre de 1974.

Los daños que se produjeron en el aeropuerto Internacional fueron relativamente mínimos ya que este en ningún momento, después de producido el sismo, dejó de funcionar. Los daños que se presentaron ocurrieron en el edificio del terminal; la rotura de los vidrios tanto en el mismo edificio como en la torre de control.

Esto no fué motivo para que el aeropuerto dejara de prestar sus servicios a los aviones que ese momento tenían que realizar sus operaciones; ya que el personal de la torre se trasladó al último piso del terminal de donde continuó

Foto No. 38



Edificio del Aeropuerto de Collique
Sismo del 31/5/70

A pesar de los daños que se observan
el Aeropuerto pudo seguir funcionando

prestando sus servicios. Esto debido más que nada al viento que no permitía trabajar con las condiciones requeridas.

En cuanto al fluido eléctrico que se interrumpió este no causó problemas debido a que el Aeropuerto cuenta con equipo auxiliar de electricidad, el cual se encuentra en un edificio adyacente al terminal, construido asísmicamente.

El terminal del aeropuerto de Collique fué seriamente afectado ya que sufrió la caída de un parapeto, así como la rotura de algunos vidrios. Ver foto No. 38.

AEROPUERTO INTERNACIONAL JORGE CHAVEZ.

Este Aeropuerto fué construido en los años 1959-1960, Fué diseñado por el Ingeniero Gallegos y construido por un consorcio de varias firmas constructoras. Para los trabajos de construcción de la pista de aterrizaje se hicieron estudios, encontrándose suelos completamente heterogéneos, la mayor parte de los cuales tuvieron que eliminarse y remplazar por materiales granulares provenientes de unas canteras próximas.

Como se trata de una zona intensamente cultivada se encontró gran cantidad de canales de riego y agua en el subsuelo que a veces se encontraba a solo 30 centímetros de profundidad.

Los canales se encausaron para cruzar las zonas pavi-

mentadas en sitios considerados apropiados, con el fin de que se pueda regar las zonas bajas.

Los subdrenes y drenes se construyeron siempre a una profundidad mínima de los metros por debajo de la superficie del pavimento.

Los canales de riego superficiales se construyeron siempre lo suficientemente alejados y cuando estos tenían que cruzar el pavimento se les ubicaba a la debida profundidad.

Al estudiar los suelos en el laboratorio de la obra y en otros para pruebas especiales, se llegó a la conclusión de que eran de una clase muy baja sobre todo debido a su variedad; teniendo en cuenta esto y tomando como avión de diseño el DC 8 se hizo el siguiente diseño:

- Losa de concreto de 13 pulg. de espesor
- Resistencia del concreto 300 Kg/cm²
- Afirmado de materiales granulares de 12 Pulg.
- Subrasante de materiales del lugar de 12 pulg.

Este diseño corresponde a las zonas críticas; en las no críticas de diseño con 11" de espesor en la losa de concreto.

El control de la obra fué estricto y se realizó de acuerdo a las especificaciones de esa época.

El Aeropuerto cuyas coordenadas son : Lat. 12°01' 06" S

Long. 77°06' 44" W se encuentra a una distancia de 9.6 Kms. del centro de la ciudad, la elevación sobre el nivel medio del mar es de 105 pies = 31.5 Mts.

Cuenta con servicio médico, consultorio de primeros auxilios, ambulancia silla de ruedas, además cuenta con un sistema de protección contra incendios de categoría IX y posee un personal adiestrado para estos eventos en número de 13

Posee instalaciones para el despacho de carga elevadores del sistema Pellet, elevadores de hasta 10,000 toneladas fajas transportadoras, tractores y camionetas.

Los equipos electrógenos con que cuenta son de las siguientes marcas: Caterpillar, Murphy, estos dos se encuentran en el perímetro del aeropuerto, los siguientes se encuentran en las estaciones auxiliares estos son; Cummins. Lister, Onnan. Blackstone y en la planta transmisora de Santa Rosa se cuenta con un Caterpillar.

