

75
2 eje.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

“CONCRETO HIDRAULICO EN
CARRETERAS”

T E S I S
PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A .

FRANCISCO CUAUHEMOC LUIS RUSTRIAN



MEXICO, D. F.

1994

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-1-116/93

Señor
FRANCISCO CUAUHEMOC LUIS RUSTRIAN
Presente.

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. GILBERTO E. HERNANDEZ GOMEZ**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

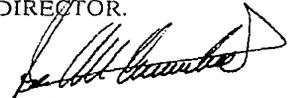
"CONCRETO HIDRAULICO EN CARRETERAS"

- I . INTRODUCCION
- II . DESCRIPCION DE PARTES DE UN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO
- III. CRITERIOS DE DISEÑO
- IV . ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION
- V . PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO
- VI . CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, a 19 de agosto de 1993.
EL DIRECTOR.


ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/RCR*nl1

pl.

DEDICO ESTE TRABAJO DE TESIS CON MUCHO CARINO A MIS PADRES:

CONTRALMIRANTE C.G. D.E.M. CUAUHTEMOC LUIS NOGUEDA

MARICELA CARLOTA RUSTRIAN DE LUIS

**POR SU GRAN AMOR, DEDICACION, PACIENCIA Y POR ENSEÑARME EL
CAMINO CORRECTO DE LA VIDA**

**MI ETERNO AGRADECIMIENTO Y CARINO A LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA
U.N.A.M. Y A MIS PROFESORES, QUIENES ME BRINDARON SUS CONOCIMIENTOS PARA
PODER SER UTIL A LA SOCIEDAD Y A LA PATRIA.**

A MIS ENTRAÑABLES AMIGOS:

JOSÉ MEDINA URDAPILLETA

PHEN BOLIO ALBUERNE

LUIS GERARDO BERNAL PÉREZ

JUAN CARLOS HERNÁNDEZ AGUIRRE

RENÉ URRUTIA YÉPES

ENRIQUE AUGUSTO HERNÁNDEZ RUIZ

JOSÉ CARLOS DELGADO CHONG

JUAN CARLOS ÁLVAREZ GONZALEZ

**CON QUIENES VIVI MOMENTOS INOLVIDABLES, Y CUYA AMISTAD ESPERO PERDURE
TODA LA VIDA.**

ESPECIALMENTE PARA ADRIANA, POR ESE AMOR A PRUEBA DE TODO

A MIS HERMANOS; PEPE, BETO Y NENA POR AGUANTARME SIEMPRE

**A MI GRAN AMIGO DE SIEMPRE, RAFAEL MONTES DE OCA SILVA, POR EL CAMBIO
QUE TODOS ESPERAMOS**

A CÀSTOR, MI COMPAÑERO DE TODA LA VIDA

" CONCRETO HIDRAULICO EN CARRETERAS"

INDICE

PREFACIO.	1
I.- INTRODUCCION.	
1.1.- ANTECEDENTES.	2
1.2.- TIPOS DE CARRETERAS.	4
1.3.- PORQUE EL EMPLEO DE CARRETERAS DE CONCRETO HIDRAULICO.	5
1.4.- PANORAMA HISTORICO DEL EMPLEO DE CONCRETO HIDRAULICO EN CARRETERAS.	7
II.- DESCRIPCION DE LAS PARTES DE UN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO.	
II.1.- COMPONENTES.	9
II.2.- TERRACERIAS.	10
II.3.- SUBRASANTE.	14
II.4.- SUB-BASE.	21
II.4.1.- BOMBEO.	25
II.4.2.- PRUEBA DE PLACA.	28
II.5.- CARPETA DE RODAMIENTO.	33
III.- CRITERIOS DE DISEÑO.	
III.1.- CRITERIOS UTILIZADOS EN UN PRINCIPIO.	34
III.2.- ANALISIS DE ESFUERZOS EN LAS LOSAS DE CONCRETO.	36
III.3.- DISEÑO DE LOSAS DE CONCRETO POR EL METODO DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION.	50
III.3.1.- ESTUDIO DEL TRANSITO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN CARRETERAS UTILIZANDO EL METODO DE LA PCA	55
III.4.- GRAFICA DE PICKETT PARA CALCULAR ESPESORES DE LOSAS DE CONCRETO.	60
III.5.- ANALISIS DE LOSAS DE CONCRETO POR ELEMENTOS FINITOS.	61
III.6.- DISEÑO DE JUNTAS EN LAS LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO.	66

IV.- ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION.

IV.1.- PREPARACION DEL TERRENO NATURAL DE APOYO.	93
IV.2.- NORMAS DE CALIDAD DEL CONCRETO	99
IV.2.1.- MEZCLADO DEL CONCRETO.	109
IV.3.- PRUEBAS DE LABORATORIO PARA EL CONCRETO	114
IV.3.1.- COMPRESION SIMPLE	115
IV.3.2.- RESISTENCIA A LA FLEXION	117
IV.3.3.- REVENIMIENTO	119
IV.3.4.- REACCION ALACALI-AGREGADO	122

V.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

V.1.- PANORAMA GENERAL.	123
V.2.- PREPARACION Y ACABADO DE LA SUBRASANTE.	123
V.3.- PREPARACION Y ACABADO DE LA SUB-BASE.	124
V.4.- COLOCACION DE CIMBRAS.	127
V.5.- COLOCACION DEL ACERO DE REFUERZO.	129
V.6.- EXTENDIDO Y ACABADO DEL CONCRETO HIDRAULICO.	131
V.7.- CURADO DE LAS LOSAS DE CONCRETO.	136
V.8.- SELLADO DE JUNTAS.	141

VI.- CONCLUSIONES.

143

VII.- BIBLIOGRAFIA.

145

ANEXOS

A.- TIPOS DE REHABILITACION A BASE DE SOBRE-CARPETAS DE CONCRETO HIDRAULICO.	147
B.- TRABAJOS DE MANTENIMIENTO.	149
C.- OBRAS COMPLEMENTARIAS DE DRENAJE.	151
D.- ESTUDIOS PRELIMINARES.	165
E.- ESTUDIOS GEOTECNICOS.	173

PREFACIO

EL SIGUIENTE TRABAJO DE TESIS TRATARA SOBRE LO RELACIONADO CON EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO Y, EN GENERAL CON TODAS LAS CAPAS DE SUELOS QUE CONFORMAN A UN PAVIMENTO RIGIDO, DESDE LAS TERRACERIAS HASTA LA SUB-BASE. SE MENCIONAN CRITERIOS GENERALES PARA EL CALCULO DE ESPESORES DE LOSAS BASADOS EN LOS MISMOS CONCEPTOS GENERALES DE DISEÑO. SE MENCIONARA TAMBIEN EN LOS ANEXOS, OBRAS COMPLEMENTARIAS DE DRENAJE, ESTUDIOS PRELIMINARES DE MECANICA DE SUELOS, ESTUDIOS GEOTECNICOS NECESARIOS PARA LA REALIZACION DE OBRAS CARRETERAS, Y, TRABAJOS DE MANTENIMIENTO EN LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO.

I

INTRODUCCION

1.1.- ANTECEDENTES

EL USO DE CONCRETO HIDRAULICO EN CARRETERAS SE BASA PRINCIPALMENTE EN LAS LOSAS PARA LOS PAVIMENTOS RIGIDOS, CLARO ESTA QUE SE USA PARA EN DIFERENTES FORMAS EN UNA OBRA CARRETERA, PERO EN EL PRESENTE TRABAJO SE HABLARA DE LAS LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO.

PARA HACER UN PROYECTO QUE INVOLUCRE EL USO DE LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO EN PAVIMENTOS RIGIDOS HAY QUE TOMAR EN CUENTA EL DISEÑO DE DIVERSOS ELEMENTOS QUE SON IMPORTANTES PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LA CARRETERA, ESTOS PUEDEN SER:

- EL DE LAS TERRACERIAS.
- SUB-BASE
- SUBRASANTE
- RESISTENCIA Y CALIDAD DEL CONCRETO CON QUE SE HARAN LAS LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO
- JUNTAS PARA LAS LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO

PARA EL DISEÑO DE UNA CARRETERA CON LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO ES NECESARIO HACER UN ESTUDIO DEL TRANSITO, ES DECIR, ANALIZANDO SU VOLUMEN, TIPO Y PESO ACTUAL Y SU VARIACION A FUTURO PARA ESTABLECER LOS NIVELES ADECUADOS DE SERVICIO EN LA CARRETERA Y QUE EL MISMO NO SEA REBASADO POSTERIORMENTE OCASIONANDO PROBLEMAS A ESTA.

LOS PRIMEROS ANALISIS DE LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO PARA PAVIMENTOS RIGIDOS FUERON HECHOS POR CLIFFORD OLDER Y NO SE TOMABA EN CUENTA EL APOYO DE LAS CAPAS INFERIORES A ELLAS POR LO QUE LOS ESPESORES DE ESAS LOSAS SIMPRE RESULTABAN DEMASIADO SOBRADOS. POSTERIORMENTE EL Dr. WEESTERGARD MODIFICO ESE CONCEPTO Y TOMO EN CUENTA EN SUS ECUACIONES EL EFECTO DE APOYO QUE LAS CAPAS INFERIORES DE LA LOSA PRODUCEN EN ELLA, ADEMAS DE HACER OTRA CONSIDERACION SUMAMENTE IMPORTANTE , QUE CONSISTE EN SUPONER QUE LA CARGA CRITICA SOBRE LAS LOSAS ES LA DE ESQUINA. EXISTEN FORMULAS PARA CALCULAR ESFUERZOS CRITICOS POR TENSION EN LAS ESQUINAS DE LAS LOSAS DE CONCRETO QUE SON MODIFICACIONES A LAS ORIGINALES DE WEESTERGARD Y QUE INCLUYEN FACTORES COMO SON LOS DIFERENCIALES DE TEMPERATURA EN LAS LOSAS DE CONCRETO Y EL EFECTO DE ALABEO EN LAS ESQUINAS DE ESTAS A CAUSA DE ESOS DIFERENCIALES, ASI COMO UN APOYO NO UNIFORME EN LAS ESQUINAS DE LAS LOSAS.

CONVIENEN HACER NOTAR QUE PARA EL DISEÑO DE LOSAS DE CONCRETO EN CARRETERAS ES PRACTICA COMUN EL USO DE GRAFICOS DE DISEÑO QUE FACILITAN Y AGILIZAN LOS CALCULOS. PARA SU USO SOLO ES NECESARIO HACER EL ANALISIS PREVIO DE CARGAS DE TRANSITO PARA SABER LOS NIVELES DE ESFUERZOS QUE HABRAN DE SOPORTAR LAS LOSAS, CONOCER EL MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE "k" Y EL MODULO DE RESISTENCIA A LA TENSION EN FLEXION "MR" DEL CONCRETO, Y A PARTIR DE ESTOS DATOS SE LLEGA A LOS ESPESORES ADECUADOS DE LAS LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO.

TAMBIEN EXISTE UN METODO QUE FUE DISEÑADO POR LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION PARA EL CALCULO DE ESPESORES DE LOSAS DE CONCRETO EN CARRETERAS, Y SE BASA PRECISAMENTE EN LOS DATOS MENCIONADOS .

DENTRO DE LOS METODOS QUE PUEDEN LLEGAR A USARSE PARA EL DISEÑO DE LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO EN PAVIMENTOS RIGIDOS, EXISTE EL DE LOS ELEMENTOS FINITOS , SE EXPLICARA BREVEMENTE ESTE METODO PARA COMPRENDER LA MANERA DE USARLO COMO UNA HERRAMIENTA VALIOSA PARA EL CALCULO DE PAVIMENTOS RIGIDOS.

EN EL PRESENTE TRABAJO SE PRETENDEN ENGBOLAR TODOS LOS ASPECTOS INDISPENSABLES PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE PAVIMENTOS RIGIDOS Y DE LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO EN LOS MISMOS. SE HACE EL ANALISIS DESDE LAS CAPAS INFERIORES A LAS LOSAS, O SEA, DESDE LAS TERRACERIAS, SUBRASANTE Y SUB-BASE, ANALIZANDO FUNDAMENTALMENTE EL ASPECTO GEOTECNICO, ES DECIR, LA COMPOSICION DE LOS SUELOS, LA GRANULOMETRIA Y LOS PORCENTAJES DE COMPACTACION IDEALES PARA QUE ESAS CAPAS TENGAN UN COMPORTAMIENTO MECANICO ADECUADO PARA LOS NIVELES DE ESFUERZO Y DE DEFORMACION A LOS QUE SERAN REQUERIDOS, HASTA LOS METODOS Y MAQUINARIA PARA LA CONSTRUCCION DE LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO QUE SE USAN ACTUALMENTE.

I.2.- TIPOS DE CARRETERAS

PODEMOS DEFINIR AL PAVIMENTO COMO LA ESTRUCTURA CONSTITUIDA POR UNA CAPA O CONJUNTO DE CAPAS DE MATERIALES CON DETERMINADAS PROPIEDADES, COMPRENDIDAS ENTRE LA SUBRASANTE Y LA SUPERFICIE DE UNA OBRA VIAL Y CUYAS FUNCIONES PRINCIPALES SON LAS DE PROPORCIONAR UNA SUPERFICIE DE RODAMIENTO UNIFORME Y RESISTENTE A LA ACCION DEL TRANSITO, AL INTEMPERISMO Y A OTROS AGENTES QUE PUEDAN PERJUDICARLO. SU FUNCION ES LA DE TRANSMITIR ADECUADAMENTE A LAS CAPAS INFERIORES, LOS ESFUERZOS PRODUCIDOS POR EL TRANSITO, HACIENDO POSIBLE QUE LOS VEHICULOS PUEDAN CIRCULAR CON COMODIDAD, SEGURIDAD Y ECONOMIA.

LA ESTRUCTURA O DISPOSICION DE LOS ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UN PAVIMENTO, ASI COMO LAS CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES QUE SE VAN A EMPLEAR EN SU CONSTRUCCION, NOS OFRECEN UNA GRAN VARIEDAD DE POSIBILIDADES PARA DICHO FIN.

LAS CAPAS CON LAS QUE PUEDE ESTRUCTURARSE UN PAVIMENTO PUEDE SER DE MATERIALES NATURALES SELECCIONADOS, SOMETIDOS A DIVERSOS TRATAMIENTOS Y CORONADOS POR UNA CARPETA ASFALTICA O CON UNA **LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO**. DEPENDIENDO DEL TIPO DE SUPERFICIE DE RODAMIENTO, PODEMOS CLASIFICAR A LOS PAVIMENTOS EN FLEXIBLES O **RIGIDOS**.

LOS PAVIMENTOS RIGIDOS O DE CONCRETO HIDRAULICO TIENEN CARACTERISTICAS DIFERENTES DE LOS PAVIMENTOS FLEXIBLES, DESTACA POR SU IMPORTANCIA LA SIGUIENTE:

LA VENTAJA MAS IMPORTANTE CONSISTE EN QUE TIENEN UNA RESISTENCIA MAYOR A LA FLEXION Y, EN CONTRAPOSICION, LA DESVENTAJA MAYOR ES QUE SON AFECTADOS GRANDEMENTE POR LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA. POR OTRA PARTE, LOS METODOS DE CONSTRUCCION Y TENDIDO DE LA CAPA DE RODAMIENTO SON DIFERENTES.

I.3.- PORQUE EL EMPLEO DE CARRETERAS DE CONCRETO HIDRAULICO

ANTES QUE NOS ADENTREMOS EN EL ESTUDIO Y ANALISIS DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO, DEBEMOS EXPONER ALGUNOS CRITERIOS EN CUANTO A LAS CARACTERISTICAS DE ESTE Y QUE DERIBARAN EN SU USO. ESTOS CRITERIOS NECESARIAMENTE TIENEN QUE IR ENFOCADOS HACIA LA ECONOMIA DE UNA CARRETERA Y SOBRE TODO EN LA SEGURIDAD DEL USUARIO; QUE, A FIN DE CUENTAS SON LOS QUE SE BENEFICIARAN DE TODAS LAS TECNICAS QUE SE USEN CORRECTAMENTE EN SU CONSTRUCCION.

LAS CARACTERISTICAS QUE SE PUEDEN OBSERVAR DE UN PAVIMENTO DE CONCRETO SE DEBEN PRINCIPALMENTE A LA ESTRUCTURA Y PROPIEDADES DE ESTE MATERIAL, SE MENCIONAN A CONTINUACION ALGUNAS DE ESAS CARACTERISTICAS:

ALTA RESISTENCIA.- EL PAVIMENTO DE CONCRETO POSEE UNA ALTA RESISTENCIA A LA FLEXION Y COMPRESION; ESTAS DEPENDEN PRINCIPALMENTE DEL MATERIAL, O SEA DEL CEMENTO EN COMBINACION CON LOS AGREGADOS PETREOS QUE LO CONFORMAN; AQUELLA, SIMPLEMENTE NO PUEDE SER ALCANZADA POR UN ASFALTO DEBIDO A LAS CARACTERISTICAS DE SUS MATERIALES. EN PRUEBAS DE LABORATORIO HECHAS EN INSTITUCIONES DE INVESTIGACION COMO EL **IMCYC** SE HAN PODIDO OBTENER CONCRETOS CON RESISTENCIAS HASTA DE **860 kg/cm²** A LOS 7 DIAS Y **1005 kg/cm²** A LOS 28 DIAS, ESTO, PARA CIERTOS CONSUMOS ELEVADOS DE CEMENTO; Y, TAMBIEN SE HAN ALCANZADO RESISTENCIAS HASTA DE **1050 kg/cm²** A LOS 90 DIAS PARA CONSUMOS MAS BAJOS DE CEMENTO, GRACIAS A LA ADICION DE CENIZAS VOLCANICAS, UTILIZANDO PARA ELLO MATERIALES DE BANCOS CERCANOS A LA CIUDAD DE MEXICO.

RIGIDEZ.- LA RIGIDEZ O INFLEXIBILIDAD, ESTA EN FUNCION DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN FORMA DE LOSAS, Y DEL **MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (E)**. ESTA CARACTERISTICA DE LAS LOSAS, ES LA QUE DA PRECISAMENTE EL NOMBRE AL TIPO DE PAVIMENTO, YA QUE, COMO SE MENCIONA MAS ADELANTE, ES LA ENCARGADA DE RESISTIR LA MAYORIA DE LOS ESFUERZOS Y DEFORMACIONES QUE SE PRODUCEN POR EFECTO DE EL TRANSITO Y TRANSMITE NIVELES DE CARGA SUMAMENTE BAJOS AL TERRENO DE APOYO, ES DECIR, LA SUB-BASE, LA SUBRASANTE Y LAS TERRACERIAS.

ESTABILIDAD DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO.- RESULTA FUERA DE TODA DUDA, QUE LA CARACTERISTICA MAS IMPORTANTE DE UN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL USUARIO, ES LA CALIDAD DE LA SUPERFICIE DE RODAMIENTO, YA QUE, SI SE SIGUEN LAS TECNICAS DE CONSTRUCCION ADECUADAS Y LAS NORMAS TECNICAS QUE PARA EL CASO SE SUGIEREN, NOS PROPORCIONARA UNA SUPERFICIE PLANA, DE MAYOR ESTABILIDAD Y SEGURIDAD EN EL MANEJO. LAS SUPERFICIES DE UN PAVIMENTO DE CONCRETO SON ALTAMENTE ESTABLES Y SEGURAS.

LA ESTABILIDAD DE LAS SUPERFICIES DE RODAMIENTO SE CALIFICAN DE ACUERDO A SU COMPORTAMIENTO ANTE LA ACCION DE LOS AGENTES ATMOSFERICOS Y A LA RESISTENCIA AL DAÑO ACUMULADO POR LA MAGNITUD DE LAS CARGAS QUE EL TRAFICO VEHICULAR PRODUCE.