Se encuentra dentro de las instalaciones unas motobombas las cuales llevan Gas carbónico el cual es especial para combatir incendios de combustibles de altos octanajes.

En cuanto a comunicaciones cuenta con estaciones de radio ubicadas en Sta. Rosa, Chillón, Oquendo, Las Palmas Elbor y El MDB.

Teniendo en consideración lo mencionado se puede afirmar que el sismo en hipótesis no afectaría al aeropuerto en forma de hacerlo inoperante.

CAMPOS DE ATERRIZAJE ALTERNOS A LIMA.

<u>NOMBRE</u>	<u>LONGITUD</u>	<u>CAPA DE RODADURA</u>	<u>ALTURA</u>
Collique	1,100	Asfalto	123
Las Palmas	---	----	---
Pisco	2,450	"	6
Arequipa: Rodri- guez Ballon	2,300	"	2,500
La Joya	---	----	---
Tacna	2,500	"	498
Chiclayo	2,500	"	27
Piura	2,500	"	52
Talara	2,450	"	84
Trujillo	1,800	"	22

HELIPUERTOS

Los helicópteros son las unidades llamadas a desempeñar papel importante dentro del radio urbano de Lima Metropolitana, aunque esto queda en manos de las Fuerzas Armadas, ya que prácticamente hay muy pocas unidades disponibles de propiedad particular.

El peso de los helicópteros varía de 1,500 a 12,000 kgs.

En cuanto a campos apropiados para la operación de estas máquinas dentro del radio urbano, se cuenta con 5 helipuertos, que son:

- 1.- Hospital de la Fap, en el crucero de las Avenidas Aramburú y Petit Thuoars en San Isidro.
- 2.- Edificio de Petróleo del Perú en la cuadra 33 del Paseo de la República.
- 3.- Hotel Crillón, en la Av. Nicolas de Piérola cuadra 5.
- 4.- Hotel Sheraton, Paseo de la República, 1ra Cdra.
- 5.- Costa Verde, (Orrantía del Mar.), terraplenes actualmente abandonados por la municipalidad de San Isidro.

Cabe mencionar que llegado el caso de declararse el estado de emergencia, se emplearán plazas, parques, explanaciones, avenidas etc; dejando el buen desempeño a la pericia de los aviadores.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

De la importancia del estudio.

Se ha visto que el Perú así como Lima se encuentran expuestos a sufrir los efectos de un sismo destructor, por tanto este estudio así como realizados por los compañeros míos, son necesarios para así estar prevenidos y conocer de antemano lo que puede suceder y las ocasiones que se deberán de tomar. Como este estudio está auspiciado por El Comité Nacional de Defensa Civil, será tomado en cuenta para la elaboración de un plan de defensa de la ciudad ante los efectos que pueda ocasionar un sismo como el de la hipótesis.

Del Transporte Terrestre.

Se ha determinado que uno de los problemas más tangibles en la ciudad, es el bloqueo de Calles, en el cual se señalan las zonas más susceptibles a este tipo de problema

Se establece la prioridad tanto en el estudio así como para los efectos de reapertura de calles por medio del sistema vial de la ciudad arterial. En este aspecto se pre-

senta un plano detallando las avenidas consideradas dentro de este sistema.

Además del problema de bloqueo de calles se ha detectado que puede ocurrir otros tipos de problemas. Estos son inundación de vías, este problema se presentarán en vías que presenten una configuración del perfil vertical en forma parabólica y que se encuentren a niveles inferiores que los normales, caso Vía Expresa del Paseo de la República, Bays Pass de la Av. Arequipa y otros; La causa del problema principalmente sería originado por rotura de tuberías de agua así como problemas en las alcantarillas de desagüe.

Otros de los problemas que se pueden presentar son las de fallas en el pavimento; en este aspecto las calles del Callao ya que su suelo es de materiales blandos, por consiguiente están expuestos a asentamientos fuertes que pueden derivar en agrietamiento del pavimento. Cabe mencionar que actualmente existen varias avenidas en las cuales se puede observar los fuertes asentamientos sufridos tanto en las pistas así como también en las casas que se encuentran cercanas a estas.

También es posible que las vías se vean afectadas por derrumbes de materiales tales como arena (caso, Pasamayo) de piedras relativamente pequeñas pero en grandes cantidades (caso Costa Verde, Tramo de Pasamayito a la altura del

Km. 100 de La Panamericana Sur), así como también de rocas grandes y/o huaycos (caso carretera Chosíca-Huancayo). En este aspecto, es decir en el de las vías de acceso estas se encuentran en constantes trabajos de mantenimiento, ya que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene destacada en cada carreteras campamentos y maquinarias con el fin de que estas pistas se encuentren siempre en buen estado. Aunque en este sentido es necesario decir que los equipos que poseen actualmente se encuentran deficientes, tanto en cantidad como en rendimiento.

La vía de acceso a Lima más afecta a problemas, es el tramo del serpentín de Pasamayo ya que en él se ha producido fallas en el pavimento debido a fallas del talud, (Ver foro N° 16) y constantemente se vé bloqueada por deslizamientos de arena. (Ver foto Nros. 17-20).

En cuanto a los puentes existentes en Lima Metropolitana, se ha hecho un estudio comparativo con los puentes que han presentado problemas en sismos ocurridos en otros países y de acuerdo a las características de estructura, tipo de cimentación, tipo de suelo, etc; se llega a la conclusión de que la mayoría de los puentes que ha colapsado han debido esto ha fallas en las subestructuras originados por fenómenos producidos en el suelo en el cual están cimentados. En esto podemos afirmar que la mayoría de los puentes que se encuentran en el radio de Lima se encuentran sobre un suelo bas -

tante fuerte y que no representa problemas de este tipo. Además es necesario mencionar que la gran mayoría de los puentes son de material noble y construídos bajo las normas de la AASHO que contempla los efectos de los sismos, por lo cual podemos decir que los puentes no llegaron a sufrir daños de importancia que hagan a estos intransitables.

Actualmente se ha detectado dos puentes que presentan problemas: El Puente Dueñas el cual ha sido declarado en estado de emergencia, su problema fué originado por el arrojamiento indiscriminado de desmonte y basura en el tramo de la margen derecha del puente, ocasionado que el río desviara su cauce a la margen izquierda lo cual produjo un socavamiento del cauce hasta llegar a profundidades que han comprometido la estabilidad del puente, ya que han puesto en peligro la sustentación de las cimentaciones del estribo izquierdo y del pilar central. Los trabajos de emergencia ya se han iniciado y han atacado el problema de su raíz y lo que está haciendo es reabrir el cauce derecho y enrocar las zonas de las cimentaciones que han sido descubiertas por el río. (Ver foto N°21,22 y 23).

Otros de los puentes que tiene problemas es el Puente del Ejercito, el cual presenta asentamientos del material de relleno en los accesos al puente (Ver fotos N°24, 25 y 26) Este problema podría agravarse ya que la falla a sido originada por los sismos anteriores y de ocurrir el sismo en hipó

tesis estos asentamientos se pueden incrementar pudiendo quedar cortado el pavimento y el acceso a dicho puente.

En la Panamericana Sur uno de los puentes que se encuentra en un terreno que le puede ocasionar problemas en el puente Conchán que se encuentra en una zona constituida por arenas eólicas (Ver plano geológico, fig. 2). Es necesario que se realicen estudios más detallados sobre el comportamiento que pueda tener este puente en el caso de ocurrir el sismo en hipótesis.

Del Transporte Marítimo.