EN CALIDAD DE USUARIOS DE LAS CARRETERAS, ES OBVIO QUE MUCHAS VECES NO CUANTIFICAMOS EL ENORME IMPACTO QUE REPRESENTA EL TRANSITAR POR SUPERFICIES DE RODAMIENTO DEFORMABLES. LA EXPERIENCIA QUE EN ESTE SENTIDO TIENEN EN E.U.A. DEMUESTRA QUE LOS COSTOS DE OPERACION VEHICULAR (REF.1) EN DIVERSOS TIPOS DE PAVIMENTOS Y CAMINOS RESULTAN MAS ALTOS EN PAVIMENTOS DE ASFALTO ESPECIALMENTE PARA CAMIONES PESADOS Y TRAILERS, QUE SON LOS QUE EN GRAN PARTE DEFORMAN ESAS SUPERFICIES DE RODAMIENTO, QUE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO; POR TANTO, ES CLARO QUE EL AHORRO DE COMBUSTIBLE REPRESENTA UN COSUMO MUCHO MAS BAJO EN UN PAVIMENTO DE CONCRETO QUE EN UNO ASFALTICO.

COLOR- TAL VEZ, ESTA CARACTERISTICA SEA DESPRECIADA POR MUCHOS PROYECTISTAS DE PAVIMENTOS A LA HORA DE HACER UNA ELECCION POR UNO DE ASFALTO O DE CONCRETO, PERO SE HA DEMOSTRADO QUE EL COLOR NATURAL QUE DA EL CEMENTO PORTLAND AL CONCRETO HACE QUE ESTE POSEA UNA ALTA REFRACTANCIA A LA LUZ (REF.2); TAL VEZ EN ALGUNAS HORAS DEL DIA PUEDE SER UN POCO MOLESTO (EN ALGUNAS OCASIONES), PERO EN LA NOCHE HACE QUE EL PAVIMENTO DE CONCRETO SEA MUCHO MAS VISIBLE QUE EL ASFALTICO, Y ESTO REPRESENTA UN ENORME AHORRO EN CUANTO A ILUMINACION Y EL MANTENIMIENTO DE ESTA.

I.4.- PANORAMA HISTORICO DEL EMPLEO DE CONCRETO HIDRAULICO EN CARRETERAS

EN EL AÑO DE 1891 TUVO LUGAR LA PRIMERA APLICACION DE LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO EN BELLEFONTAINE, OHIO, Y EN EL AÑO DE 1893 EN EL MISMO LUGAR SE CONSTRUYO UN PAVIMENTO DE CONCRETO COMPLETO, EL CUAL FUE CRUZADO CON EXITO POR EL PRIMER VEHICULO DE COMBUSTION INTERNA. HASTA EL AÑO DE 1908 SE HABIAN CONSTRUIDO MENOS DE 10000 km. DE ESTOS PAVIMENTOS EN ESTADOS UNIDOS Y SU APLICACION FUE EXCLUSIVAMENTE PARA CALLES. A PARTIR DE 1909 SE INICIARON LAS APLICACIONES EN CAMINOS RURALES Y HASTA EL AÑO DE 1924 SE HABIAN PAVIMENTADO CON CONCRETO MAS DE 50000 km DE ESTOS PROYECTOS. EN ESA EPOCA, EL INCREMENTO ANUAL ERA DE 10000 km DE PAVIMENTOS DE CONCRETO, QUE EN SU CONSUMO REPRESENTABA CERCA DE 9 MILLONES DE METROS CUBICOS POR AÑO. EN LA ACTUALIDAD ESTE INCREMENTO ES APROXIMADAMENTE DE 60 MILLONES DE METROS CUBICOS ANUALES.

HASTA EL AÑO DE 1920 TODAVIA NO SE CONTABA CON UNA TECNICA ADECUADA PARA LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS DE CONCRETO; EN ESE AÑO, EL BUREAU OF PUBLIC ROAD HIGHWAY RESEARCH BOARD INICIO UN PROGRAMA DE INVESTIGACION DE CARACTER NACIONAL EN EL QUE INTERVINIERON LAS UNIVERSIDADES Y LOS DEPARTAMENTOS DE CAMINOS ESTATALES. EL RESULTADO DE TODO ESTO, DIO LUGAR A LOS PRIMEROS CRITERIOS DE DISEÑO DE ESPESORES QUE FUERON DESARROLLADOS INDEPEDIENTEMENTE POR **GOLDBECK Y OLDER**, AMBOS ENCONTRARON UNA FUNCION QUE SE LE CONOCE CON EL NOMBRE DE "**ECUACION DE ESQUINA**". ESTOS CRITERIOS FUERON LA BASE DE DISEÑO DURANTE VARIOS AÑOS. EN EL AÑO DE 1926 **H.M. WESTERGAARD** COMPLETO SU ANALISIS DE ESFUERZOS DE LAS LOSAS DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS, "SUPONIENDO QUE EL APOYO DE LAS LOSAS SE COMPORTABA COMO UN LIQUIDO DENSO Y QUE REACCIONABA PROPORCIONALMENTE A LA DEFORMACION DE LA LOSA EN CUALQUIER PUNTO CONSIDERADO". ACTUALMENTE, ESTE CRITERIO SIGUE SIENDO LA BASE DE LOS METODOS DE DISEÑO DE ESPESORES DE LOSAS DE CONCRETO; SOLO HAN SUFRIDO MODIFICACIONES, ADAPTACIONES Y SIMPLIFICACIONES, POR EJEMPLO: EL MISMO WESTERGAARD MODIFICO SUS ECUACIONES ORIGINALES INTRODUCIENDO UNA CORRECCION RESPECTO A LA REACCION DE LA SUBRASANTE CON EL FIN DE HACER CONCORDAR SUS ECUACIONES BASICAS CON LOS ENSAYES REALIZADOS EN LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO.

NATHAN NEWMARK PRESENTO UNAS CARTAS DE INFLUENCIAS PARA SIMPLIFICAR LOS CALCULOS, PERO SU APLICACION HA SIDO MAS ADECUADA PARA LOS PAVIMENTOS DE AEROPUERTOS. EN EL AÑO DE 1950 **GERALD PICKETT Y G.K. RAY** PRESENTARON UNAS CARTAS DE INFLUENCIAS PARA LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO, CUYA APLICACION HA DADO BUENOS RESULTADOS PARA CUALQUIER TIPO DE PAVIMENTO RIGIDO.

TODAS LAS SOLUCIONES TEORICAS QUE SE HAN DESARROLLADO PARA EL DISEÑO DE ESPESORES DE LOSAS DE CONCRETO EN PAVIMENTOS RIGIDOS, ADOLESCEN DE SERIAS LIMITACIONES DEBIDO A QUE EL PROBLEMA ES MUY COMPLEJO. EN CONSECUENCIA, NINGUNA DE ELLAS ES COMPLETAMENTE SATISFACTORIA Y HA SIDO NECESARIO INVESTIGAR VARIOS CAMINOS DE PRUEBAS A ESCALA NATURAL PARA ADAPTAR LAS SOLUCIONES TEORICAS AL VERDADERO COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS. UNO DE LOS CAMINOS DE PRUEBA MAS REPRESENTATIVO DEL PROBLEMA, QUE SE HA INVESTIGADO EN LOS ULTIMOS AÑOS ES EL "**CAMINO DE PRUEBA DE LA AASHO (1958-61)** " (AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY OFFICIAL).

EN EL AÑO DE 1966 LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION (PCA), DESARROLLO UN METODO DE DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS DE CONCRETO, BASANDOSE EN LOS ESTUDIOS TEORICOS DE WESTERGAARD , EN LAS CARTAS DE INLUENCIA DE PICKETT Y RAY, EN LOS RESULTADOS DE LOS DIFERENTES CAMINOS DE PRUEBA REALIZADOS EN ESTADOS UNIDOS, EN UNA INVESTIGACION PROPIA Y EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS DIFERENTES PROYECTOS DE SERVICIO.

EN EL AÑO DE 1951 EL MISMO PICKETT DESARROLLO DOS FORMULAS PARA EL DISEÑO DE ESPESORES DE LOSAS DE CONCRETO PARA CARRETERAS, EN UNA DE ELLAS SE CONSIDERA LA TRANSMISION DE CARGAS POR MEDIO DEL REFUERZO DE LAS JUNTAS (PASAJUNTAS), EN LA OTRA NO SE TOMA EN CUENTA ESTE REFUERZO. EN EL AÑO DE 1969 **JUAN J. SALINAS PACHECO** EN BASE A LAS FORMULAS ANTERIORES, PRESENTO UNAS TABLAS PARA EL DISEÑO DE LOSAS DE CONCRETO EN CARRETERAS CON LAS QUE SE FACILITA EL CALCULO DE LOS ESPESORES PARA LAS MISMAS (SECUNDARIAS Y CALLES RESIDENCIALES).

II.1.- COMPONENTES

LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO RIGIDO ESTA COMPUESTA DE VARIAS CAPAS DE SUELOS CON DIFERENTES MATERIALES Y GRANULOMETRIAS. ESTA ESTRUCTURA FORMARA UNA BASE PARA LAS LOSAS DE CONCRETO QUE SERA LA QUE PROPORCIONARA UNA SUPERFICIE DE RODAMIENTO ADECUADA AL TRANSITO QUE LA CIRCULE.

TODAS LAS CAPAS DE MATERIALES TIENEN UN PAPEL IMPORTANTE DENTRO DE ESA ESTRUCTURA YA QUE LA FALLA DE ALGUNA DE ELLAS OCASIONARA EL MAL FUNCIONAMIENTO DE TODO EL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO. LAS CAPAS DE MATERIALES QUE LO INTEGRAN SON:

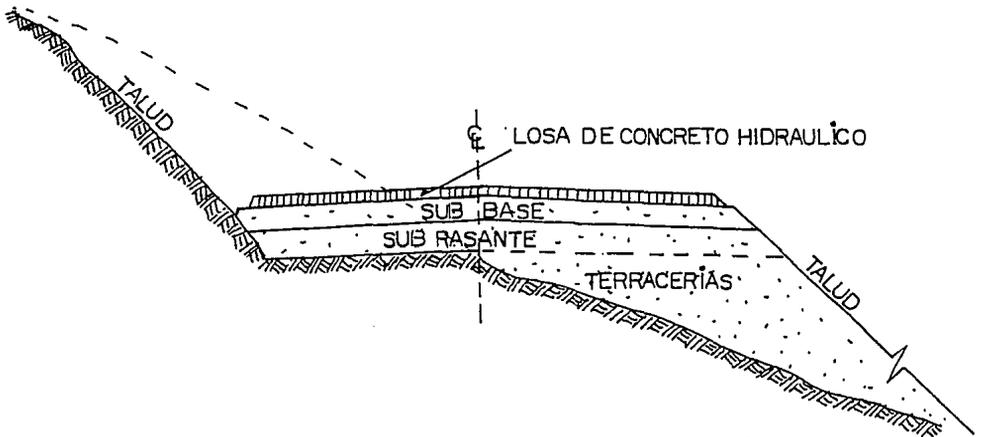
TERRACERIAS

SUBRASANTE

SUB-BASE

LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO

EN LOS SIGUIENTES APARTADOS SE DESCRIBIRAN TODAS LAS CARACTERISTICAS INHERENTES A DICHAS CAPAS DE MATERIALES QUE INTEGRAN UN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO.



II

DESCRIPCION DE LAS PARTES DE UN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO

II.2.- TERRACERIAS

EN LA CONSTRUCCION DE LAS VIAS TERRESTRES Y EN EL TEMA QUE NOS OCUPA, NUNCA PODREMOS ENCONTRARNOS CON UN TERRENO DE CIMENTACION QUE NOS OFREZCA LAS CONDICIONES CUANTITATIVAS Y CUALITATIVAS QUE BUSCAMOS PARA PROPORCIONAR UN ADECUADO CAMINO DE RODAMIENTO QUE EXIGEN LOS AUTOMOVILES Y CAMIONES EN LA ACTUALIDAD. A MEDIDA QUE LOS VEHICULOS FUERON EVOLUCIONANDO EN PESO, VELOCIDAD Y AUTONOMIA, SE FUE HACIENDO IMPRESCINDIBLE EL DOTARLES DE UN ADECUADO CAMINO DE CIRCULACION CON CRITERIOS DE VISIBILIDAD, TEXTURA, COMODIDAD, CURVATURA, ETC., QUE SATISFACIERA UNA DEMANDA DE OPERACION CADA VEZ MAS EXIGENTE; LO QUE, CONDUJO INEVITABLEMENTE A LA CONSTRUCCION E IMPLEMENTACION DE CAMINOS HECHOS A BASE DE TERRACERIAS; OBTIENIENDO, ESTAS SUPERFICIES DEBERIAN DE PROPORCIONAR LOS REQUERIMIENTOS YA MENCIONADOS. UNO DE LOS CRITERIOS QUE MAS SE UTILIZABAN (Y AUN SE HACE), EN LA CONSTRUCCION DE TERRACERIAS ERA EL ECONOMICO Y SE HACIAN CON LOS MATERIALES QUE ESTABAN DISPONIBLES E INMEDIATOS EN LOS LUGARES DE SU CONSTRUCCION LO QUE HIZO QUE, DESDE UN PRINCIPIO SE UTILIZARAN SUELOS DE MALA CALIDAD Y FRAGMENTOS DE ROCAS. ESTAS TERRACERIAS SOLO CUMPLEN SU FUNCION DE PROPORCIONAR UNA SUPERFICIE DE RODAMIENTO MAS O MENOS ADECUADA SI LOS REQUERIMIENTOS DEL TRANSITO SON RELATIVAMENTE PEQUEÑOS; AUN CON UNA RIGUROSA SELECCION DE LOS MATERIALES TERREOS O LOS FRAGMENTOS DE ROCA Y DANDOLES UNA COMPACTACION ADECUADA NO SE LOGRARA UNA SUPERFICIE MUY UTIL CUANDO LOS VOLUMENES DE TRANSITO SEAN DE REGULAR INTENSIDAD; LOS MATERIALES QUE SE PUEDAN UTILIZAR EN LA CONSTRUCCION DE LAS TERRACERIAS SOLO PUEDEN DAR UNA CIERTA CAPACIDAD DE OPERACION DURANTE UN LAPSO DE TIEMPO, PERO HASTA HOY NO SE HA LOGRADO DARLE LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA OPERAR DETERMINADO TIEMPO CON LAS CONDICIONES MINIMAS QUE EL TRANSITO MODERNO IMPONE.

COMO CONSECUENCIA, SE ESTABLECE CLARAMENTE UNA PRIMERA CONSIDERACION PARA LAS SUPERFICIES DE RODAMIENTO. EN CAMINOS DE MUY ESCASO TRANSITO (PODRIA SER DEL ORDEN DE MENOS DE 200 VEHICULOS DIARIOS) , LOS CRITERIOS ECONOMICOS PREVALECIERAN PARA QUE SE HAGAN CAMINOS DE MUY BAJAS ESPECIFICACIONES, FORMADOS POR FRAGMENTOS DE ROCAS O MEZCLAS DE ESTOS CON DIFERENTES TIPOS DE SUELOS, PERO BIEN SELECCIONADOS Y SOBRE TODO BIEN COMPACTADO, YA QUE SI SE HACE BIEN ESTA OPERACION TENDREMOS UNA CAPA DE MATERIAL CON UN FUNCIONAMIENTO ACEPTABLE.

RESULTA MUY IMPORTANTE, QUE AUN TRATANDOSE DE CAMINOS RURALES O DE ESCASO TRANSITO SE APLIQUEN LOS MEJORES CONOCIMIENTOS TECNICOS CON QUE SE CUENTE, YA QUE POR EL SOLO HECHO DE TRATARSE DE ESTE TIPO DE CAMINOS EN LA MAYORIA DE LAS OCASIONES SE HACEN SIN ESPECIFICACIONES TECNICAS - AUN SIENDO ESTAS MUY SENCILLAS- Y METODOS DE CONSTRUCCION ADECUADOS, Y COMO CONSECUENCIA SE DESPERDICIAN RECURSOS HUMANOS Y ECONOMICOS.

CUANDO LOS NIVELES DE TRANSITO SE HACEN MAS INTENSOS ES NECESARIO RECUBRIR LAS SUPERFICIES DE TERRACERIAS CON OTRAS CAPAS QUE TENDRAN QUE TENER CUALIDADES COMO PUEDEN SER:

- A) DURABLES
- B) ECONOMICAS
- C) QUE TENGA UNA BUENA ESTABILIDAD Y RESISTENCIA ANTE LOS AGENTES CLIMATOLOGICOS
- D) QUE RESISTA LA ACCION DE LAS CARGAS IMPUESTAS POR EL TRANSITO QUE PASE SOBRE ELLA
- E) PRESENTAR UNA SUPERFICIE QUE PROPORCIONE UNA ADECUADA FRICCION

PARA QUE ESTAS CONDICIONES PUEDAN SER LOGRADAS CON EXITO ES NECESARIO QUE DICHAS CAPAS SEAN DE MATERIALES GRANULARES DE MUY BUENA CALIDAD QUE MUCHAS VECES TENDRAN QUE SER ESTABILIZADOS O COMBINADOS ENTRE SI PARA PROPORCIONAR UNA RESISTENCIA ADECUADA A LOS ESFUERZOS QUE SE TRANSMITAN A ELLAS POR EFECTO DEL TRAFICO VEHICULAR.

LAS CAPAS NECESARIAMENTE TENDRAN QUE SER DE MAYOR COSTO QUE EL MATERIAL DE LAS TERRACERIAS, YA QUE AQUELLAS EN MUCHAS OCASIONES REQUERIRAN DE METODOS, NO DEL TODO NATURALES PARA SU OBTENCION. LOS INTERESES ECONOMICOS QUE RESULTAN DE LA OBTENCION DE CAPAS DE MATERIALES DE UNA MUY BUENA CALIDAD LLEVAN A LA SIGUIENTE CONSIDERACION:

LA CAPA DE RODAMIENTO SE CONSTRUYE CON UN ESPESOR Y CALIDAD TAL QUE SE LOGRA QUE LOS ESFUERZOS TRANSMITIDOS A LAS CAPAS INFERIORES Y A LAS TERRACERIAS SEAN COMPATIBLES CON LA CALIDAD DE ESTAS; ES DECIR, CUALQUIER PEQUEÑO ESFUERZO DE LOS SUELOS BAJO LA LOSA DE CONCRETO ES ABSORBIDA POR LA RESISTENCIA DE LA MISMA A LA TENSION.

LAS TERRACERIAS DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS TIENEN VARIAS CARACTERISTICAS DE COMPORTAMIENTO EN SU ESTRUCTURA:

EN LAS TERRACERIAS, LOS ESFUERZOS CORTANTES NO REPRESENTAN UN REQUISITO IMPORTANTE EN EL DISEÑO DE LAS MISMAS, ELLO DEBIDO A QUE LOS NIVELES DE ESFUERZO QUE LLEGAN HASTA ELLA A TRAVES DE LAS OTRAS CAPAS (SUB-BASE Y SUBRASANTE) SON PEQUEÑOS EN COMPARACION CON LA CAPACIDAD DE CARGA A LA FALLA DE LOS SUELOS QUE INTEGRAN EL CUERPO DE LAS TERRACERIAS.