De los estudios realizados por el Ingeniero Casa Cisneros (estudio hecho en base al tipo de material de construcción, tipo de cimentación así tiempo de construido y estado en que se encuentran;) se determinó que por lo menos dos de los muelles, el N°5 y el N°7 no presentan daños de consideración y por lo cual estos podrán continuar prestando servicios luego de ocurrido el sismo en hipótesis. De acuerdo a los daños reportados en los sismos de Mayo del 70 así como en Octubre del 74, vemos que estas apreciaciones se han cumplido en forma bastante aproximada. Aunque también es bueno mencionar que los sismos citados el muelle N°10 uno de los más antiguos y construido de rocas no han presentado problemas de consideración, esto tal vez se deba a que este muelle se encuentra en un buen grado de consolidación que dá co

mo resultado un buen comportamiento sísmico. (en las fotos - del 27 al 37 se observan estos muelles, así como los problemas que se han presentado en los sísmos anteriores.) También por ser muelles cuyas plataformas están sustentadas solamente por pilotes y por no tener sobre cargas (almacenes) pueden tener muy buen comportamiento los muelles 1 y 4.

Los tsunamis.- Este tipo de fenómeno se estudia con el fin de determinar la posibilidad de que este se produzca y los daños que pueden causar en el Terminal Marítimo del Callao. Se presenta bastante difícil determinar los efectos que puede producir un tsunami ya que este presenta una variedad de parámetros que obliga a realizar un análisis completo de los factores que intervienen y de acuerdo a esto establecer una escala de daños que puede variar para una misma estructura según se presente este fenómeno.

En sí el problema más grave que puede causar el tsunami es el de las pérdidas de vidas humanas que puede ocasionar, por lo cual es necesario que se mantenga a las personas que residen, así como a las que trabajan en las zonas bajas del Callao y La Punta, informadas e instruidas sobre la forma de actuar en el caso de que se tenga conocimiento de que un tsunami se vá a producir.

Del Transporte Aereo.

Queda establecido que el Aeropuerto Internacional

Jorge Chávez se encuentra en condiciones de resistir los efectos que ocasionen el sismo sin que se vea afectada en forma grave que haga inoperante a este terminal.

RECOMENDACIONES

Dentro de las recomendaciones que se dan ha continuación se ha considerado realizar una clasificación de estas, a saber:

- 1.- Medidas a tomar de inmediato, antes de que ocurra el sismo.
- 2.- Medidas a tomar si el sismo ocurriera en fecha bastante próxima. PLAN EMERGENCIA.
- 3.- Medidas a largo y mediano plazo, que tengan la finalidad de eliminar los problemas detectados.

1.- Recomendaciones de medidas a tomar de inmediato.

Bloqueo de calles.-Como este problema se vá a presentar en las zonas señaladas, es necesario que los comités distritales a las que pertenecen dichas zonas se preocupen en la formación de los comités vecinales ó de barrios, ya que estos serán los que deberán asumir las primeras acciones en los trabajos de reapertura de calles. Además de esto, los comités vecinales tendrán otras misiones entre las cuales podemos citar, rescate de heridos, remoción de escombros, reporte de daños y otras acciones que

se vea necesario tomar de acuerdo a las circunstancias. Para que estas acciones estén coordinadas y bien planificadas se hace necesario la educación de las personas que se encuentren conformando estos comités. Esto sería posible a travez de cursillos dictados en las sedes de los comités distritales, los cuales tendrán también la finalidad de formar líderes y promotores.

Para los trabajos de remoción de escombros es necesario el empleo de equipos pesados tales como tractores motoniveladoras, camiones volquetes, etc. Estos equipos deberán estar disponibles para cuando se produzca la emergencia, pero para coordinar los trabajos se hace necesario conocer la cantidad, el estado y lo que es más importante la ubicación de estas máquinas.

En el presente trabajo presenta una relación de las unidades con que cuenta el S.E.M., así como una relación de unidades de propiedad particular, es esta última no se conoce la ubicación de la máquina, ante esto y teniendo en cuenta que estas máquinas cambian continuamente de ubicación, Es necesario la creación de un dispositivo legal que permita al Comité Nacional de Defensa Civil tener una relación actualizada de las maquinarias existentes en todo el país.

En lo que respecta al problema de los aniegos y inundaciones es necesario que se instale válvulas en puntos

lles que puede soportar en mejor forma los efectos que pueda ocasionar el sismo en hipótesis es el muelle N° 5 por ser este de construcción moderna y que actualmente se encuentra en etapa de ampliación. Es necesario la realización de estudios que den pautas para el reforzamiento de este muelle con el fin de tener la seguridad de que este podrá resistir indemne las fuerzas del sismo y también el de los tsunamis. Cabe mencionar que el presente estudio debe considerarse como preliminar y que por consiguiente el estudio en forma pormenorizada de aspectos como el mencionado.

2.- Medidas para el PLAN EMERGENCIA.

- La primera operación que deberá realizarse deberá ser el de inspección de la ciudad, esto se deberá realizar en forma aérea por intermedio de helicópteros.
- Los comités de barrio ó vecinales deberán ser los primeros en ejecutar las acciones de socorro, remoción de escombros, rescate de heridos y otras operaciones que estén dentro de sus posibilidades, además de reportar los daños y reapertura de calles.
- Para los trabajos de reapertura de calles deberán ser considerarse de primera prioridad las vías ubicadas en las zonas del Callao (por el peligro que puede representar un tsunami), las zonas de Barrios Altos y la Zona an

tigua del Rimac, por la cantidad de viviendas tipo A que existen en estas zonas lo cual también vá a representar un mayor número de damnificados.

Se deberá restringir el tráfico a estas zonas, permitiéndose solo el ingreso de vehículos oficiales y de emergencia, así como los que transporten a las brigadas de trabajo.

Se deberá inspeccionar, por tierra, las calles con el fin de clausurar al tráfico las vías que representen peligro en cuanto a nuevos derrumbes ocasionados por réplicas

Si la Vía Expresa presenta los problemas yá mencionados deberá desviarse el tráfico por las avenidas Petit Thouars y arenales, destinar la Av. Arequipa para el uso exclusivo de vehículos oficiales y de emergencia.

Algunas vías de doble sentido deberán ser asignadas de un sólo sentido con la finalidad de dar una mejor fluidez al tránsito; en otras palabras el tránsito deberá ser sostificado en forma tal que preste el mejor servicio posible.

Para el caso los puentes, como se ha mencionado anteriormente, estos no sufrirán daños graves que afecten seriamente su estructura como para cerrarlos al tránsito, pero sí es posible que tengan daños leves por lo cual el

tránsito deberá restringirse en todos los puentes, salvo algunas excepciones, permitiéndose sólo el paso de vehículos livianos; hasta que estos puentes sean inspeccionados y calificados, por un equipo de inspección.

- Se ha observado en experiencias pasadas que el mayor problema que se presenta en el transporte es el de la congestión del tráfico. Por lo que se hace necesario educar al público en general y a los automovilistas en especial que antes de salir en sus automóviles a las calles, escuchan los reportes de las zonas que han sido más afectadas y de acuerdo a estos ver si es necesario su movilización a las zonas a las cuales puedan encontrarse sus familiares ó personas allegadas. Se deberá inculcar un sentido patriótico en el personal de la G.C. con la finalidad de que estos no abandonen sus puestos cuando ocurre el sismo, que es cuando más se les necesita.
- Para el caso de los problemas que se van a presentar en el tramo del serpentín de Pasmayo, este deberá quedar cerrado al tránsito, para lo cual se desviará el tráfico hacia la variante de Pasamayo, mientras duren los trabajos de limpieza y reparación de esta vía.

Aplicar un plan de evacuación para las zonas de La Punta y zonas bajas del Callao, si es que se observan variaciones anormales en la marea. Para esto se deberán obligar a todos los vehículos que se encuentren en esas zonas

presten su colaboración transportando a las personas del lugar, además el tráfico en las avenidas Grau, Gamarra , Buenos Aires y el Jr. Bolognesi deberá establecerse solo de oeste a este. Para que se aplique este plan con el éxito deseado es necesario que se realicen simulacros de evacuación continuamente.