TAL VEZ, EL ASPECTO MAS IMPORTANTE QUE SE TOMA EN CUENTA PARA LA ACEPTACION DE UN MATERIAL PARA CONFORMAR LAS TERRACERIAS SEA EL DE LA **DEFORMABILIDAD**, LO QUE CONDICIONARA EN GRAN PARTE SU BUEN COMPORTAMIENTO COMO CIMIENTO DE UN PAVIMENTO RIGIDO DE EXCELENTE CALIDAD; ENTONCES DEBEREMOS DE TENER MUY EN CUENTA LOS CONCEPTOS QUE HAGAN QUE UN MATERIAL UTILIZADO PARA LAS TERRACERIAS SEA POCO DEFORMABLE. SE TIENE QUE TENER MUY PRESENTE LA BUENA CALIDAD QUE DEBAN TENER LOS MATERIALES SOBRE TODO EN LO QUE RESPECTA A LA GRANULOMETRIA YA QUE SE PUEDEN PRESENTAR DOS CASOS EN EL CAMPO:

QUE LOS MATERIALES TENGAN GRAN ABUNDANCIA DE FRAGMENTOS GRANDES Y EN CONTRAPOSICION, PUEDE HABER MATERIALES QUE TENGAN GRAN CANTIDAD DE FRAGMENTOS PEQUEÑOS. ESTE TIPO DE MATERIALES SON MAS PROPENSOS A DEFORMARSE ESTRUCTURALMENTE, DEBIDO A LAS DIFICULTADES DE CONSTRUCCION QUE SUELEN PRESENTARSE AL TRATAR DE DARLES SU ACOMODO, LO QUE HACE QUE EN MUCHA OCASIONES SE COMETAN ERRORES Y DESCUIDOS DURANTE SU CONSTRUCCION Y QUE SE PONEN DE MANIFIESTO MAS GRAVEMENTE CUANDO LOS TERRAPLENES A CONSTRUIRSE SON MAS ALTOS. TAMBIEN EXISTE UN PROBLEMA DE DEFORMABILIDAD QUE SE TIENE EN TERRAPLENES DE BAJA ALTURA CON GRANDES FRAGMENTOS DE ROCAS, DE ESTA MANERA, LOS FRAGMENTOS QUEDARAN CUBIERTOS SOLAMENTE POR DELGADAS CAPAS DE SUELO; DEBIDO A LO ANTERIOR, ESTE TIPO DE TERRAPLEN SERA MUY DIFICIL DE COMPACTAR ADECUADAMENTE Y SE PROVOCARA NECESARIAMENTE LOS PROBLEMAS DE DEFORMABILIDAD.

ES NECESARIO QUE CUANDO SE CONSTRUYAN TERRAPLENES SE INDIQUEN LOS ESPESORES MINIMOS DE SUELO COMO COBERTURA DE LOS FRAGMENTOS DE ROCA ; Y ES LOGICO PENSAR QUE, ENTRE MAYOR SEA ESTE ESPESOR MINIMO MENOR SERA EL PROBLEMA DE COMPACTACION Y POR LO TANTO SE ABATIRA EN GRAN MEDIDA EL PROBLEMA DE LA DEFORMABILIDAD DE LOS TERRAPLENES.

OTRO DE LOS GRANDES PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN LA SELECCION DE LOS MATERIALES PARA UN TERRAPLEN ES EL QUE SE TIENE CUANDO ESTOS ESTAN FORMADOS POR SUELOS COMPRESIBLES ARCILLOSOS. ES IMPORTANTE SEÑALAR QUE SUELOS COMO LOS CH Y MH (ARCILLAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD, ARCILLAS FRANCS. LIMOS INORGANICOS, LIMOS MICACEOS O DIATOMACEOS, LIMOS ELASTICOS. RESPECTIVAMENTE), DEBEN EVITARSE LO MAXIMO POSIBLE EN LA CONSTRUCCION DE TERRAPLENES, Y LA SITUACION SE AGRAVA AUN MAS SI DICHOS SUELOS SON ORGANICOS. LA SCT TIENE NORMAS QUE A CONTINUACION SE MENCIONAN EN LO REFERENTE A LOS MATERIALES QUE NO SE DEBEN USAR EN LOS TERRAPLENES:

a) SE PROHIBE EL USO EN EL CUERPO DEL TERRAPLEN DE LOS MATERIALES MH, OH (ARCILLAS ORGANICAS DE MEDIA O ALTA PLASTICIDAD, LIMOS ORGANICOS DE MEDIA PLASTICIDAD) , Y CH CUANDO SU LIMITE LIQUIDO SEA MAYOR DEL 100% (REF. 3)

b) SE PROHIBE EL USO DE LOS MATERIALES QUE EN LA CLASIFICACION DEL SISTEMA UNIFICADO RECIBEN LA DENOMINACION DE Pt (TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS).

EN BASE A LO ANTERIOR, PODEMOS DECIR QUE UNA TERRACERIA QUE SE DEFORME OBLIGARA AL USO DE PAVIMENTOS DE MUCHO ESPESOR, AQUI SE PRESENTA UNA DISYUNTIVA MUY CLARA: SI TOMAMOS EN CUENTA LA DEFORMABILIDAD EN EL DISEÑO DE UN PAVIMENTO RIGIDO ESTE RESULTARA CARO, DADO QUE CUESTA MAS UNA LOSA DE CONCRETO QUE UNA CAPA DE TERRACERIA; AUNQUE AQUI SE PRESENTA OTRO FACTOR , LAS LOSAS DE CONCRETO TOMAN CASI TODOS LOS ESFUERZOS QUE SE PRODUCEN POR EFECTO DE LAS CARGAS DEL TRAFICO VEHICULAR, Y POR LO TANTO NO TENDREMOS PROBLEMAS DE ESFUERZOS IMPORTANTES EN LAS CAPAS INFERIORES, PERO, LAS TERRACERIAS CUMPLEN UN EFECTO MUY IMPORTANTE, YA QUE SI ESTAN BIEN CONSTRUIDAS NO SE PRODUCIRAN EFECTOS DE IMPORTANCIA EN CUANTO A LA DEFORMABILIDAD DE TODO EL CONJUNTO DEL PAVIMENTO RIGIDO Y POR LO TANTO LAS CAPAS SUPERIORES Y EN ESPECIAL LAS LOSAS DE CONCRETO TRABAJARAN A LOS NIVELES DE RESISTENCIA PARA LOS QUE FUERON DISEÑADOS.

II.3.- SUBRASANTE

LA CAPA SUBRASANTE ES UNA PARTE MUY IMPORTANTE DENTRO DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO, YA QUE ES LA CAPA QUE SIRVE DE LIGA ENTRE LAS TERRACERIAS Y LA CAPA DE SUB-BASE Y EVITA ASI, QUE SE MEZCLEN LOS SUELOS DE LAS CAPAS ANTERIORES. SI BIEN ES CIERTO QUE EN UN PAVIMENTO RIGIDO, LAS LOSAS DE CONCRETO TOMARAN CASI TODOS LOS ESFUERZOS QUE SE PRODUZCAN EN LA SUPERFICIE POR CAUSA DE LAS RUEDAS DE LOS VEHICULOS, Y QUE DICHA LOSA TRANSMITIRA ESFUERZOS MUY PEQUEÑOS A LAS CAPAS INFERIORES, EL PAPEL DE LA SUBRASANTE ES IMPORTANTE DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LAS DEFORMACIONES QUE PUEDAN SUFRIR LAS TERRACERIAS YA QUE DEPENDIENDO DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES QUE LA CONSTITUYAN Y DE SU ESPESOR, SERAN MAYORES O MENORES ESAS DEFORMACIONES OCURRIDAS EN LAS TERRACERIAS.

ES IMPORTANTE SEÑALAR QUE EN CUANTO AL TRAZO DE LA SUBRASANTE, DEBE ESTUDIARSE CON CUIDADO LO RELACIONADO CON EL DRENAJE, YA QUE FRECUENTEMENTE BASTAN LIGEROS CAMBIOS EN ELLA PARA FACILITAR LA REMOCION RAPIDA Y COMPLETA DEL AGUA. ADEMÁS, ES MUCHO MAS IMPORTANTE QUE LA SUPERFICIE SEA RAPIDA Y CORRECTAMENTE DRENADA Y PROTEGIDA CONTRA LAS INUNDACIONES, QUE LOGRAR QUE LAS TERRACERIAS TENGAN EL COSTO MINIMO Y PUEDAN SER AFECTADAS ORIGINANDO PERDIDAS DE ESTABILIDAD Y ASENTAMIENTOS PERJUDICIALES.

EN MUCHOS PAISES, LA SUBRASANTE NO SE CONSTRUYE CON MATERIALES DIFERENTES A LOS DE LAS TERRACERIAS Y SE DISTINGUE DE ESTOS SOLO POR TENER UN MEJOR TRATAMIENTO DE COMPACTACION, LO CUAL RESULTA UN HECHO YA DE POR SI MUY IMPORTANTE, SIEMPRE Y CUANDO EL MATERIAL SEA SUFICIENTEMENTE BUENO, PERO SI NO LO ES, LA EXPERIENCIA MEXICANA NOS INDICA QUE ES PREFERIBLE BUSCAR UN MEJOR MATERIAL DE UN BANCO CERCANO Y ACARREARLO HASTA EL SITIO DE SU UTILIZACION

EN GENERAL EXISTEN POCAS REGLAS QUE NOS INDIQUEN EL ESPESOR MAS CONVENIDO DE LA CAPA SUBRASANTE; PODEMOS UTILIZAR UN RANGO QUE LA SCT HA LLEGADO A ESTABLECER PARA LAS CARRETERAS Y QUE COMPRENDE LA CIFRA MINIMA DE 30cm Y HASTA 50cm EN CAMINOS DE ALTO TRANSITO O EN LUGARES DONDE EL MATERIAL DE TERRACERIAS NO ES DE CONFIAR. TAMBIEN LA PROPIA SCT ESTABLECE EN CARRETERAS QUE EL MATERIAL DE SUBRASANTE NO DEBE TENER PARTICULAS MAYORES DE 7.6 cm; TAMPOCO DEBE DE HABER PRESENCIA DE SUELOS FINOS COMO LOS DE CLASIFICACION MH Y CH CUYO LIMITE LIQUIDO SEA MAYOR DE 100% , Y TODOS LOS SUELOS ORGANICOS CON UN LIMITE LIQUIDO MAYOR DE 50% COMO ES EL CASO DE LOS SUELOS TIPO OH QUE SON ARCILLAS ORGANICAS DE MEDIA O ALTA PLASTICIDAD Y LOS LIMOS ORGANICOS DE MEDIA PLASTICIDAD.

SE ESPECIFICAN GRADOS DE COMPACTACION MINIMOS DE 95% DE LA PRUEBA ASSHO MODIFICADA.

EN LOS SUELOS QUE SE DEBEN EMPLEAR EN LAS CAPAS SUBRASANTES, TENEMOS QUE HACER UNA ESTIMACION PRELIMINAR ACERCA DE LA ADAPTABILIDAD O APROVECHAMIENTO DE TODO AQUEL MATERIAL SUAVE DE CAPA SUBRASANTE COMPARANDO SU CONTENIDO NATURAL DE AGUA CON LOS LIMITES DE **ATTERBERG** ESTANDAR. SI AL HACER DICHA PRUEBA, ENCONTRAMOS QUE EL CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD REBASA EL LIMITE LIQUIDO, ENTONCES EXISTE EL PELIGRO DE QUE LA CAPA SUBRASANTE SE CONVIERTA EN UN MATERIAL SUAVE BAJO LA ACCION DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS Y POR LO TANTO DEL EQUIPO DE COMPACTACION. COMO SE HABIA MENCIONADO ANTERIORMENTE, LOS SUELOS QUE CONTIENEN GRAN CANTIDAD DE MATERIA ORGANICA NO SON ADECUADOS PARA LAS CARRETERAS DE PAVIMENTO RIGIDO, Y POR LO TANTO NO DEBEN DE UTILIZARSE EN LA CONSTRUCCION DE LA CAPA SUBRASANTE.

NO DEBEN UTILIZARSE LOS SUELOS CON PROPIEDADES ALTAMENTE EXPANSIVAS CUANDO SE SATURAN, Y DE CONTRACCION SI ESTAN SECOS. POR ESTAS RAZONES SE DEBEN DE LLEVAR A CABO MEDIDAS CORRECTIVAS (SI SE LLEGARAN A PRESENTAR ESTOS SUELOS) QUE ATENUEN ESAS CARACTERISTICAS PERJUDICIALES PARA LAS CAPAS DEL PAVIMENTO Y EN ESPECIAL DE LA SUBRASANTE. POR EJEMPLO, SI LOS SUELOS TIENE UNA CONTRACCION MUY ALTA CUANDO SE ESTAN SECANDO O PEOR AUN, CUANDO PIERDEN UN POCO DE HUMEDAD, LA PRACTICA RECOMIENDA OBLIGAR AL SUELO, POR MEDIO DE ALGUN PROCEDIMIENTO, A QUE SU CONTENIDO DE HUMEDAD NO DISMINUYA DE UNA MANERA SENSIBLE; UNA PRACTICA MUY DIFUNDIRA ES EL USO DE MEMBRANAS DE MATERIAL BITUMINOSO O DE PLASTICO QUE NOS GARANTIZAN QUE EL CONTENIDO DE AGUA DE LA CAPA SUBRASANTE NO VARIARA SIGNIFICATIVAMENTE, E INCLUSO SE PUEDE LLEGAR A PENSAR EN CUBRIR PRACTICAMENTE LA CAPA SUBRASANTE CON ESTAS MEMBRANAS DE PLASTICO, CLARO ESTA, EN EL CASO DE QUE LOS SUELOS SEAN ALTAMENTE CONTRAIBLES.

EN EL CASO DE QUE LOS SUELOS SE EXPANDAN CON MUCHA FACILIDAD, LO QUE SE RECOMIENDA HACER ES COMPACTARLOS CON UNA HUMEDAD IGUAL O SUPERIOR A SU PUNTO DE SATURACION PARA QUE CON EL PROCESO MECANICO DE COMPACTACION QUEDEN EN UN NIVEL OPTIMO DE HUMEDAD. TAMBIEN SE PUEDE PENSAR EN QUE EL PROPIO PESO DE LA LOSA SERA SUFICIENTE PARA CONFINAR ESA CAPA DE MATERIAL EXPANSIVO DURANTE LA VIDA UTIL DEL PROPIO PAVIMENTO.

ESPECIFICACIONES PARA LOS MATERIALES DE LA SUBRASANTE

<i>PROPIEDAD</i>	<i>REQUISITO</i>
<i>TAMAÑO MAXIMO DE PARTICULA</i>	<i>7.5 cm</i>
<i>LIMITE LIQUIDO</i>	<i>MAYOR DE 50%</i>
<i>VALOR RELATIVO DE SOPORTE</i>	<i>5% MINIMO</i>
<i>EXPANSION</i>	<i>5% MAXIMO</i>
<i>COMPACTACION</i>	<i>95% MINIMO</i>

CON RESPECTO AL LIMITE LIQUIDO, ESTAS ESPECIFICACIONES SE CUMPLIRAN SIEMPRE Y CUANDO ESTOS MATERIALES PRESENTEN UNA PLASTICIDAD DE MEDIA A BAJA.

DRENAJE DE LA CAPA SUBRASANTE

RETOMANDO EL PUNTO DEL DRENAJE EN LA CAPA SUBRASANTE, CABE RECALCAR LA IMPORTANCIA DE LOS PROBLEMAS QUE EL AGUA REPRESENTA A DICHA CAPA, POR LO QUE ES VITAL TOMAR EN CUENTA TODAS AQUELLAS MEDIDAS Y PROCEDIMIENTOS ENCAMINADOS A REMOVER E INTERCEPTAR TODAS LAS FUENTES DE AGUA QUE OCASIONEN PROBLEMAS. LA ELECCION MAS ADECUADA EN EL DRENAJE DE LA CAPA SUBRASANTE ESTRIBA PRIMERAMENTE EN EL PROBLEMA DE SU CONSTRUCCION.

ES NECESARIO HACER UN RECONOCIMIENTO DE LAS CONDICIONES INACEPTABLES DEL AGUA QUE SE VA ENCONTRANDO DURANTE LA EXCAVACION Y DETERMINAR LA LOCALIZACION MAS PERTINENTE DE LOS DRENAJES DE LA CAPA SUBRASANTE. LOS ESTRATOS QUE SIRVEN DE ALMACENAMIENTO DEL AGUA, POSIBLEMENTE SIRVAN COMO ALIMENTADORES DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO, DEBERAN SER INTERCEPTADOS A UNA CIERTA DISTANCIA DE LA SECCION DEL CAMINO. LAS CUNETAS SE DEBEN CONSTRUIR A UNA PROFUNDIDAD TAL QUE GARANTICEN QUE EL AGUA LIBRE DE LAS MISMAS PERMANEZCAN SIEMPRE A UN NIVEL MAS BAJO QUE EL QUE CORRESPONDE A LA BASE DEL PAVIMENTO RIGIDO.

AL REFERIRNOS A LOS PROBLEMAS QUE PLANTEA EL DRENAJE DE LA CAPA SUBRASANTE, SE DEBE PONER ESPECIAL ATENCION AL CASO DEL AGUA FREATICA Y AL DEL AGUA DE INFILTRACION SUPERFICIAL. SE DEBE HACER UNA ESTIMACION PREVIA DE LA FUENTE DE TODA EL AGUA POTENCIAL Y TOMAR TODAS LAS PRECAUCIONES REQUERIDAS A FIN DE QUE EL AGUA SEA CONTROLADA PARA EVITAR QUE ALCANCE EL NIVEL DE LA CAPA SUBRASANTE. POR LO QUE RESPECTA AL AGUA CAPILAR, SE PUEDE DECIR QUE ESTA NO PUEDE SER DRENADA POR SI MISMA, SIN EMBARGO, LA ZONA DE CAPILARIDAD SE PUEDE MODIFICAR BAJANDO A LOS NIVELES DE LA FUENTE POR MEDIO DE LA INSTALACION DE DRENES UBICADOS ABAJO DEL NIVEL DE AGUAS FREATICAS.

EN BASE A LA EXPERIENCIA SE HA PODIDO DEMOSTRAR QUE ES DE SUMA IMPORTANCIA EMPLEAR RELLENOS DE MATERIAL EN LAS ZONAS DONDE SE TENGAN FILTRACIONES DE AGUA. EXISTE LA POSIBILIDAD DE QUE EL DREN SEA CONSTRUIDO DEBIDO A LA FILTRACION DEL SUELO CIRCUNDANTE. LAS PRUEBAS DE LABORATORIO HECHAS POR EL CUERPO DE INGENIEROS DE LOS E.U.A., INDICAN QUE LA GRADUACION APROPIADA PARA EL MATERIAL DE RELLENO (FILTRO) ES UNA FUNCION DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS DEL SUELO.

HAY UNA RELACION EN LA QUE SE SEÑALA QUE EL LIMITE DEL CUAL NO DEBE DE SER MAYOR LA ARENA FINA QUE SE REQUIERE EN EL FILTRO, CON LA CONDICION DE QUE EL TAMAÑO DEL 15% DEL MATERIAL DEL FILTRO NO DEBA SER MENOR DE 0.1 mm. SI EL SUELO DE LA CAPA SUBRASANTE ES COHESIVO. PARA ASEGURARSE QUE EL MATERIAL DE RELLENO (FILTRO) SEA MAS PERMEABLE QUE EL SUELO POR PROTEGER (QUE ES EL QUE SE VA A DRENAR), SE EMPLEA LA SIGUIENTE RELACION:

EL TAMAÑO DEL 15% DEL MATERIAL DEL FILTRO \geq 5 mm

EL PRIMER PASO QUE SE DEBE DAR PARA EL DISEÑO O ELECCION ADECUADA DEL MATERIAL DEL FILTRO ES OBTENER LA CURVA GRANULOMETRICA DEL MATERIAL QUE CONSTITUYE LA CAPA SUBRASANTE EN EL CUAL SE PROPONE LA INSTALACION DEL DREN, LOS LIMITES PARA LA CURVA GRANULOMETRICA DEL FILTRO ESTAN DADOS POR LAS DOS EXPRESIONES ANTERIORES.

EL LIMITE PARA LAS PARTICULAS GRUESAS DEL MATERIAL DEL FILTRO SE BASA EN EL TAMAÑO DE LOS AGUJEROS QUE LLEVAN LOS TUBOS DEL DREN. EL TAMAÑO DEL 85% DEL MATERIAL DEL FILTRO DEBERA SER MAYOR QUE EL DOBLE DEL TAMAÑO DE DICHA ABERTURA. PARA EL CASO DE TUBOS DE CONCRETO POROSO, ESTE REQUISITO ES INNecesario.