- En el caso de que el puerto del Callao quede inoperante se deberá asignar al puerto de Pisco como el puerto que cumpla las funciones de alternativo.
- En el caso, poco probable, de que el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez quede inoperante, se utilizará como aeropuertos alternos, donde puedan operar aviones del extranjero, esto es, de rutas internacionales en viaje al Callao. Para los que vienen del norte, tenemos los Aeropuertos de Talara, Piura y Chiclayo. Para los que vienen del Sur, los Aeropuertos de Tacna, Arequipa y Pisco. Dentro del área urbana los Aeropuertos de Las Palmas y el de Collique.

Medidas a mediano y largo plazo.

- Bloqueo de Calles.- como ya se ha mencionado las zonas que presentan este problema son las de Barrios Altos, Rímac y centro de Lima. Existen dos alternativas para la eliminación de este problema: La primera sería la puesta en marcha del proyecto de remodelación vial (Plan Vial -

Metropolitano) Pero dando prioridad a las zonas mencionadas; la segunda sería el de aplicación de un plan de remodelación urbana, con lo que se eliminaría las viviendas que ofrecen el peligro de colapso. En este plan debería incluirse la restauración de los Monumentos Históricos y Arquitectónicos en forma tal que estos sean capaces de soportar los esfuerzos que ocasiona un sismo destructor.

En este aspecto, los estudios preliminares podrían ser realizados por Bachilleres de la U.N.I. en forma de Tesis de Grado.

- Dentro del plan Vial Metropolitano debe considerarse prioritarios la construcción del Malecón Rímac, la remodelación de los jirones Cusco, Huánuco y Ancash, la prolongación de la Av. Grau, así como el de la Av. Tacna. La remodelación del jirón Cajamarca, Virú, Trujillo, García Hurtado de Mendoza y Marañón; aunque en estas últimas vías que pertenecen a la zona del Rímac, tal vez es más factible la renovación de las casa y restauración de los monumentos por ser esta zona considerada como zona monumental
- Realizar estudios en mayor detalle sobre el comportamiento sísmico de los puentes de mayor antigüedad, tales como el Puente de Piedra, el Puente Balta; ya que los estudios aquí realizados son solo en una forma muy genral.

- Deberá realizarse estudios para tratar de resolver los problemas relacionados, con la congestión del tráfico que se produce no solo en el caso de la ocurrencia de un sismo sino también en las horas de mayor influencia, en días normales; Es decir que las soluciones que se den estén encaminadas a resolver el problema de la congestión del tráfico. Las soluciones para resolver este problema en épocas normales serán también para solucionar los problemas de congestión que puede producirse ante la ocurrencia de un sismo.

Se hace necesario la incentivación de una especialidad de la Ingeniería Civil, la cual es Ingeniería de Tránsito.

La congestión del tráfico es uno de los problemas más graves que se tendrá inmediatamente después de ocurrido el sismo, ante esto es necesario que se realice una campaña de educación a la población con la finalidad de que esta conserve el comportamiento adecuado a fin de que el problema sea el mínimo posible.

- Ocasionalmente ocasionan problemas al desarrollo del tráfico urbano la ocupación descontrolada de los vendedores ambulantes, los cuales reducen las capacidades de vía de las arterias que ocupan, tanto para los vehículos como a los peatones, es por esto que se debe de acelerar los estudios para resolver los problemas del comercio ambulante con la finalidad de que este sea erradicado.

- El reglamento de peatones debe ser establecido en la brevedad posible, debido a que muchas personas que no observan estas normas son causas de retrasos del tráfico vehicular, ayudando en esta forma a incrementar el problema de la congestión.
- Se ha visto que el mes de Octubre es uno de los meses donde se tienen registrado un mayor número de terremotos en Lima. Es por esto que se debería realizar un estudio sobre las incidencias que se podría tener si un sismo ocurre durante uno de los recorridos de la procesión del Señor de los Milagros. En este aspecto es recomendable se estudie las calles y avenidas por las que recorrerá la procesión con la finalidad de optar por las vías que no ofrezcan peligro a los feligreses.
- Respecto a las vías de acceso a Lima hemos visto que solamente tres de estas vías se encuentran en buenas condiciones de resistir, aunque con pequeños problemas, el sismo en hipótesis; se hace necesario que se modernicen y se construyan otras vías en las cuales no se tengan problemas de interrupciones, a fin de tener siempre vías de acceso y salida para el caso de la ocurrencia del sismo en hipótesis. En este aspecto las prioridades de construcción ó remodelación deberá tomarse de acuerdo con la importancia de los insumos que por cada vía provenga