LA EXPERIENCIA DEL CAMPO Y LAS PRUEBAS DE LABORATORIO INDICAN EN TERMINOS GENERALES QUE LA ARENA FUNCIONA COMO FILTRO COLOCADA ALREDEDOR DEL DREN. EN CASOS DE NO PODER UTILIZAR FILTROS DE ARENA, SE RECOMIENDA EL EMPLEO DE AGREGADOS DE BUENA GRADUACION; EN DRENES DEL TIPO DE AGUJEROS DEBERA TENERSE CUIDADO DE QUE LOS AGUJEROS QUEDEN COLOCADOS EN LA ZONA DE LA PLANTILLA DEL TUBO.

SI LA DISTRIBUCION GRANULOMETRICA DEL SUELO DE LA CAPA SUBRASANTE, Y LAS ABERTURAS DE LAS JUNTAS DE LOS DRENES SON DE TAL MANERA QUE NO SE PUEDA ENCONTRAR UN MATERIAL DE FILTRO APROPIADO EN TODOS SUS REQUISITOS, ENTONCES SERA NECESARIO EMPLEAR DOS FILTROS; UNO DE MATERIAL GRUESO COLOCADO ALREDEDOR DEL TUBO Y EL OTRO MAS FINO COLOCADO EN UNA POSICION INTERMEDIA, O SEA ENTRE EL MATERIAL GRUESO Y EL DE LA CAPA SUBRASANTE.

SI SE EMPLEAN SUBDRENES NADA MAS CON EL OBJETO DE DESALOJAR EL AGUA LIBRE, SE DEBE COLOCAR UNA CAPA IMPERMEABLE DE ARCILLA O CUALQUIER OTRO MATERIAL ADECUADO SOBRE EL RELLENO PARA DISMINUIR LA POSIBILIDAD DE LA FILTRACION SUPERFICIAL QUE PUEDA ENTORPECER EL FUNCIONAMIENTO DEL RELLENO O FILTRO Y EL DREN. EN ALGUNOS CASOS, LA LOCALIZACION DE LOS SUBDRENES SE PUEDE DETERMINAR DEL TRABAJO EFECTUADO PARA LA EXPLORACION DEL SUELO; PERO MUCHAS VECES, AREAS ENTERAS PRESENTAN INCERTIDUMBRES DEBIDAS A LA VARIEDAD DEL CLIMA POR LO CUAL NO ES POSIBLE APROVECHAR NADA. SI EL PROGRAMA DE EXPLORACION SE DESARROLLA DURANTE LOS MESES DE SEQUIA,

EL NIVEL DE AGUAS FREATICAS PUEDE SER BAJO Y EL SUELO TENDRA LA APARIENCIA DE SER FIRME Y SECO, EN TANTO QUE DURANTE LA CONSTRUCCION SE TENDRAN PROBABLEMENTE LAS CONDICIONES CONTRARIAS, QUE VIENEN A SER LAS REALES. LA COLOCACION ADECUADA DE LOS SUBDRENEOS EN LA CAPA SUBRASANTE SE PUEDE DETERMINAR SOLAMENTE DESPUES DE QUE SE HA HECHO UN ESTUDIO CUIDADOSO DE TODOS LOS DATOS DE LA EXPLORACION DEL SUBSUELO Y ESTABLECIDO CIERTAS MODIFICACIONES PARA AJUSTARSE A LAS CONDICIONES REALES DEL CAMPO QUE SE ESPERAN DURANTE EL PROCESO DE CONSTRUCCION.

PROBLEMAS DE CONSTRUCCION

LA CONSTRUCCION APROPIADA DE LA CAPA SUBRASANTE ES TAN IMPORTANTE QUE MERECE ESPECIAL ATENCION. LAS PRUEBAS DE DISEÑO QUE SE DESARROLLAN CON EL OBJETO DE PRECISAR EL TIPO Y EL ESPESOR DEL PAVIMENTO RIGIDO PUEDEN TENER SU BASE YA SEA EN LAS PRUEBAS DE RESISTENCIA QUE SE OBTIENEN EN EL LABORATORIO ANTES DE LA CONSTRUCCION O BIEN EN LAS PRUEBAS DE CAMPO QUE SE EJECUTAN DURANTE LA CONSTRUCCION. SI EL DISEÑO DEL PAVIMENTO SE BASA COMPLETAMENTE EN LAS PRUEBAS DE LABORATORIO HECHAS CON ANTICIPACION, SE ESTA OBLIGANDO A QUE, LAS SUPOSICIONES HECHAS DURANTE EL DISEÑO SE CUMPLAN AL EFECTUARSE LA EJECUCION EN EL CAMPO. POR EJEMPLO, SI LAS MUESTRAS SE COMPACTAN A UN CIERTO GRADO DE PORCENTAJE DEL PESO VOLUMETRICO ESTANDAR, EL DISEÑO SE SOSTIENE COMO CORRECTO SOLAMENTE PARA LAS CONDICIONES QUE SE LE IMPUSIERON A LA MUESTRA EN LA PRUEBA DE LABORATORIO.

LA MAYORIA DE LAS TECNICAS DE DISEÑO SE BASAN EN LOS VALORES OBTENIDOS DE LA PRUEBA HECHA SOBRE MUESTRAS SATURADAS EN EL LABORATORIO EXTRAIDAS DEL SUELO DE LA CAPA SUBRASANTE.

ESTE PROCEDIMIENTO DA COMO RESULTADO CASI SIEMPRE UN DISEÑO SOBRADO, SI ES REMOTA LA POSIBILIDAD DE QUE SE PRESENTE EN EL CAMPO LA SATURACION. LA SATURACION DE LAS MUESTRAS QUE SE PRUEBAN EN EL LABORATORIO, DARA UN FACTOR DE SEGURIDAD ADICIONAL, LO CUAL NO IMPIDE QUE SE TENGA QUE HACER DE TODAS MANERAS UNA SUPERVISION ADECUADA DE LA CONSTRUCCION.

DEL CONTROL DE CAMPO QUE SE ADOPTE DEPENDERA LA EFICIENCIA DE LA CONSTRUCCION. TEORICAMENTE, EL CONTROL DE CAMPO PODRIA BASARSE EN LAS PRUEBAS DE RESISTENCIA, SIN EMBARGO, SE REQUERIRA EFECTUAR UN GRAN NUMERO DE ESTAS PRUEBAS EN EL CAMPO. POR CONSIGUIENTE, ES PRACTICA COMUN, EL QUE DESDE HACE TIEMPO SE HAGA EL CONTROL DE LA CONSTRUCCION DE LAS SUBRASANTES, TOMANDO COMO BASE LAS DETERMINACIONES DEL CONTENIDO DE HUMEDAD Y EL PESO VOLUMETRICO.

EL PESO VOLUMETRICO Y LA HUMEDAD REALES DE UN SUELO EN LA CAPA SUBRASANTE DETERMINADOS SEGUN EL METODO DE LA ARENA SE PUEDE COMPARAR CON EL VALOR MAXIMO CON EL OBJETO DE SABER SI LA COMPACTACION HA LLEGADO A SU GRADO REQUERIDO.

UN PROBLEMA COMUN ES EL QUE SE REFIERE AL AFINADO Y UNIFORMIZACION DE LA MISMA. DURANTE EL PROCESO DE COMPACTACION ESTA CAPA QUEDA UN POCO IRREGULAR, PARTICULARMENTE SI SE EMPLEA RODILLO PATA DE CABRA. LA SUPERFICIE SE PUEDE UNIFORMIZAR MEDIANTE EL USO DE **RODILLOS LISOS NEUMATICOS**. SIN EMBARGO, TODAVIA SE PUEDEN PRESENTAR CIERTAS IRREGULARIDADES QUE DEBEN SER CORREGIDAS. PARA ESTE FIN SE PROCEDE A NIVELAR CON LA **MOTOCONFORMADORA**. PARA ALCANZAR LA ELEVACION REQUERIDA EN TODA LA SUPERFICIE DE LA CAPA SUBRASANTE ES NECESARIO QUE TODO AQUEL MATERIAL QUE ESTE SUELTO SE VUELVA A COMPACTAR ANTES DE COLOCAR LA CAPA SIGUIENTE. SE DEBEN DAR VARIAS PASADAS CON LOS RODILLOS A LA SUBRASANTE PARA QUE NO QUEDEN LUGARES DEBILES ANTES DE PROCEDER A COLOCAR LA SUBBASE Y LA LOSA DE CONCRETO. ESTE "PLANCHADO" SE HACE POR MEDIO DE RODILLOS NEUMATICOS CON UN PESO MINIMO 30 TONELADAS, PROPORCIONANDO DE 5 a 10 PASADAS, POR LO MENOS.

COMPACTACION DE LA SUBRASANTE

ES ESENCIAL OBTENER UNA COMPACTACION APROPIADA EN LA CAPA SUBRASANTE. LA COMPACTACION AUMENTA EL PESO ESPECIFICO DEL SUELO CON LA CONSIGUIENTE DISMINUCION POTENCIAL DEL CONTENIDO DE AGUA, AUN EN EL CASO DE UNA POSTERIOR SATURACION. LA COMBINACION DE AMBOS FACTORES CONTRIBUYEN A UNA MAYOR RESISTENCIA DEL SUELO. PARA OBTENER LAS CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES SE PUEDE RECURRIR A LA PRUEBA ESTANDAR DE COMPACTACION DE LABORATORIO.

EN LA PRUEBA, EL SUELO SE COMPACTA A DIFERENTES GRADOS DE HUMEDAD, OBTENIEDOSE LOS PESOS VOLUMETRICOS (gm) PESANDO EL MATERIAL Y MIDIENDO SU VOLUMEN.

EL PESO VOLUMETRICO QUE RESULTA DE LA COMPACTACION EN EL CAMPO DEPENDE DE VARIOS FACTORES COMO SON EL TIPO DE SUELO, EL CONTENIDO DE HUMEDAD, Y DE LA ENERGIA DE COMPACTACION. LOS SUELOS QUE SE COMPACTAN CON DIFERENTES HUMEDADES, HASTA UNA PROFUNDIDAD DADA, TENDRA UNA HUMEDAD OPTIMA DE CAMPO QUE DEPENDE DEL PESO DE LOS RODILLOS Y DEL NUMERO DE PASADAS QUE SE DEN DURANTE EL PROCESO DE COMPACTACION.

LA COMPACTACION DE LA CAPA SUBRASANTE SE PUEDE LOGRAR MEDIANTE RODILLOS PATA DE CABRA, NEUMATICOS Y POR MEDIO DE ELEMENTOS VIBRADORES. LOS PATA DE CABRA PRODUCEN LA COMPACTACION DESDE ABAJO HACIA ARRIBA.

SE DEBE ESCOGER EL EQUIPO DE COMPACTACION PARA LA CAPA SUBRASANTE DEPENDIENDO DEL TIPO DE SUELO, CONTENIDO DE AGUA Y LA PROFUNDIDAD DE ALCANCE REQUERIDA.

LOS RODILLOS PATA DE CABRA QUE NORMALMENTE SE USAN PARA LA COMPACTACION DE LAS SUBRASANTES PRODUCEN PRESIONES AL SUELO QUE VARIAN ENTRE 100 Y 400 Y HASTA 500psi . (7 - 28 hasta 35 kg/cm²). ESTE TIPO DE RODILLO, CUANDO SE LES CARGA CON AGUA O ARENA, PUEDE SER UTIL PARA PRODUCIR PRESIONES DE COMPACTACION EXCESIVAS DE 1000 psi., QUE FUNCIONAN, SIN EMBARGO, SOLAMENTE CUANDO LA HUMEDAD DE COMPACTACION ES MUY BAJA YA QUE EL CONTENIDO OPTIMO DE AGUA EN EL CAMPO DISMINUYE CUANDO AUMENTA LA PRESION DE COMPACTACION.

LOS RODILLOS LISOS NORMALMENTE PESAN CERCA DE 15 TONELADAS PUDIENDO ESTAR PROVISTOS DE DOS O TRES RUEDAS. SE USAN CON MUCHA FRECUENCIA PARA AFINAR LA SUPERFICIE DE COMPACTACION CUANDO YA ESTAN POR TERMINAR LAS OPERACIONES DE CONSTRUCCION.

LOS RODILLOS NEUMATICOS, GENERALMENTE LLEVAN CUATRO O CINCO RUEDAS, EN EJES INDEPENDIENTES ARTICULADOS DE TAL MANERA QUE SE MUEVAN VERTICALMENTE ADAPTANDOSE A LAS IRREGULARIDADES DEL TERRENO. LOS RODILLOS NEUMATICOS PUEDEN SER DE TIPO MEDIANO (5 a 20 TONELADAS), TIPO GRANDE (45 a 50 TONS.) Y DE TIPO EXTRAGRANDE (100 a 200 TONS.).

ELECCION DEL EQUIPO DE COMPACTACION

POR REGLA GENERAL LOS REQUISITOS DE COMPACTACION PARA LA CAPA SUBRASANTE ESTAN ORGANIZADOS SOBRE LA BASE DEL *PESO VOLUMETRICO MINIMO* , EN ALGUNOS CASOS SE ESPECIFICA LA HUMEDAD DE COMPACTACION. LA ELECCION DEL EQUIPO DE COMPACTACION LOGICAMENTE DEPENDERA PRINCIPALMENTE DEL TIPO DE MATERIAL QUE SE REQUIERE COMPACTAR, DEL CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD Y DE LO ESPECIFICADO EN RELACION CON EL PESO VOLUMETRICO. LOS *SUELOS ARCILLOSOS* SE COMPACTAN CON LA MAYOR EFICIENCIA EMPLEANDO *RODILLOS PATA DE CABRA*, MANTENIENDO LA PRESION DE COMPACTACION ALREDEDOR DE 300psi (21 kg/cm²) SIEMPRE Y CUANDO NO SE ESTIPULE EL CONTROL DE HUMEDAD CONVENIDA.

LOS *SUELOS LIMOSOS* SE COMPACTAN EFICIENTEMENTE POR MEDIO DE LOS *RODILLOS PATA DE CABRA*.

LOS MATERIALES GRANULARES DE TODOS LOS TIPOS SE COMPACTAN EFICIENTEMENTE POR MEDIO DE LA APLICACION DE VIBRACION O DE *RODILLOS DE REJILLAS*.

LOS RODILLOS NEUMATICOS Y LISOS PUEDEN DAR RESULTADOS SATISFACTORIOS SI EL MATERIAL GRANULAR CONTIENE PEQUEÑAS CANTIDADES DE FINOS. LAS ARENAS Y GRAVAS LIMPIAS SON MUY DIFICILES DE COMPACTAR Y SOLAMENTE CON EL EQUIPO DE VIBRACION SE PUEDEN TENER BUENOS RESULTADOS, SIENDO IMPORTANTE EL CONTROL DE HUMEDAD.

II.4.- SUB-BASE

LA INQUIETUD EN TORNO A LA CALIDAD DE APOYO QUE SE OFRECIA A LAS LOSAS DE CONCRETO SE REMONTA APENAS A FINES DE LA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL; ANTES DE ESA EPOCA LOS METODOS DE CONSTRUCCION NO DABAN IMPORTANCIA A LAS CAPAS POR DEBAJO DE LAS LOSAS DE CONCRETO, ESTAS SE COLOCABAN DIRECTAMENTE SOBRE EL MATERIAL DE LAS TERRACERIAS, Y EN EL MEJOR DE LOS CASOS SE COLOCABA UNA CAPA INTERMEDIA O SUBRASANTE; PERO ESTO SE HACIA SIN ESTABLECER NINGUN CRITERIO DE DIFERENCIACION EN CUANTO A SI LOS MATERIALES EN CONTACTO CON LA LOSA DE CONCRETO ERAN LIMOS, ARCILLAS O ARENAS. UNO DE LOS ASPECTOS QUE VINO A MOTIVAR ESTAS INQUIETUDES FUE EL INCREMENTO DEL TRAFICO DE LOS VEHICULOS PESADOS EN LAS CARRETERAS, LO QUE PUSO DE MANIFIESTO LA NECESIDAD DE UN APOYO ADECUADO DURANTE LA VIDA UTIL DE UNA LOSA DE CONCRETO, Y A PARTIR DE ENTONCES EXISTEN NORMAS TECNICAS PARA CONSTRUIR UNA SUB-BASE APROPIADA.

LAS SUB-BASES ESTAN FORMADAS POR CAPAS DE MATERIALES GRANULARES, EN MUCHAS OCASIONES ESTABILIZADOS CON CEMENTO PORTLAND; SOLAMENTE CUANDO LA CAPA SUBRASANTE CUMPLA POR SI SOLA LAS CARACTERISTICAS QUE SON DESEABLES PARA UN BUEN TRABAJO DE LA SUB-BASE SE PODRA EVITAR EL CONSTRUIR ESTA DE MANERA ESPECIAL.

LAS FUNCIONES PRINCIPALES QUE TIENE QUE CUMPLIR UNA SUB-BASE EN UN PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO SON LAS SIGUIENTES:

- a) **PROPORCIONAR UN APOYO UNIFORME A LA LOSA DE CONCRETO.**
- b) **INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE APOYO DE LOS SUELOS COLOCADOS DEBAJO DE LA LOSA DE CONCRETO.**
- c) **REDUCIR LO MAXIMO POSIBLE LAS CONSECUENCIAS DE LOS CAMBIOS DE VOLUMEN QUE PUEDAN PRESENTARSE EN LAS CAPAS DE TERRACERIAS Y SUBRASANTE.**
- d) **REDUCIR LO MAXIMO POSIBLE LAS CONSECUENCIAS DE CONGELACION EN LAS TERRACERIAS Y LA SUBRASANTE. ESTA SITUACION EN NUESTRO PAIS ES MUY RARA Y NO SE LLEGAN A PRESENTAR FENOMENOS DE CONGELACION EN DICHAS CAPAS DE SUELOS, PERO EN PAISES CON INVIERNOS CRUDOS ES MUY COMUN DICHO FENOMENO.**

c) UNO DE LOS MOTIVOS PRINCIPALES PARA LA CONSTRUCCION DE UNA SUB-BASE ES EL EVITAR EL BOMBEO O ASCENCION CAPILAR DE AGUA PROVENIENTE DE LOS SUELOS DE APOYO.

DADA LA RIGIDEZ QUE EXISTE EN LAS LOSAS DE CONCRETO Y SU GRAN RESISTENCIA A LA FLEXION Y COMPRESION, LOS ESFUERZOS QUE SE TRANSMITEN A LA SUB-BASE RESULTAN PEQUEÑOS, POR LO QUE EL ANALISIS DE LA RESISTENCIA EN EL DISEÑO DE LA SUB-BASE NO ES IMPORTANTE. EN CAMBIO, EL CORRECTO TRABAJO DE LAS LOSAS DE CONCRETO EXIGE QUE ESTEN UNIFORMEMENTE APOYADAS Y QUE ESE APOYO SE MANTENGA EN PERFECTAS CONDICIONES DURANTE TODA LA VIDA UTIL DEL PAVIMENTO.

UN BUEN APOYO NECESARIAMENTE DEBE INCLUIR TRANSICIONES GRADUALES EN DONDE HAYA CAMBIOS SIGNIFICATIVOS EN LA CAPACIDAD DE APOYO DEL TERRENO; EL CASO ANTERIOR SE PRESENTA MUY COMUNMENTE EN LOS CAMBIOS O TRANSICIONES DE CORTE A TERRAPLEN O DE TERRAPLEN A TERRENO FIRME, COMO EN LAS SECCIONES EN BALCON.

CUANDO EL ANCHO DE LAS BANDAS O LOSAS DE CIRCULACION SEAN TAL QUE PUEDA CONSIDERARSE QUE LAS RUEDAS DE LOS VEHICULOS PESADOS SE MANTIENEN EN LA ZONA INTERIOR DE LAS LOSAS, PUEDE ESTIMARSE QUE EL ESFUERZO QUE LLEGUE A LA SUB-BASE ESTARA EN EL ORDEN DEL 3 AL 4% DE LA PRESION ACTUANTE EN LA SUPERFICIE DE LA LOSA; ESTO OCURRIRA CON LOSAS DE ANCHO SUPERIOR A 3.50 m. EN CASO CONTRARIO, CON LOSAS DE CIRCULACION DEL ORDEN DE 3 m. , LAS LLANTAS EXTERIORES DE LOS VEHICULOS PESADOS CIRCULARAN MUY CERCA DEL BORDE EXTERIOR DE LAS LOSAS Y EN ESAS ZONAS SE TRANSMITEN ESFUERZOS MAYORES A LA SUB-BASE, QUE PUEDEN SER DEL ORDEN DE 0.5 kg/cm^2 (REF4). ESTOS DATOS, QUE SE HAN OBTENIDO EN MEDICIONES EN CAMPO, NOS DICEN, QUE EN EFECTO, LOS ESFUERZOS APLICADOS POR EL TRANSITO VEHICULAR A LA SUB-BASE NO SON CRITICOS Y EN CONSECUENCIA NO AFECTAN EN MAYOR MEDIDA A LOS CALCULOS PARA LOS ESPESORES DE LAS CAPAS INFERIORES A LA LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO.

DE ACUERDO CON LAS CARACTERISTICAS MENCIONADAS ANTERIORMENTE, QUE TIENE QUE CUMPLIR UNA SUB-BASE PARA UN BUEN FUNCIONAMIENTO EN CONJUNCION CON LA LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO Y LAS CAPAS SUBRASANTE Y DE TERRACERIAS, PODEMOS DEFINIR COMO MATERIAL IDEAL PARA LA SUB-BASE UNO GRANULAR, BIEN COMPACTADO, RELATIVAMENTE GRUESO Y DE UNA GRANULOMETRIA QUE MEZCLE SUELOS DE TAMAÑOS DIFERENTES. ES IMPORTANTE MENCIONAR QUE EN CASO DE QUE DICHOS MATERIALES NO ESTEN DISPONIBLE EN EL LUGAR DE LA OBRA SE PUEDE PROCEDER A LA ESTABILIZACION DE LOS MATERIALES DE MALA CALIDAD CON CEMENTO PORTLAND YA QUE ESTO MEJORA EN MUCHO SU COMPORTAMIENTO EN ESPECIAL EN LO REFERENTE AL PROBLEMA TAN FRECUENTE EN PAVIMENTOS RIGIDOS COMO ES EL YA MENCIONADO BOMBEO Y A CAMBIOS VOLUMETRICOS; TAMBIEN SE GARANTIZA UNA SUPERFICIE DE APOYO FIRME Y SIN ACCIDENTES, Y UNA APROPIADA RESISTENCIA.

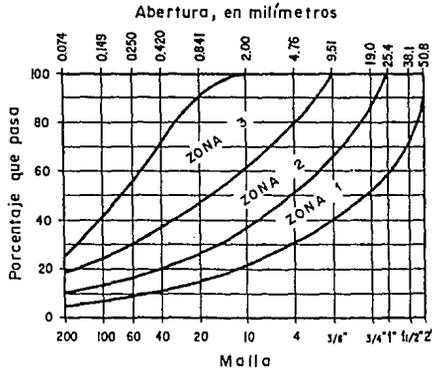
LOS CAMBIOS VOLUMETRICOS EN EL TERRENO DE APOYO, QUE SON CAUSADOS POR VARIACIONES EN EL CONTENIDO DE AGUA, PUEDEN SER UNA CAUSA PRINCIPAL E IMPORTANTE PARA QUE LAS LOSAS DE CONCRETO PIERDAN SU APOYO FIRME, DE MANERA MUY ESPECIAL SI SE COMPACTAN EN EL LADO SECO DE LOS MATERIALES CON FUERTE TENDENCIA A LA EXPANSION; SE PUEDEN TENER LOS MISMOS PROBLEMAS DE APOYO EN LAS LOSAS SI SE PERMITE QUE SE SEQUEN EN EXCESO POR EVAPORACION ANTES DE SER CUBIERTOS POR CAPAS DE MATERIALES QUE HAYAN SIDO COMPACTADOS CON UN CONTENIDO DE AGUA ADECUADO.

TAMBIEN SE PUEDEN CAUSAR PROBLEMAS SERIOS, SI SE COLOCAN CAPAS DE MATERIALES CON FUERTE TENDENCIA A LA EXPANSION Y CON CONTENIDO DE AGUA MUY ALTOS YA QUE, CUANDO ESTOS SE COLOQUEN Y SE PIERDA EL EXCESO DE AGUA Y SE CONTRAIGAN, SE PRODUCIRAN PROBLEMAS DE APOYO SOBRE TODO EN LOS BORDES.

OTRA DE LAS FUNCIONES PRINCIPALES DE LA SUB-BASE ES LA DE SERVIR COMO DREN PARA DESALOJAR EL AGUA QUE SE LOGRE INFILTRAR DESDE LA CAPA SUPERIOR Y PARA IMPEDIR LA ASCENSION CAPILAR HACIA LA LOSA DE CONCRETO Y EVITAR EL BOMBEO.

ES REGLA GENERAL EXIGIR A LOS MATERIALES DE LA SUB-BASE REQUISITOS DE TAMAÑO MAXIMO, GRANULOMETRIA, PLASTICIDAD, EQUIVALENTE DE ARENA Y VALOR RELATIVO DE SOPORTE o C.B.R., TODO ESTO CON EL FIN DE PROPORCIONAR UN ADECUADO ESPESOR Y CALIDAD A LA CAPA SUB-BASE.

EN LA GRAFICA QUE SE MUESTRA REF. (3) SE VE LA ZONA EN LA QUE DEBE DESARROLLARSE LA CURVA GRANULOMETRICA DEL MATERIAL QUE SE EMPLEE EN UNA SUB-BASE SEGUN LAS ESPECIFICACIONES DE LA SCT. ESTAS NORMAS PIDEN QUE LA CURVA GRANULOMETRICA, ADEMAS DE ESTAR COMPRENDIDA EN LAS ZONAS 1, 2 o 3, TENGA UNA FORMA SEMEJANTE A LOS TRAZOS QUE MARCAN DICHAS ZONAS, SIN QUE SE PRODUZCAN CAMBIOS BRUSCOS EN LAS CURVATURAS. EXISTE UNA RELACION DE PORCENTAJE, EN PESO, QUE PASE LA MALLA No. 200 Y EL PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA No. 40 NO SEA MAYOR DE 0.65; QUE EL TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO SEA DE 0.5 cm CUANDO EL MATERIAL NO REQUIERA DISGREGARSE Y DE 3.8 cm. CUANDO REQUIERA DISGREGACION. CON RESPECTO A LA CURVA GRANULOMETRICA Y A SUS VARIACIONES ES IMPORTANTE SEÑALAR QUE SE PUEDEN ACEPTAR DICHAS VARIACIONES SIEMPRE Y CUANDO ESTEN DENTRO DE UN RANGO DE $\pm 3\%$.



REQUERIMIENTOS GRANULOMETRICOS DE UN MATERIAL DE SUB-BASE

PARA TENER UNA MEJOR IDEA DE LOS TAMAÑOS DE LOS AGREGADOS DE QUE CONSTA UNA SUB-BASE, SE PRESENTA UNA TABLA DE LA AASHO EN SU ESPECIFICACION M147. ESTA TABLA HA DIVIDIDO EN SEIS GRUPOS LOS DIFERENTES INTERVALOS GRANULOMETRICOS DENTRO DE LOS CUALES DEBEN ENCONTRARSE DICHS MATERIALES. LA SCT TAMBIEN MANEJA SUS PROPIAS ESPECIFICACIONES QUE SON APROXIMADAMENTE LAS MISMAS, PERO CON LA CARACTERISTICA DE QUE DIVIDE ESTOS EN TRES ZONAS, LA PRIMERA ZONA SE PUEDE ABSORBER EN EL GRUPO A Y B DE LA TABLA MOSTRADA. LA ZONA DOS CON EL GRUPO C Y D, LA ZONA TRES CON EL GRUPO E Y F.

GRANULOMETRIA ESPECIFICADA PARA LOS MATERIALES DE SUB-BASE								
	MALLA		% DE MATERIAL MAS FINO, POR PESO					
			GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO	GRUPO
NOMBRE	ABERTURA, mm		A	B	C	D	E	F
2"	50.8		100	100				
1"	25.4			75-95	100	100	100	100
3/8"	9.51		30-65	40-75	50-85	60-100		
No. 4	4.76		25-55	30-60	35-65	50-85	55-100	70-100
No.10	2		15-40	20-45	25-50	40-70	40-100	55-100
No. 40	0.42		8-20	15-30	15-30	25-45	20-50	30-70
No.200	0.074		2-8	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

ESTAS TABLAS Y CURVAS GRANULOMETRICAS SON MUY IMPORTANTES SI SE LES MANEJA CON LA DEBIDA ATENCION, YA QUE NOS DARAN UNA CLARA IDEA DE LA GRANULOMETRIA QUE DEBEMOS EMPLEAR EN LA ELABORACION Y CONFORMACION DE UNA CAPA DE SUB-BASE, APARTE DE INDICARNOS ADECUADAMENTE LOS EQUIPOS DE TRITURACION Y CRIBADO QUE NOS VAYAN A PROPORCIONAR LA GRANULOMETRIA REQUERIDA PARA DICHO PROCESO.

LA SCT FIJA VALORES RELATIVOS DE SOPORTE MINIMOS DE 50% CON EL MATERIAL EN CONDICION SATURADA. RESPECTO AL GRADO DE COMPACTACION, LA MISMA SCT EXIGE EL 95% DE LA PRUEBA PROCTOR ESTANDAR.

EL ESPESOR DE LA SUB-BASE (CUANDO SE REQUIERE CONSTRUIR ESTA), DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS NO ES OBJETO DE CALCULO, SINO DE VALORES ESTANDAR ESTABLECIDOS POR LA SCT. NUNCA SE CONSTRUYEN DE MENOS DE 10cm Y PROBABLEMENTE 15 cm EN UNA BUENA DIMENSION MINIMA, PUES SI SE PROYECTAN ESPESORES MENORES, LAS INEVITABLES IRREGULARIDADES EN LA CONSTRUCCION PODRIAN HACER QUE EN ALGUN LUGAR EL ESPESOR DE LA SUB-BASE RESULTARA EXCESIVAMENTE PEQUEÑO. EN CONDICIONES NORMALES NO ES COMUN UTILIZAR ESPESORES SUPERIORES A 20cm, PERO SI HAY SUSCEPTIBILIDAD A LA EXPANSION EN LOS MATERIALES DE LA TERRACERIA O DE LA SUBRASANTE, PUDIERA SER NECESARIO UTILIZAR ESPESORES DE SUB-BASE MAS GRANDES.

II.4.1.- BOMBEO

EL FENOMENO DEL BOMBEO REPRESENTA UNO DE LOS PROBLEMAS DE MAYOR IMPORTANCIA, EL CUAL DEBE SER TOMADO MUY EN CUENTA EN LOS DISEÑOS DE PAVIMENTOS RIGIDOS, Y EN ESPECIAL AL DE LAS SUB-BASES YA QUE EN ESA CAPA SE PRODUCIRAN LOS MAYORES EFECTOS, POR SER ESTA LA QUE SE ENCUENTRA INMEDIATAMENTE DEBAJO DE LA LOSA DE CONCRETO, POR ENDE SE DEBEN DE TOMAR CIERTAS PRECAUCIONES PARA EVITA DICHO FENOMENO INDESEABLE. EL BOMBEO SE PRESENTA CUANDO LA CARGA PRODUCIDA POR EL TRANSITO PASA SOBRE UNA GRIETA O JUNTA DE LA LOSA; AL PRESENTARSE ESTA SITUACION, LA LOSA DESCENDE Y TRANSMITE PRESION AL MATERIAL QUE ESTA COLOCADO DEBAJO DE EL. SI DICHO MATERIAL ESTA HUMEDO O SATURADO LA MAYOR PARTE DE LA PRESION TRANSMITIDA POR LA LOSA LA TOMARA EL AGUA, QUE TENDERA A ESCAPAR POR LA GRIETA O JUNTA. UNA VEZ QUE LA CARGA HA PASADO, LA LOSA TIENDE A RECUPERARSE, Y SE LEVANTA, Y DEBIDO A ESTE MOVIMIENTO SE PRODUCE UNA SUCCION QUE AYUDA AL MOVIMIENTO DEL AGUA BAJO LA LOSA. SI EL AGUA DEBAJO DE LA LOSA PRESENTA CARACTERISTICAS PARA QUE ARRASTRE CONSIGO MATERIAL DEL SUELO, ESTA SALDRA SUCIA A LA SUPERFICIE, CREANDOSE PROGRESIVAMENTE UN VACIO BAJO LA LOSA, POR LO QUE ACENTUARA DE MANERA MUY ESPECIAL EL FENOMENO, LO QUE TRAE COMO CONSECUENCIA QUE ESTA FALLE Y SE PRODUZCA SU RUPTURA POR FALTA DE UNA SUSTENTACION ADECUADA PROVOCADA POR EL VACIO QUE SE FORMO DEBAJO DE ELLA.

PARA QUE EL FENOMENO DE BOMBEO SE PRESENTE ES PRECISO QUE EL MATERIAL DE SOPORTE DE LA LOSA, ES DECIR, LA CAPA DE SUB-BASE, SEA MUY FINO, SOBRE TODO DEL TIPO DE SUELO **CH** QUE SON ARCILLAS INORGANICAS DE ALTA PLASTICIDAD Y QUE DICHO SUELO ESTE MUY HUMEDECIDO O SATURADO, ADEMÁS DE PRODUCIRSE UN GRAN NUMERO DE REPETICIONES DE CARGA DEL TRANSITO (REFS. 5, 6 y 7).

SE PUEDE DECIR, QUE SIGUIENDO UN BUEN CRITERIO, NUNCA SE COLOCARAN SUELOS DEL TIPO **CH** COMO MATERIAL DE SUB.BASE; ENTONCES PODEMOS REFERIRNOS A LOS COMPONENTES ARCILLOSOS DE LA MISMA Y MUY ESPECIALMENTE SI SU CONTENIDO ES ALTO. SE AFIRMA LO ANTERIOR EN BASE A LAS NORMAS DICTADAS POR LA SCT EN LO REFERENTE A LOS MATERIALES PARA LAS CAPAS DE SUB-BASE Y A LA GRANULOMETRIA DE LAS MISMAS.

SIGUIENDO CON LOS SUELOS MENOS SUSCEPTIBLES DE SER COLOCADOS EN LA SUB-BASE, PODEMOS MENCIONAR A LOS DE CLASIFICACION **CL** o **ARCILLAS INORGANICAS DE BAJA O MEDIA PLASTICIDAD, ARCILLAS CON GRAVAS, ARCILLAS ARENOSAS, ARCILLAS LIMOSAS, ARCILLAS POBRES; MH, Y ML O LIMOS INORGANICOS, POLVO DE ROCA, LIMOS ARENOSOS O ARCILLOSOS LIGERAMENTE PLASTICOS.**

TAMBIEN SE PUEDE PRODUCIR UN FENOMENO MUY SIMILAR AL DEL BOMBEO, COMBINADO CON DENSIFICACION SI, LOS SUELOS EN QUE SE APOYA LA LOSA SON GRANULARES Y NO HAN SIDO DEBIDAMENTE COMPACTADOS.

LOS EXPERIMENTOS QUE SE HAN HECHO AL RESPECTO DEL FENOMENO DE BOMBEO PARECEN INDICAR QUE ESTE SE PRODUCE SOLO SI LA INTENSIDAD DEL TRANSITO EN LAS GRIETAS O JUNTAS DE LA LOSA ES SUPERIOR A 300 o 400 VEHICULOS DIARIOS (REF.4).

PARA INTENSIDADES DE TRANSITO SUPERIORES A 1000 VEHICULOS PESADOS POR DIA, SE RECOMIENDA (REF 4) QUE LA SUB-BASE CUMPLA CON CIERTOS REQUISITOS, QUE SON:

-- EL TAMAÑO MAXIMO DE LOS MATERIALES QUE LA CONSTITUYAN NO DEBE SER MAYOR QUE 1/3 DEL ESPESOR DE LA SUB-BASE.

-- EL INDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL QUE LA CONSTITUYA NO DEBE SER MENOR DE 6.

-- LA SUB-BASE NO DEBE CONTENER MAS DEL 15% DE MATERIAL QUE PASE POR LA MALLA No. 200.

-- EL LIMITE LIQUIDO DEL MATERIAL QUE LA CONSTITUYE DEBE SER MENOR QUE 25%.

UNA PRACTICA NECESARIA EN LA CONSTRUCCION DE LAS SUB-BASE, PARA EVITAR LOS PROBLEMAS DE DENSIFICACION ES COMPACTAR DICHA CAPA POR LO MENOS AL 100% DE LA PRUEBA AASHO MODIFICADA, SOBRE TODO SI SE TRATA DE SUB-BASES GRANULARES. ES COMUN EMPLEAR EN LAS SUB-BASES MATERIALES CON GRANULOMETRIA BIEN GRADUADA.

DENTRO DE LAS MEZCLAS CON GRANULOMETRIA BIEN GRADUADA, ES PRACTICA COMUN UTILIZAR LAS MEZCLAS DE ARENA Y LIMO, CON 17 A 20% DE MATERIAL MENOR QUE PASE POR LA MALLA No. 200, SOBRE TODO ESTA GRADUACION SE REPORTA CON MUY BUENOS RESULTADOS EN LUGARES DONDE NO SE TENGAN PROBLEMAS DE HELADAS, A LA QUE ESTAN SENSIBLEMENTE EXPUESTOS LOS LIMOS. TAMBIEN LAS GRAVAS Y ARENAS DE RIOS NOS PROPORCIONAN MEZCLAS QUE SE HAN COMPORTADO SATISFACTORIAMENTE CON TAMAÑOS MAXIMOS DE 2.5 cm Y CON CONTENIDOS DE FINOS MENORES QUE LA MALLA No. 200 NO MAYOR QUE 10 A 15%. LAS SUB-BASES DE MATERIALES TRITURADOS, BIEN GRADUADOS SE HAN UTILIZADO CON TAMAÑOS MAXIMOS HASTA DE 3.8cm Y CON UN 10 A 15% COMO MAXIMO DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA No. 200.

EN EL CASO DE LAS MEZCLAS CON GRANULOMETRIA UNIFORME, LAS MAS USADAS EN LA PRACTICA SON LAS ARENAS DE MEDANOS O DE OTROS BANCOS, CON NO MAS DE 10% DE MATERIAL MENOR QUE PASA LA MALLA No. 200 ; TAMBIEN SE HAN REPORTADO EXCELENTES RESULTADOS SI LAS MEZCLAS SON DE ARENA Y GRAVA CON TAMAÑO MAXIMO DE 2.5cm. SIEMPRE Y CUANDO EL PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA No. 200 ESTA ENTRE UN 5 AL 10%. LOS MATERIALES DE BANCOS FORMADOS POR

GRAVAS, DEBEN DE TENER UN TAMAÑO MÁXIMO DE 3.8 cm, Y EL PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA No. 200 DEBE ESTAR ENTRE UN 6 A 8%. TAMBIEN SE HAN REPORTADO EXCELENTES RESULTADOS BAJO TRAFICO PESADO. CON LAS MEZCLAS HECHAS A BASE DE ARENA Y CONCHAS EN LUGARES COSTEROS.