- Todas las vías de acceso deberán de poseer el equipo adecuado para su conservación y mantenimiento.
- En el caso del Transporte Marítimo es necesario la construcción de nuevos puertos con capacidades adecuadas, y contruidos con las técnicas modernas en las que se contemplen la resistencia sísmica, a fin de que sirvan como alternos para el caso de que quede inoperante el del Callao, Actualmente solo se cuenta con el Puerto San Martín de Pisco, para este fin.
- Igualmente para el caso del transporte aéreo debe estudiarse la construcción de un nuevo Aeropuerto en el área de Lima Metropolitana, ya que con el tiempo el actual Aeropuerto pueda quedar chico para operaciones de la aviación comercial. A la vez que este Aeropuerto serviría como alternativo.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- PADRON, B. F. Ingeniería de Tránsito, Lima Perú, 1967
Ed. U.N.I. Instituto de Vías de Transporte.
- 2.- CAL Y MAYOR R, J.C.I.J.; Ingeniería de Tránsito, México 1972
Centro Regional de Ayuda Técnica.
- 3.- WIEGEL, R. L. Earthquake Engineering, Englewood Cliff
1970, Ed. Prentice Hall. Jc.
- 4.- PAREDES VARGAS R. A. Tesis de Grado : Estudio sísmico de
las Viviendas en el Distrito del Rímac bajo la hipótesis de un sismo destructor en
el área de Lima Metropolitana.
P.A.I.C - UNI, Lima 1974.
- 5.- RUIZ SOYER C. J. Tesis de Grado : Estudio Sismo Resistente
de Viviendas en San Martín de Porres. Comportamiento Sísmico de Edificaciones.
P.A.I.C., UNI, Lima 1974.
- 6.- PORTUGAL BUSTAMANTE W, H. Tesis de Grado : Estudio de los
Efectos Destructivos de un Sismo Hipotético de Grado VIII M.M. y las medidas a tomar para minimizarlos en Lima, Breña,
Callao, Bellavista, Carmen de la Legua y Reynoso. P.A.I.C., UNI. Lima 1974.

- 7.- CASAS CISNEROS A. J. Tesis de Grado : Estimación de Daños por Sismos y Tsunamis en zonas bajas del Callao. P.A.I.C., UNI - Lima 1974.
- 8.- JIDA, K. Magnitude and Energy of Earthquake Accompanied by Tsunami and Tsunami Energy, Jugg, Japan.
- 9.- INAMURA, A. List of Tsunamis in Japan, TISIM V.2 SER 2, 1949.
- 10.- THE JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS; EARTHQUAKE RESISTANT DESIGN FOR CIVIL ENGINEERING STRUCTURES, EARTH STRUCTURES AND FOUNDATIONS IN JAPAN, 1968.
- 11.- HUSID, RAUL. Análisis de los Terremotos Peruanos Ed. UNI - Lima 1976.
- 12.- GODOY, H., MONGE, J. Metodología para la Evaluación del Riesgo de Tsunami, Universidad de Chile, 1975.
- 13.- KUROIWA, H. J. Apuntes de Clases de Ingeniería Antisísmica - UNI 1975.
- 14.- REGLAMENTO NACIONAL DE CONSTRUCCIONES
- 15.- RAUL RIOS Reunión Andina de Seguridad Sísmica Tomo - 3. P. Universidad Católica del Perú 1975.
- 16.- VALLENAS, J. M. Tesis de Grado : Recomendaciones para Diseño Antisísmico de Obras de Ingeniería Civil. P.A.I.C - UNI 1972.