EN LAS SUB-BASES EN LAS QUE SE MANEJE UNA GRANULOMETRIA ABIERTA PUEDE LLEGAR A SER UN PROBLEMA EL RELACIONADO CON LA PENETRACION, CON LA CONTAMINACION CORRESPONDIENTE DE LOS MATERIALES FINOS PROVENIENTES DE LA SUBRASANTE O DE LAS CAPAS DE TERRACERIAS CUANDO ESTOS MATERIALES EXISTAN EN ESTAS CAPAS. DEBIDO A LO ANTERIOR, SE HACE NECESARIO TOMAR CIERTAS PRECAUCIONES EN CUANTO A LA GRANULOMETRIA DE LA SUB-BASE QUE NOS GARANTICE EN ESTA CAPA CIERTA ACCION DE FILTRO. A CONTINUACION SE DAN CIERTAS RECOMENDACIONES HECHAS POR EL CUERPO DE INGENIEROS DE E.U.A. (REF.4):

-- PARA GARANTIZAR LA CAPACIDAD DE DRENAJE DE LA SUB-BASE:

$$D_s 15 \geq 5 D_{sr} 15$$

-- PARA PREVENIR LA INFILTRACION:

$$D_{s15} \leq D_{sr} 15$$

$$D_{s50} \leq 25 D_{sr} 50$$

-- EL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD DE LA SUB-BASE NO DEBE SER MENOR QUE 20.

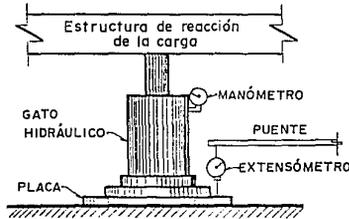
EN LAS RECOMENDACIONES ANTERIORES D_s y D_{sr} SE REFIEREN A DIAMETROS DE LA SUB-BASE Y LA SUBRASANTE, RESPECTIVAMENTE.

II.4.2.- PRUEBA DE PLACA

DENTRO DE LAS PRUEBAS QUE SE HACEN A LOS SUELOS QUE VAN A SUSTENTAR A LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO RIGIDO SE ENCUENTRA LA DE PLACA. QUE ES UNA DE LAS MAS IMPORTANTES Y REPRESENTATIVAS YA QUE POR MEDIO DE LA MISMA PODEMOS OBTENER EL MODULO DE REACCION " K " DE UNA SUBRASANTE. A CONTINUACION SE DESCRIBIRA LA PRUEBA SIN PRETENDER ADENTRARSE EN MUCHAS COMPLICACIONES TECNICAS PROPIAS DE LAS PRUEBAS DE CAMPO Y LABORATORIO, PERO SIN OLVIDAR LA IMPORTANCIA QUE TIENE EN LA IMPLEMENTACION DE LOS PROYECTOS Y CONSTRUCCION DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS.

LA PRUEBA SE REALIZA PARA CONOCER LA CAPACIDAD PORTANTE DE LOS SUELOS QUE CONFORMAN A LA CAPA SUBRASANTE DE UN PAVIMENTO RIGIDO.

ESTA PRUEBA CONSISTE -REF.(8)- EN CARGAR UNA PLACA CIRCULAR, ESTA TIENE QUE ESTAR EN ESTRECHO CONTACTO CON EL SUELO QUE SE VA A PROBAR; SE MIDEN LAS DEFORMACIONES FINALES CORRESPONDIENTES A LOS DISTINTOS INCREMENTOS DE CARGA QUE SEAN UTILIZADOS. EN ESTA PRUEBA SE UTILIZAN PLACAS CON DIAMETROS DE 30.5 cm. CUYA AREA ES PARECIDA A LA DE APOYO DE UNA LLANTA. CON EL OBJETO DE IMPEDIR LA FLEXION DE LA PLACA SE LE COLOCAN ENCIMA OTTRAS, DE DIAMETROS MENORES QUE VAN EN FORMA DECRECIENTE ENCIMA DE LA PRIMERA, ESTO PROPORCIONA AL CONJUNTO UNA RIGIDEZ ADECUADA. LAS CARGAS SON TRANSMITIDAS A LAS PLACAS A TRAVES DE GATOS HIDRAULICOS, ESTOS GATOS SON APOYADOS GENERALMENTE SOBRE CAMIONES LASTRADOS.



ESQUEMA DEL DISPOSITIVO PARA LA PRUEBA DE PLACA

LAS DEFORMACIONES PRODUCIDAS SE MIDEN USUALMENTE EN CUATRO PUNTOS DE LA PLACA, DOS A DOS Y DISPUESTOS EN CRUZ POR MEDIO DE EXTENSOMETROS LIGADOS A UN PUENTE, CUYO APOYO DEBE SER COLOCADO LO SUFICIENTEMENTE LEJOS DE LA PLACA COMO PARA CONSIDERARLO FIJO.

EL RESULTADO DE ESTA PRUEBA ES LA OBTENCION DEL MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE, ESTE CONCEPTO SE PUEDE DEFINIR COMO LA PRESION QUE HA DE TRANSMITIRSE A LA PLACA PARA PRODUCIR AL SUELO UNA DEFORMACION PREFIJADA.

$$k = P/A \text{ [FUERZA / LONG.}^3\text{]}$$

EL MODULO DE REACCION DEPENDERA DEL DIAMETRO DE LA PLACA QUE SE USE EN LA PRUEBA, YA QUE, A PRESION CONSTANTE EL ASENTAMIENTO DE LA PLACA CIRCULAR CRECE CON SU DIAMETRO, POR LO QUE SI SE FIJA UN ASENTAMIENTO DADO LA PRESION NECESARIA PARA PRODUCIR DICHO ASENTAMIENTO SERA MENOR A MAYOR DIAMETRO DE LA PLACA, ES POR ESTO QUE SE RECOMIENDA ESTANDARIZAR EL DIAMETRO DE LAS PLACAS. LOS INCREMENTOS DE CARGA QUE SE DAN A LA PLACA NO SE DEBE DE EXCEDER DEL 10% DE LA MAXIMA CARGA QUE SE ESTIME HA DE LLEGAR A APLICARSE, ESTOS INCREMENTOS DEBEN DE MANTENERSE HASTA QUE NO APAREZCAN ASENTAMIENTOS QUE PUEDAN SER PERCIBIDOS CLARAMENTE.

EN LA PRACTICA SE RECOMIENDA QUE UNA VELOCIDAD DE ASENTAMIENTO DEL ORDEN DE 0.005 cm/seg. ES UN LIMITE DEL ASENTAMIENTO QUE DEBE SER DETECTADO. ES IMPORTANTE SEÑALAR QUE CUANDO SE HAYA DADO POR CONCLUIDO EL PROCESO DE CARGA, ESTAS DEBERAN RETIRARSE CON DECREMENTOS IGUALES A LOS INCREMENTOS QUE SE HAYAN UTILIZADO PARA TALES FINES.

UN PUNTO QUE ES IMPORTANTE SEÑALAR ES LO REFERENTE A QUE AL HACER LAS PRUEBAS EN EL CAMPO EN LAS CONDICIONES MAS DESFAVORABLES DE LA SUBRASANTE RESULTA CONTRAPRODUENTE EN LO QUE SE REFIERE AL CONTENIDO DE AGUA O TAMBIEN AL TRATAR DE SUPONER CUALES SERAN LAS CONDICIONES MAS DESFAVORABLES DE SERVICIO DE DICHA SUBRASANTE. LO QUE SE RECOMIENDA ES CORREGIR EL VALOR DE k QUE SE HAYA OBTENIDO SOBRE LA SUBRASANTE TAL COMO ESTE, ESTO PARA LLEGAR A UN VALOR REPRESENTATIVO DE LAS CONDICIONES FUTURAS QUE SE ESTIMEN PARA TAL CASO. ESTO SE HACE REALIZANDO PRUEBAS DE COMPRESION SIMPLE SOBRE UN ESPECIMEN COMPACTADO EN LAS MISMAS CONDICIONES EN QUE LA SUBRASANTE ESTABA EN EL CAMPO EN EL MOMENTO QUE SE LE HIZO LA PRUEBA Y SOBRE OTRO ESPECIMEN FABRICADO EN EL LABORATORIO CON EL CONTENIDO DE AGUA QUE SE SUPONGA VA A REPRESENTAR LAS PEORES CONDICIONES PREVISIBLES PARA EL FUTURO, COMO PUEDE SER LA HUMEDAD DE SATURACION QUE ES LO MAS COMUN. PARA AMBOS ESPECIMENES SE DETERMINA LA DEFORMACION BAJO UNA CARGA DE 00.7 kg/cm². EL VALOR DEL MODULO DE REACCION CORREGIDO SE OBTIENE DE LA SIGUIENTE FORMULA:

$$K_c = [d1/d2] k$$

EN DONDE:

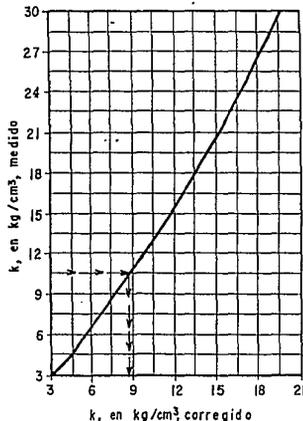
K_c , ES EL VALOR DEL MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE QUE CORRESPONDE A LAS CONDICIONES QUE SE HAYAN PREVISTO PARA EL FUTURO, COLOCANDO AL ESPECIMEN EN CONDICIONES DE SATURACION O ALGUNA OTRA MENOS CONSERVADORA QUE SE SUPONGA REPRESENTATIVA.

d_1 , REPRESENTA LA DEFORMACION TOTAL DEL ESPECIMEN BAJO LA PRESION DE 0.7 kg/cm^2 , CON EL MATERIAL EN LAS CONDICIONES EN LAS QUE ESTABA LA SUBRASANTE EN EL MOMENTO EN QUE SE HIZO LA PRUEBA EN EL CAMPO.

d_2 , ES LA MISMA DEFORMACION TOTAL CON LA MISMA CARGA PERO CON EL ESPECIMEN FABRICADO CON UN MATERIAL QUE TENGA UN CONTENIDO DE AGUA QUE SE SUPONGA REPRESENTA LAS CONDICIONES MAS DESFAVORABLES EN LAS QUE HA DE PRESTAR SERVICIO LA SUBRASANTE Y ESTA PUEDE SER SATURANDO AL MATERIAL.

k , ES EL MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE QUE SE OBTUVO EN LA PRUEBA DE PLACA QUE SE LLEVO A CABO EN EL CAMPO.

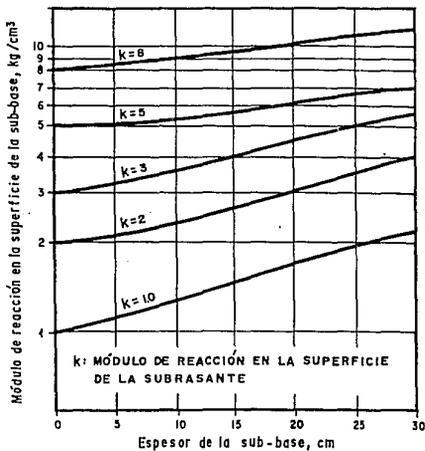
TAMBIEN PUEDE DARSE EL PROBLEMA DE QUE LA PRUEBA DE PLACA SE REALICE SOBRE MATERIALES CON UN ALTO MODULO DE REACCION LO QUE PRODUCIRA ALGUNA FLEXION EN LA PLACA, POR LO QUE CONVIENE CORREGIR EL VALOR DE " k " POR MEDIO DE UNA GRAFICA QUE SE TIENE EN CORREGIR TAL CASO Y QUE SE MUESTRA A CONTINUACION.



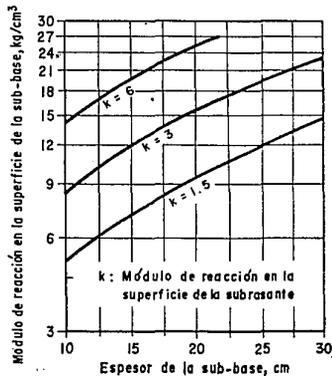
GRAFICA PARA CORREGIR EL VALOR DE k POR FLEXION EN LA PLACA

COMO SABEMOS, LOS PAVIMENTOS RIGIDOS CUENTAN, EN SU ESTRUCTURA CON UNA SUB-BASE, COLOCADA SOBRE LA SUBRASANTE CUYO MODULO DE REACCION SE HAYA CALCULADO, DE MANERA QUE RESULTA MEJORADO EL APOYO DE LAS LOSAS. EL EFECTO DE LA SUB-BASE DEBE TOMARSE EN CUENTA HACIENDO PRUEBAS DE PLACA SOBRE ELLAS, PERO SI TAL COSA NO RESULTARA PRACTICA PUEDE ESTIMARSE CORRIGIENDO EL VALOR DE k CORRESPONDIENTE A LA SUBRASANTE, PARA OBTENER EL VALOR FINAL DE LA SUB-BASE QUE NOS SERVIRA PARA POSTERIORES DISEÑOS DE ESPESORES DE PAVIMENTOS RIGIDOS.

LA FIGURA QUE SE MUESTRA EN ESTA PAGINA PROPORCIONA LOS MEDIOS PARA ESTABLECER TAL CORRECCION PARA SUB-BASES NO ESTABILIZADAS. EN LA SIGUIENTE PAGINA SE PRESENTA LA GRAFICA PARA SUB-BASES ESTABILIZADAS.



GRAFICA PARA OBTENER EL VALOR DE "k" SOBRE LA SUB-BASE CONOCIDO EL MISMO SOBRE LA SUBRASANTE. SUB-BASES NO ESTABILIZADAS.



GRAFICA PARA OBTENER EL VALOR DE "k" SOBRE LA SUB-BASE, CONOCIDO EL MISMO SOBRE LA SUBRASANTE. SUB-BASES ESTABILIZADAS CON CEMENTO.

II.5.- CARPETA DE RODAMIENTO

LA CARPETA DE RODAMIENTO DE UN PAVIMENTO RIGIDO ESTA FORMADA POR UNA LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO. PARA LA FABRICACION DE ESTAS LOSAS SE USAN CONCRETOS CON UNA RESISTENCIA RELATIVAMENTE ALTA, GENERALMENTE COMPRENDIDA ENTRE 210 kg/cm^2 y 350 kg/cm^2 A LOS 28 DIAS.

EN LA CONSTRUCCION DE LOSAS DE CONCRETO SE PUEDE USAR CONCRETO SIMPLE O REFORZADO. EL CONCRETO REFORZADO PUEDE DAR CIERTA VENTAJA SOBRE TODO EN LO REFERENTE A LA CONSTRUCCION DE JUNTAS Y A SU ESPACIAMIENTO, Y A LA LONGITUD DE LAS LOSAS DE CONCRETO. POSTERIORMENTE SE DESCRIBIRAN LOS METODOS USADOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE LAS LOSAS DE CONCRETO, LOS ESFUERZOS QUE LAS AFECTAN Y LAS RECOMENDACIONES DE LOS MATERIALES QUE CONFORMAN AL CONCRETO HIDRAULICO.



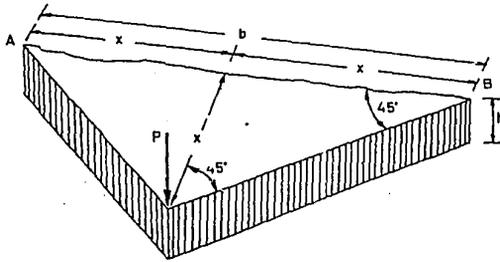
III

CRITERIOS DE DISEÑO

III.1 .- CRITERIOS DE DISEÑO UTILIZADOS EN UN PRINCIPIO

EL INGENIERO CLIFFORD OLDER FUE, PROBABLEMENTE, EL PRIMERO QUE DISEÑO PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO, BASANDO SUS ANALISIS EN QUE EL PAVIMENTO ERA UNA ESTRUCTURA CAPAZ DE RESISTIR CIERTAS CARGAS Y QUE EL PUNTO CRITICO DEL MISMO LO CONSTITUIA LA ESQUINA. EL PROCEDIMIENTO SEGUIDO POR DICHO INVESTIGADOR FUE EL SIGUIENTE:

CONSIDERESE UNA CARGA P APLICADA EN LA INTERSECCION DE UNA JUNTA Y LA ARISTA EXTERIOR DEL PAVIMENTO RIGIDO. AL APLICAR LA CARGA P A LA LOSA, ESTA TIENDE A ROMPERSE SEGUN LA LINEA A-B A UNA DISTANCIA x DE LA ESQUINA.



POR OBSERVACIONES DIRECTAS, OLDER LLEGO A CONCLUIR QUE EL ANGULO FORMADO POR LA LINEA A-B Y LA ARISTA DEL PAVIMENTO SE PUEDE CONSIDERAR DE 45° , DE TAL MODO QUE EL MOMENTO FLEXIONANTE PRODUCIDO POR LA CARGA P ES:

$$M = [P \cdot x]$$

MOMENTO QUE DEBE SER CONTRARRESTADO POR EL MOMENTO RESISTENTE DE LA LOSA, ENTONCES TENEMOS:

$$P \cdot x = [S I / C]$$

DONDE:

S = ESFUERZO DE TRABAJO DEL CONCRETO A FLEXION, SIENDO IGUAL AL MODULO DE RUPTURA A LA FLEXION DIVIDIDO ENTRE DOS, COMO COEFICIENTE DE SEGURIDAD. EL MODULO DE RUPTURA DEL CONCRETO A FLEXION PUEDE CALCULARSE COMO UN 15% DE f_c .

I = MOMENTO DE INERCIA DE UNA SECCION VERTICAL SEGUN LA LINEA A-B CON RESPECTO AL EJE NEUTRO.

C = DISTANCIA DEL EJE NEUTRO A LA FIBRA MAS ALEJADA, EN CENTIMETROS.

$$I = [bh^3 / 12]$$

SI SE HACE **b** IGUAL A **2x**, Y A **h** SE TOMA COMO EL ESPESOR DE LA LOSA TENDREMOS:

$$I = [2xh^3 / 12] = [xh^3 / 6]$$

EL EJE NEUTRO DE LA SECCION SE LOCALIZA APROXIMADAMENTE EN EL CENTRO, ASI QUE **C** SE PUEDE CONSIDERAR IGUAL A **h/2**, POR LO TANTO:

$$P.x = S.I / C = [S.x.h^3 / (6.h/2)] = [S.x.h^2 / 3]$$

Y DESPEJANDO **h**, SE TIENE:

$$h = [3.P / S]^{1/2}$$

ESTA FORMULA SE REFIERE A UNA LOSA DE CONCRETO PLANA Y QUE NO RECIBE NINGUN APOYO DE LA LOSA ADYACENTE.

EN ESTAS ECUACIONES, OLDER SUPONIA QUE LA CARGA ESTABA CONCENTRADA EN UN PUNTO SIN TOMAR EN CUENTA LA REACCION DE LA SUBRASANTE, POR LO QUE EL VALOR DE **h** SIEMPRE RESULTABA EXCESIVO Y LOS DISEÑOS, POR LO TANTO, ANTI-ECONOMICOS.

POSTERIORMENTE, VARIOS INVESTIGADORES HAN PROPUESTO FORMULAS QUE HAN SIGNIFICADO UN GRAN PROGRESO CON RESPECTO A LA DE OLDER, SIENDO EL MAS CONOCIDO Y EL QUE COMUNMENTE HA SIDO USADO POR LOS PROYECTISTAS, EL ANALISIS MATEMATICO DEL **Dr. WESTERGAARD**, QUIEN ESTUDIO LOS ESFUERZOS PRODUCIDOS POR LAS CARGAS DE LAS RUEDAS EN LAS ESQUINAS, EN EL CENTRO Y EN EL BORDE A CIERTA DISTANCIA DE LA ESQUINA, EN LAS LOSAS DE CONCRETO.

III.2.- ANALISIS DE ESFUERZOS EN LOSAS DE CONCRETO

COMO SE HABIA MENCIONADO, LAS LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO POSEEN UNA GRAN RESISTENCIA A LA FLEXION, Y TAMBIEN SON AFECTADOS GRANDEMENTE POR LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA. POR ENDE, SE TIENEN CLASIFICADOS E IDENTIFICADOS LOS ESFUERZOS A LOS QUE ESTA SUJETO EL CONCRETO HIDRAULICO Y QUE SON:

- a) ESFUERZOS DIRECTOS DE COMPRESION Y CORTANTE CAUSADOS POR LAS CARGAS DE LAS RUEDAS.**

- b) ESFUERZOS DE TENSION Y COMPRESION QUE SON CAUSADOS POR LA DEFLEXION DE LAS LOSAS BAJO LAS CARGAS DE LAS RUEDAS.**

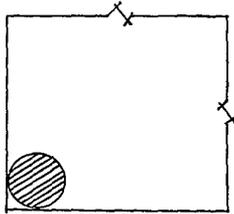
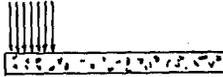
- c) ESFUERZOS ABRASIVOS CAUSADOS POR LAS LLANTAS DE LOS VEHICULOS**

- d) ESFUERZOS DE COMPRESION Y TENSION CAUSADOS POR LA EXPANSION Y CONTRACCION DE LA LOSA**

- e) ESFUERZOS DE COMPRESION Y TENSION CAUSADOS POR EL ALABEO DE LA LOSA POR EFECTOS DE LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA**

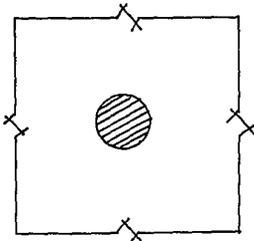
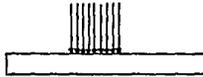
CON LOS ANTERIORES ESFUERZOS SE HAN DISEÑADO FORMULAS QUE DE UNA U OTRA MANERA NOS FACILITAN LOS CALCULOS PARA DETERMINAR LOS ESFUERZOS EN LAS LOSAS DE CONCRETO, SIN EMBARGO ES IMPORTANTE HACER NOTAR QUE NO TODAS NOS DARAN RESULTADOS CONFIABLES, Y QUE ES NECESARIO MUCHAS VECES VECES CORREGIR ESOS VALORES O BASARNOS EN GRAFICAS QUE HACEN MAS FACIL EL TRABAJO DE CALCULO DE ESPESORES DE LOSAS.

EN LOS ESFUERZOS DEBIDOS A LAS CARGAS DE LAS RUEDAS SE PUEDE DECIR QUE LOS DE FLEXION SON LOS MAS IMPORTANTES EN LAS LOSAS, POR LO TANTO ESTOS SON LA BASE DEL DISEÑO DE LOSAS DE CONCRETO. TANTO LOS ESTUDIOS TEORICOS COMO LAS PRUEBAS DE LAS LOSAS HAN DEMOSTRADO QUE EL PUNTO CRITICO PARA UNA LOSA DE ESPESOR UNIFORME, O SEA, AQUEL EN EL QUE PARA UNA CARGA DETERMINADA SE DESARROLLAN LOS ESFUERZOS MAS GRANDES, ES EL QUE CORRESPONDE A LA ESQUINA DE LA MISMA, ES DECIR, EL ANGULO FORMADO POR UN BORDE EXTERIOR Y UNA JUNTA TRANSVERSAL.

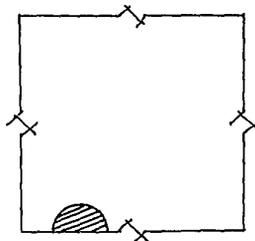


CARGA DE ESQUINA

LOS ESFUERZOS DEBIDOS A LA MISMA CARGA COLOCADA SOBRE UN BORDE DE LA LOSA ALEJADA DE LA ESQUINA, Y EN EL CENTRO DE LA MISMA SON MENORES QUE LOS QUE SE PROVOCAN EN LA ESQUINA DE LA LOSA. LOS ESFUERZOS MENORES SON LOS QUE SE DAN EN EL CENTRO DE DICHA LOSA. SE MUESTRAN LOS ESQUEMAS EN LA SIGUIENTE PAGINA.



CARGA INTERIOR



CARGA DE BORDE

CUANDO EL ESFUERZO TOTAL ES SUPERIOR AL MODULO DE RUPTURA DEL CONCRETO, LA LOSA SE ROMPE. ESTE MODULO DE RUPTURA O " **MODULO DE RESISTENCIA A LA TENSION EN FLEXION** " **MR**, SE EXPRESA COMO UN ESFUERZO Y PUEDE OBTENERSE EXPERIMENTALMENTE PROBANDO UNA VIGA ESTANDAR, PERO PARA CUESTIONES MAS PRACTICAS SE VALUA A PARTIR DE CORRELACIONES CON EL VALOR DE f_c , RESISTENCIA DEL CONCRETO A LA COMPRESION SIMPLE DESPUES DE 28 DIAS DE FRAGUADO.

EN MEXICO SE USA EN LA PRACTICA EL VALOR DE :

$$MR = 0.12 f_c^1$$

EL VALOR DE **MR** CORRESPONDE A LA CONDICION DE RUPTURA DEL CONCRETO. EXISTEN GRAFICOS DE DISEÑO EN LOS CUALES SE INVOLUCRA AL **MR** AFECTANDOLOS CON UN FACTOR DE SEGURIDAD PARA SIMULAR CONDICIONES DE TRABAJO EL CUAL ESTA COMPRENDIDO ENTRE 1.75 Y 2, RESPECTO AL DE RUPTURA.

LOS GRAFICOS DE DISEÑO QUE SE USAN MAS ADELANTE ESTAN OBTENIDOS CONSIDERANDO UN *MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO DE 280,000 kg/cm²*, Y *UNA RELACION DE POISSON IGUAL A 0.15*.

TEORICAMENTE ES POSIBLE DETERMINAR LOS ESFUERZOS PRODUCIDOS EN LAS LOSAS POR LAS ACCIONES EXTERIORES; PERO EN LA PRACTICA EXISTEN ALGUNAS LAGUNAS IMPORTANTES, YA QUE LAS HIPOTESIS DE SUSTENTACION NO SON TOTALMENTE CIERTAS, ESTO SE PONE DE MANIFIESTO CUANDO LAS CAPAS INFERIORES A LA LOSA NO ESTAN CORRECTAMENTE COMPACTADAS Y LA GRANULOMETRIA ES INADECUADA.

POR ELLO, LAS FORMULAS TEORICAS SE HAN CORREGIDO LLEGANDO A UNAS QUE LA EXPERIMENTACION HA COMPROBADO QUE SON SUFICIENTEMENTE APROXIMADAS.

UNO DE LOS CRITERIOS DE DISEÑO MAS USADOS EN CUANTO AL CALCULO DE ESFUERZOS EN LAS LOSAS DE CONCRETO ES EL DEL Dr. **WESTERGAARD**, YA QUE ESTE CRITERIO TOMO EN CUENTA EL AREA DE DISTRIBUCION DE LAS CARGAS DE LAS RUEDAS SOBRE UN CIRCULO CUYA AREA ES EQUIVALENTE A LA CORRESPONDIENTE DE APOYO DE LAS RUEDAS SOBRE EL PAVIMENTO, Y MUY ESPECIALMENTE, TOMA EN CUENTA LA REACCION DE LA SUBRASANTE EXPRESADA COMO EL MODULO DE REACCION. TAMBIEN SE BASA EL CRITERIO EN HIPOTESIS QUE RARAMENTE SE CUMPLEN EN LA PRACTICA, COMO SON EL SUPONER QUE LA LOSA ES HOMOGENEA Y TIENE PROPIEDADES ELASTICAS UNIFORMES, SU APOYO SOBRE EL TERRENO ES POR LO TANTO, UNIFORME; ESTE PRESENTA UNA REACCION VERTICAL, PROPORCIONAL EN CADA PUNTO A SU DEFLEXION O HUNDIMIENTO.

EN TODAS LAS FORMULAS DE WESTERGAARD SE INVOLUCRA UN VALOR DENOMINADO RADIO DE RIGIDEZ RELATIVA ENTRE LOSA Y SUBRASANTE, EN CENTIMETROS, EL CUAL ESTA EXPRESADO POR:

$$I = \sqrt{\frac{4}{12(1-m^2)} \frac{Eh}{K}}$$

DONDE:

I = RADIO DE RIGIDEZ RELATIVA

E = MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

h = ESPESOR DE LA LOSA (cm)

m = COEFICIENTE DE POISSON DEL CONCRETO

K = MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE, O DE LA SUB-BASE CONOCIDO EL DE LA PRIMERA.

COMO YA SE MENCIONA, EXISTEN TRES ESFUERZOS PRODUCIDOS POR TRES CONDICIONES DE CARGA QUE SE PRESENTAN EN DIFERENTES PARTES DE UNA LOSA:

CARGA EN EL INTERIOR O EN EL CENTRO

EN ESTA POSICION LA RUEDA PROVOCA ESFUERZOS DE TENSION EN LA CARA INFERIOR DE LA LOSA DE IGUAL INTENSIDAD EN TODAS DIRECCIONES. EL ESFUERZO PRODUCIDO EN ESTAS CONDICIONES SEGUN WESTERGAARD ES:

$$s = 0.275 (1+m) P/h^2 [\log (Eh^3 / Kb^4) - 54.54[1/C_1]^2 C_2]$$

DONDE:

s = ESFUERZO DE TRABAJO

m = MODULO DE POISSON DEL CONCRETO

P = CARGA

h = ESPESOR DE LA LOSA (cm)

E = MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO

$K = \text{MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE}$

$b = \text{RADIO FICTICIO DE DISTRIBUCION DE LA CARGA QUE VALE:}$

$$(1.6 r^2 + h^2)^{1/2} - 0.675h, \text{ SI } r > 1.724h, \text{ r SI } r < 1.724h.$$

$I = \text{RADIO DE RIGIDEZ RELATIVA}$

C_1 y C_2 , SON DOS FACTORES DE CORRECCION INTRODUCIDOS POR WESTERGAARD PARA TENER EN CUENTA EL HECHO DE QUE LA REACCION DEL TERRENO DEBAJO Y ALREDEDOR DE LA ZONA DE LA CARGA ES MAYOR QUE SI SE SUPONE DICHA REACCION PROPORCIONAL AL HUNDIMIENTO. ESTOS VALORES SE DETERMINAN EXPERIMENTALMENTE. SE PUEDEN USAR LOS RECOMENDADOS POR KELLY, QUE CONDUCEN A RESULTADOS CONSERVADORES, Y SON:

$$C_1 = 51, \text{ y } C_2 = 0.2$$

CARGA DE BORDE.

LA RUEDA EN ESTA POSICION PROVOCA ESFUERZOS DE TENSION EN LA CARA INFERIOR QUE ALCANZAN SU VALOR MAXIMO EN LA DIRECCION DEL BORDE DE LA PLACA.

LA FORMULA PROPUESTA POR WESTERGAARD ES LA SIGUIENTE:

$$s = 0.529 (1 + 0.548 m) P / h^2 [\log Eh^3 / Kb^4 - 0.71]$$

ARLINGTON EN SUS ENSAYOS, OBSERVO UNA CONCORDANCIA ENTRE LOS ESFUERZOS DE LA LOSA CUANDO ESTABA SIN ALABEAR Y LOS CALCULADOS POR MEDIO DE ESTA FORMULA. CUANDO LA LOSA ESTABA ALABEADA, BORDES ARRIBA, LOS ESFUERZOS OBSERVADOS SUPERABAN EN UN 10% A LOS CALCULADOS

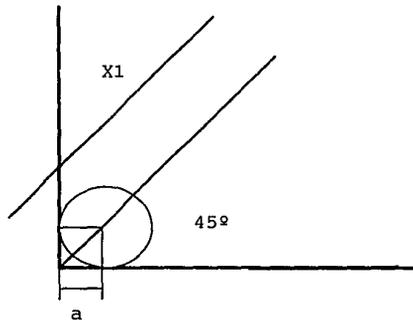
COMO CONSECUENCIA DE ESTAS OBSERVACIONES, TELLER Y SUTHERLAND HAN MODIFICADO LA FORMULA DE WESTERGAARD PARA TENER EN CUENTA ESTE INCREMENTO EN EL ESFUERZO CRITICO DE BORDE POR EL ALABEO BORDES ARRIBA Y PROPUSIERON LA SIGUIENTE EXPRESION:

$$s = 0.529 (1 + 0.548 m) P / h^2 [\log Eh^2 / Kb^4 + \log b / 1 - m^2 - 1.0792]$$

CARGA DE ESQUINA.

RECORDANDO QUE, LAS CARGAS APLICADAS EN UNA ESQUINA DE LA LOSA SON LAS QUE PRODUCEN LOS MAXIMOS ESFUERZOS; EN ESTE CASO, LOS ESFUERZOS MAXIMOS DE TENSION SE PRESENTAN EN LA CARA SUPERIOR DE LA LOSA. EL ESFUERZO CRITICO ES PARALELO A LA BISECTRIZ DEL ANGULO DE ESQUINA Y SEGUN WESTERGAARD SE PRESENTA A LA DISTANCIA $X_1 = 2.38 (a_1)^{1/2}$, Y VALE:

$$s = 3P / h^2 [1 - [a(2)^{1/2}/1]^{0.6}] \quad \text{WESTERGAARD}$$



EL ALABEO DE LA LOSA POR LAS VARIACIONES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD, ALTERA EL REGIMEN DE CONTACTO ENTRE LA LOSA Y LA SUBRASANTE. ESTO CAUSA QUE LOS ESFUERZOS INDUCIDOS SEAN SUPERIORES A LOS CALCULADOS CON LA FORMULA DE WESTERGAARD. BRADBURY PROPUSO SUSTITUIR a POR $a / (2)^{1/2}$ EN LA FORMULA DE WESTERGAARD, LLEGANDO A LA EXPRESION SIGUIENTE:

$$s = 3P / h^2 [1 - [a / 1]^{0.6}] \quad \text{BRADBURY}$$

KELLY, EN BASE A EXPERIMENTOS PROPONE LA SIGUIENTE FORMULA:

$$s = 3P / h^2 [1 - [a(2)]^{1/2}]^{1.2} \quad \text{KELLY}$$

Y A ESTA MISMA FORMULA LLEGAN TELLER Y SUTHERLAND AL MODIFICAR LA DE WESTERGAARD.

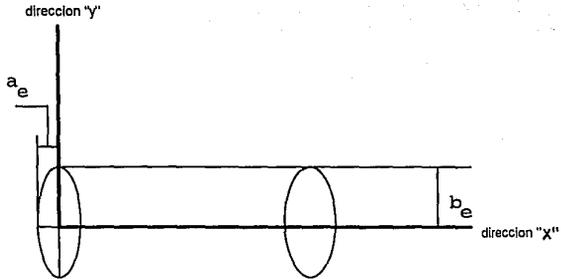
TODAS ESTAS FORMULAS: BRADBURY, KELLY, TELLER Y SUTHERLAND SON, MODIFICACIONES DE LA DE WESTERGAARD, Y TIENEN UN CARACTER SEMIEMPIRICO Y PUEDEN UTILIZARSE PARA EL CALCULO DEL ESFUERZO CRITICO DE TENSION ORIGINADO POR LA CARGA EN LA ESQUINA. SI A ESTE ESFUERZO CRITICO AGREGAMOS LOS PRODUCIDOS POR LOS FACTORES DE VARIACION DE TEMPERATURA, DE HUMEDAD, ETC. TENDREMOS EL ESFUERZO TOTAL CRITICO POR CARGA DE ESQUINA, QUE NO DEBERA SUPERAR AL DE TRABAJO QUE SE ESTABLEZCA PARA LA LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO.

EL AMERICAN CONCRETE INSTITUTE Y LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION RECOMIENDAN LOS SIGUIENTES CONCEPTOS PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO, EN LOS CUALES SE CONSIDERA EL AREA DE CONTACTO DE UNA RUEDA CON LA LOSA COMO UNA ELIPSE.

CARGA DE UNA SOLA RUEDA.

LA SELECCION DE LOS EJES COORDENADOS ES ARBITRARIA. SUPONGASE "y" LA DIRECCION LONGITUDINAL DEL PAVIMENTO DE CONCRETO DE LA CARRETERA Y "x" LA DIRECCION NORMAL A "y" EN EL PLANO DE LA LOSA. SE DESIGNARA POR $t(x)$ Y $t(y)$ A LOS ESFUERZOS CORRESPONDIENTES A LA CARGA DE RUEDAS EN ESAS DIRECCIONES. EL AREA DE CONTACTO DE LA LLANTA CON LA LOSA DE CONCRETO TIENDE A LA FORMA ELIPTICA, EN LA QUE EL EJE MAYOR TIENE UNA LONGITUD DE 1.5 a 2.0 VECES LA LONGITUD DEL EJE MENOR. SEAN a_c Y b_c LOS SEMIEJES DE LA ELIPSE EN LAS DIRECCIONES "x" Y "y" RESPECTIVAMENTE. SI SE ORIENTA LA ELIPSE DEL AREA DE CONTACTO CON EL EJE MAYOR PERPENDICULAR A LA DIRECCION LONGITUDINAL, ENTONCES a_c SERA EL SEMIEJE MAYOR Y b_c EL SEMIEJE MENOR.

SE MUESTRA EL ESQUEMA EN LA SIGUIENTE PAGINA



LA ECUACION DE WESTERGAARD PARA DETERMINAR LOS ESFUERZOS DE TENSION EN EL CONCRETO EN LAS DIRECCIONES "x" y "y", EN EL FONDO DE LA LOSA DEBAJO DEL CENTRO DEL AREA DE CONTACTO DE LA LLANTA, ES LA SIGUIENTE, SE SUPONE UNA RELACION DE POISSON IGUAL A 0.15. :

$$\begin{matrix} t(y) \\ t(x) \end{matrix} \left[\frac{P}{h^2} \left[0.316 \log \left[\frac{E_c h^3}{K} \left[\frac{a_e + b_e}{2} \right] \right] \right]^{\pm} - 0.23 \left[\frac{a_e - b_e}{a_e + b_e} \right] \right]$$

EN ESTAS ECUACIONES, EL SIGNO MENOS CORRESPONDE A $t(x)$ Y EL SIGNO MAS A $t(y)$.

CARGAS DE LLANTAS GEMELAS.

PARA CARGAS GEMELAS, SE UTILIZAN LAS SIGUIENTES ECUACIONES SUPONIENDO LA MISMA RELACION DE POISSON DE 0.15. PARA EL CONCRETO:

$$\begin{matrix} t(x) \\ t(y) \end{matrix} = \frac{3P}{2ph^2} \left[(1.15) (B + R) \right]^{\pm} - (0.425) (C + S)$$

B Y C SON COEFICIENTES DE "LUGAR" Y R Y S SON COEFICIENTES DE " AREA ", Y SE DETERMINAN CON LA POSICION DE LAS CARGAS Y LA FORMA Y TAMAÑO DE LAS AREAS CARGADAS. LA CARGA TOTAL SE DISTRIBUYE UNIFORMEMENTE EN TODA EL AREA DE CONTACTO. SI LOS EJES " x " y " y " SON SIMETRICOS CON RESPECTO A LA CARGA, ENTONCES LOS COEFICIENTES DE LUGAR SON C = 0 Y B = 0.1159. PARA EL CASO DE SIMETRIA, LA ECUACION ANTERIOR TOMA LA SIGUIENTE FORMA:

$$\frac{t(x)}{t(y)} = 3P/2ph^2 [(1.15)(0.1159 + R)^+ - (0.4255)]$$

LAS FORMULAS DE WESTERGAARD FUERON SOMETIDAS A UNA EXTENSA VERIFICACION EXPERIMENTAL, LAS CUALES FUERON LLEVADAS A CABO POR EL DEPARTAMENTO DE CAMINOS PUBLICOS DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMERICA EN UN CAMPO EXPERIMENTAL UBICADO EN ARLINGTON, EN DONDE SE MIDIERON LOS ESFUERZOS DE LAS LOSAS CONSTRUIDAS ESPECIALMENTE Y SOMETIDAS A LA ACCION DE CARGAS DE RUEDA. ESTOS ENSAYES DEMOSTRARON QUE LOS ESFUERZOS REALES QUE SE DESARROLLAN EN LAS ESQUINAS DE LAS LOSAS CUANDO ESTA ALABEADA HACIA ARRIBA A CAUSA DE LA DIFERENCIA DE TEMPERATURA Y HUMEDAD ENTRE LAS CAPAS INFERIORES Y LA SUPERFICIE, O SEA, CUANDO NO HAY UN CONTACTO COMPLETO ENTRE LA LOSA Y LA SUB-BASE O LA SUBRASANTE, SON MAS ELEVADOS QUE LOS QUE SE OBTIENEN CON LA FORMULA DE WESTERGAARD PARA EL CASO MAS CRITICO QUE ES LA CARGA EN LA ESQUINA. ESTO ORIGINO QUE SE CORRIGIERA SU FORMULA POR VARIOS INVESTIGADORES.

EN LA PRACTICA, LAS FORMULAS MAS UTILIZADAS PARA EL CALCULO DE ESFUERZOS EN LAS LOSAS Y SOBRE TODO EN LAS ESQUINAS SON LAS PROPUESTAS POR EL **Dr. GERALD PICKETT** FISICO INVESTIGADOR DE LA ASOCIACION DEL CEMENTO PORTLAND Y CONSIDERA DOS CONDICIONES IMPORTANTES QUE NO HACE WESTERGAARD:

a) *ESQUINAS CON DISPOSITIVOS PARA TRANSMISION DE CARGAS.* SE TRANSMITE POR LO MENOS UN 20% DE LA CARGA DE UNA ESQUINA DE LA LOSA A OTRA, POR MEDIO DE UN DISPOSITIVO ADECUADO DE TRANSMISION DE CARGAS O POR LA TRABAZON DE LOS AGREGADOS. PARA ESTE CASO SE TIENE LA SIGUIENTE ECUACION:

$$f_t = 3.36 P / h^2 [1 - \{ (a/1)^5 / (0.925 + 0.22 / 1) \}]$$

b) *ESQUINAS SIN DISPOSITIVOS PARA TRANSMISION DE CARGAS.* NO EXISTE TRANSMISION DE CARGAS Y UNA ESQUINA DEBE SOPORTAR MAS DEL 80% DE LA CARGA. LA ECUACION QUE SE UTILIZA PARA ESTE CASO ES LA SIGUIENTE:

$$f_t = 4.2 P / h^2 [1 - \{ (a/1)^5 / (0.925 + 0.22 a/1) \}]$$

EN LAS DOS FORMULAS ANTERIORES TENEMOS:

f_t : ESFUERZO MAXIMO DE TENSION EN LA PARTE SUPERIOR DE LA LOSA Y EN LA DIRECCION DE LA BISECTRIZ DEL ANGULO DE LA ESQUINA, EN kg/cm^2 .

P : CARGA DE RUEDA (CARGA BRUTA + IMPACTO). SE RECOMIENDA UNA TOLERANCIA DEL 20% POR IMPACTO, PARA LLANTAS NEUMATICAS.

h : ESPESOR DE UNA LOSA DE CONCRETO DE ESPESOR UNIFORME EN UNA ESQUINA

LAS FORMULAS DE GERALD PICKETT TIENEN EN CUENTA UN 40% DE AUMENTO DE LOS ESFUERZOS DEBIDO A LA DISTRIBUCION NO UNIFORME DEL MOMENTO A LO LARGO DE LA SECCION NORMAL A LA BISECTRIZ DEL ANGULO DE LA ESQUINA QUE, SEGUN SPANGLER, SERIA EL FACTOR DE MAYOR IMPORTANCIA PARA QUE LOS ESFUERZOS EXPERIMENTALES RESULTEN MAYORES QUE LOS TEORICOS; Y TAMBIEN TIENE EN CUENTA LA FALTA DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE EN LA ZONA DE LA ESQUINA DEBIDO A LAS CAUSAS QUE SE MENCIONARON ANTERIORMENTE.

ESFUERZOS DEBIDOS A LAS VARIACIONES DE TEMPERATURA

LOS CAMBIOS EN LA TEMPERATURA ATMOSFERICA DAN LUGAR A VARIACIONES DE TEMPERATURA EN LAS LOSAS. LA TEMPERATURA VARIA EN LA LOSA CON LA PROFUNDIDAD; EXISTE UN GRADIENTE DE TEMPERATURA VARIABLE CON LAS OSCILACIONES TERMICAS DIARIAS Y ESTACIONALES; ELLO PRODUCE LA DESIGUALDAD DE DILATAACION O CONTRACCION EN LAS FIBRAS PARALELAS A LA SUPERFICIE CON LA PROFUNDIDAD. ESTE MOVIMIENTO ESTA PARCIAL O TOTALMENTE IMPEDIDO POR EL PESO PROPIA DE LA LOSA, LO QUE PROVOCARA ESFUERZOS; EL ALABEO ALTERA EL REGIMEN DE CONTACTO DE LA LOSA CON LA SUB-BASE O LA SUBRASANTE, PUDIENDO AUMENTAR CONSIDERABLEMENTE LOS ESFUERZOS PRODUCIDOS POR LA ACCION DE LAS CARGAS DEL TRAFICO.

EN VERANO Y DURANTE EL DIA, SE PRODUCE EL MAXIMO GRADIENTE POSITIVO, PROVOCADO POR LA DIFERENCIA MUY GRANDE ENTRE LA TEMPERATURA DE LAS CARAS SUPERIOR E INFERIOR. LA LOSA SE ARQUEA APOYANDOSE EN SUS EXTREMOS : ALABEO BORDES ABAJO. DURANTE LA NOCHE ESPECIALMENTE DE MADRUGADA, OCURRE LO CONTRARIO. LA LOSA SE LEVANTA EN LOS BORDES APOYANDOSE EN EL CENTRO: ALABEO BORDES ARRIBA. ESTO PROVOCA QUE LAS ESQUINAS SE SEPAREN CLARAMENTE DE LA SUB-BASE. LA TEMPERATURA MEDIA DE LA LOSA EXPERIMENTA CAMBIOS QUEE PROVOCAN SU DILATAACION O CONTRACCION; AL ESTAR EL MOVIMIENTO IMPEDIDO POR LA FRICCION CON LA SUB-BASE Y LA RESISTENCIA EN LAS JUNTAS, SE PRODUCEN LOS ESFUERZOS.

ESFUERZOS DE ALABEO.

EXISTEN DOS METODOS PARA EL CALCULO DE LOS ESFUERZOS POR ALABEO. EL PRIMERO, BASADO EN EL ANALISIS TEORICO DE WESTERGAARD, HA SIDO DESARROLLADO POR BRADBURY Y KELLY, Y EN EL SE SUPONE QUE EL GRADIENTE DE TEMPERATURA ES CONSTANTE CON LA PROFUNDIDAD, O SEA, SE ADMITE QUE LA VARIACION DE TEMPERATURA ES LINEAL CON LA PROFUNDIDAD DEL PAVIMENTO.

EL SEGUNDO, DESARROLLADO POR THOMLINSON, NO CONSIDERA EL GRADIENTE DE TEMPERATURA CONSTANTE CON LA PROFUNDIDAD, SINO VARIABLE Y CALCULABLE SI SE CONOCE LA LEY DE VARIACION DE TEMPERATURA EN LA SUPERFICIE DE LA LOSA Y LAS PROPIEDADES TERMICAS DEL CONCRETO.

SE HA DEMOSTRADO SATISFACTORIAMENTE, QUE EL ANALISIS DE THOMLINSO ES MAS APROXIMADO A LA REALIDAD QUE EL DE WESTERGAARD. SIN EMBARGO RESULTA COMPLICADO EL ANALISIS DE THOMLINSON DADO QUE LA RESOLUCION DE LAS ECUACIONES NO LINEALES RESULTA MUY PROBLEMÁTICA, DE AHI QUE SE PREFIERA EL DE WESTERGAARD, ADEMAS DE QUE ES MUY SIMPLE, WESTERGAARD EXAGERA LOS ESFUERZOS PRODUCIDOS Y ESTO INDUDABLEMENTE NOS LLEVA DEL LADO DE LA SEGURIDAD.

ANALISIS DE WESTERGAARD, BRADBURY Y KELLY.

PARA EFECTOS DE CALCULO SE TOMAN $2/3$ ° C DE VARIACION DE TEMPERATURA POR CENTIMETRO DE ESPESOR PARA EL MAXIMO GRADIENTE POSITIVO (DIFERENCIAS DIURNAS) Y $2/9$ ° C PARA EL MAXIMO GRADIENTE NEGATIVO (DIFERENCIAS NOCTURNAS), ESTAS CIFRAS ESTAN RESPALDADAS POR LA EXPERIENCIA EN LOS ESTADOS UNIDOS.

LAS FORMULAS SON LAS SIGUIENTES:

1.- **ESFUERZOS EN EL BORDE.**- EL ESFUERZO MAXIMO SE PRESENTA EN DIRECCION PARALELA AL BORDE:

$$s_{xb} = [(C_x E_t) / 2] ; \quad s_{yb} = 0$$

2.- **ESFUERZOS EN EL INTERIOR:**

$$s_{xi} = \{[(E a t) / 2] [(C_x + m C_y) / (1 - m^2)]\}$$

$$s_{yi} = \{[(E a t) / 2] [(C_y + m C_x) / (1 - m^2)]\}$$

DONDE:

s_{xb} = ESFUERZO DE ALABEO EN EL BORDE DE LA LOSA, EN EL SENTIDO DE SU LONGITUD, EXPRESADO EN kg/cm^2 .

s_{yb} = ESFUERZO DE ALABEO EN SENTIDO TRANSVERSAL, EXPRESADO EN kg/cm^2 .

s_{xi} = ESFUERZO LONGITUDINAL EN EL INTERIOR DE LA LOSA, EXPRESADO EN kg/cm^2 .

s_{yi} = ESFUERZO TRANSVERSAL EN EL INTERIOR DE LA LOSA, EXPRESADO EN kg/cm^2 .

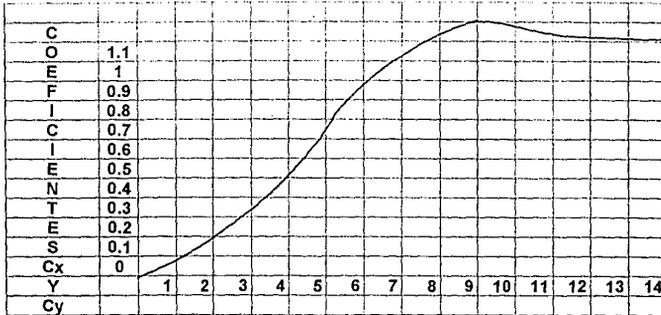
E = MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO.

m = COEFICIENTE DE POISSON.

t = DIFERENCIA DE TEMPERATURA ENTRE LA CARA SUPERIOR INFERIOR DE LA LOSA, EN GRADOS CENTIGRADOS.

C_x Y C_y = COEFICIENTES CUYOS VALORES SE DETERMINAN MEDIANTE LA GRAFICA SIGUIENTE, EN FUNCION DE L_y / l Y L_x / l , RESPECTIVAMENTE, SIENDO L_x Y L_y LONGITUD Y ANCHO DE LA LOSA, e l , EL RADIO DE RIGIDEZ RELATIVA.

a = COEFICIENTE DE DILATACION TERMICA DEL CONCRETO.



RELACIONES LX// y LY//

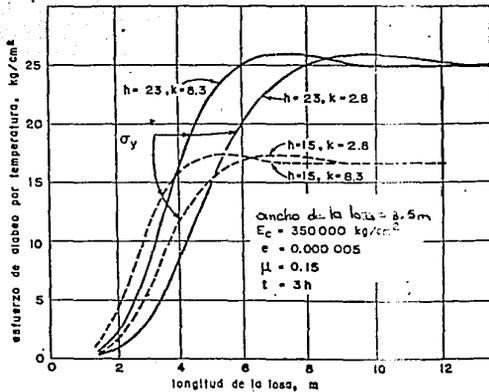
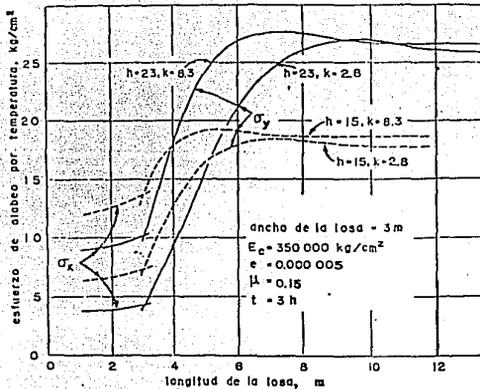
3.- ESFUERZOS EN LA ESQUINA.- PARA LOS ESFUERZOS DE ALABEO BRADBURY PROPUSO LA SIGUIENTE FORMULA:

$$s = [(E t a / 3 (1 - m)) (a / l) ^ 5]$$

EN ESTE CASO t SE CALCULA CON EL GRADIENTE NOCTURNO Y SE OBTIENE $t = (2 / 9) h$. EL ESFUERZO CORRESPONDE AL PUNTO DE LA BISECTRIZ, DONDE ES MAXIMO DEBIDO A LA CARGA DE ESQUINA. LOS ESFUERZOS DE ALABEO SON PEQUEÑOS EN LAS ESQUINAS. EN CAMBIO, ES DE IMPORTANCIA EL INCREMENTO EN LOS PRODUCIDOS POR LAS FUERZAS EXTERIORES A CAUSA DE ESTE ALABEO. ESTE INCREMENTO FUE TOMADO EN CUENTA AL MODIFICAR LAS FORMULAS DE WESTERGAARD.

EN EL INTERIOR Y EN LOS BORDES, LOS ESFUERZOS DE ALABEO SON MAS IMPORTANTES, Y ES DEBIDO A QUE LA DEFORMACION DEL ALABEO ES RESENTIDA POR LA ESCASA MAÑA DE CONCRETO EN LAS ESQUINAS Y POR CASI TODA LA LOSA CUANDO SE TRATA DEL INTERIOR O DE BORDE.

EN LA PAGINA SIGUIENTE SE HAN DIBUJADO CURVAS DE VARIACION DE LOS ESFUERZOS DE ALABEO EN EL INTERIOR Y BORDE DE LAS LOSAS DE CONCRETO, SOBRE SUB-BASES O SUBBRASANTES HOMOGENEAS, VARIANDO LA LONGITUD DE LAS LOSAS; DE ESTAS CURVAS SE DEDUCE QUE EL AUMENTO DE LA LONGITUD DE LAS MISMAS PRODUCE UN NOTABLE INCREMENTO DE LOS ESFUERZOS DE ALABEO HASTA UN CIERTO VALOR, A PARTIR DEL CUAL SE MANTIENEN CONSTANTES O TIENDEN A DISMINUIR.



III.3- DISEÑO DE LOSAS DE CONCRETO POR EL METODO DE LA PORTLAND CEMENT ASSOCIATION

LOS PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO DE ESPESORES DE LOSAS VARIAN BASTANTE SEGUN LA EXPERIENCIA DE LA INSTITUCION QUE LO RECOMIENDA, EN LO QUE SIGUE SE DESCRIBIRA EL METODO PROPUESTO POR LA *PORTLAND CEMENT ASSOCIATION*.

DEBERA COMENZARSE POR VALUAR LA DENOMINADA *RELACION DE RESISTENCIAS*:

$$R_r = MR(CTUANTE) / MR(DISPONIBLE)$$

PARA ELLO, ES NECESARIO CONOCER EL VALOR DE LA RESISTENCIA A LA TENSION EN FLEXION DEL CONCRETO QUE SE APLICARA A LAS LOSAS, ASI COMO EL VALOR DE DICHO CONCEPTO QUE SIRVA DE BASE AL PROYECTO.

A CONTINUACION SE ESTABLECE EL NIVEL DE REPETICIONES DE CARGA ACTUANTE QUE CORRESPONDA AL VALOR DE LA *RELACION DE RESISTENCIAS* QUE SE HAYA OBTENIDO; LA CORRELACION ENTRE AMBOS VALORES ES EMPIRICA Y ES PROPORCIONADA POR LA TABLA SIGUIENTE EN BASE A LA EXPERIENCIA ACUMULADA POR LA *PCA*.

Correlación entre la Relacion de Resistencias de un pavimento rígido y el numero de repeticiones de la carga correspondiente que se puede soportar sin falla.

Relacion de Resistencias	Numero permisible de repeticiones
0.51	400,000
0.52	300,000
0.53	240,000
0.54	180,000
0.55	130,000
0.56	100,000
0.57	75,000
0.58	57,000
0.59	42,000

Relacion de Resistencias	Número permisible repeticiones	Relacion de Resistencias	Número permisible de repeticiones
0.60	32,000	0.73	850
0.61	24,000	0.74	650
0.62	18,000	0.75	490
0.63	14,000	0.76	360
0.64	11,000	0.77	270
0.65	8,000	0.78	210
0.66	6,000	0.79	160
0.67	4,500	0.80	120
0.68	3,500	0.81	90
0.69	2,500	0.82	70
0.70	2,000	0.83	50
0.71	1,500	0.84	40
0.72	1,100	0.85	30

EN LA TABLA ANTERIOR SE SUPONE QUE UNA CARGA QUE APLIQUE A LAS LOSAS UN VALOR DE *MR* TAL QUE LA RELACION DE RESISTENCIAS SEA MENOR QUE 0.5, PUEDE APLICARSE CUALQUIER NUMERO DE VECES SIN FALLA. SI LA RELACION DE RESISTENCIAS ES DE 0.51, LA CARGA CORRESPONDIENTE PUEDE ACTUAR 400,000 VECES ANTES DE PRODUCIR LA FALLA DE LA LOSA, PERO UNA CARGA ACTUANTE QUE CONDUZCA A UNA RELACION DE RESISTENCIAS DE 0.85 SOLAMENTE PODRIA APLICARSE 30 VECES ANTES DE CAUSAR LA FALLA DE LA LOSA.

EXISTE LA RECOMENDACION ADICIONAL DE QUE LA CARGA DEL TRANSITO SE AFECTA POR UN FACTOR DE SEGURIDAD PARA TENER EL VALOR DE CARGA A PARTIR DEL CUAL SE ESTIMA EL *MR ACTUANTE*. DICHO FACTOR DE SEGURIDAD ES DE 1.2 PARA CARRETERAS IMPORTANTES CON TRANSITO INTENSO DE VEHICULOS PESADOS; 1.1 PARA CARRETERAS O CALLES SUJETAS A VOLUMENES MEDIOS DE TRANSITO DE VEHICULOS PESADOS Y 1.0 PARA CARRETERAS Y CALLES CON VOLUMEN PEQUEÑO O NULO DE DICHO TIPO DE TRANSITO.

LA APLICACION DEL METODO PROPUESTO POR LA PCA EXIGE CONOCER LA DISTRIBUCION DE LAS CARGAS DEL TRANSITO, CONOCIENDO TANTO PARA EL CASO DE EJES SENCILLOS COMO PARA EL EL DE SISTEMAS TANDEM, LAS DIFERENTES CARGAS QUE CIRCULARAN SOBRE EL PAVIMENTO. EL METODO DEPENDE, POR CONSIGUIENTE, DE UNA INVESTIGACION DE TRANSITO CUIDADOSA.

COMO DATO ADICIONAL ES PRECISO DISPONER DEL *MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE* O EL DE LA SUB-BASE Y DE DICHO VALOR CORREGIDO POR LA PRESENCIA DE LA *SUB-BASE*. TAMBIEN SERA PRECISO HABER FIJADO UN VALOR DE *MR* DE PROYECTO, QUE HABRA DE SATISFACER EL CONCRETO QUE SE CUELE EN LA OBRA.

CON TODA ESTA INFORMACION PODRA PROCEDERSE AL DISEÑO SIGUIENDO LAS INSTRUCCIONES QUE SE EXPLICAN CON APOYO DE LOS DATOS HIPOTETICOS CONTENIDOS EN LA TABLA SIGUIENTE (REF.4) :

TABLA DE DISEÑO DE ESPESORES DE PAVIMENTOS RIGIDOS DE CARRETERAS SEGUN LA PCA

Carga	Carga $\times F_s$	MIR (actuante)	R_r	Repeticiones permisibles	Repeticiones esperadas	Porcentaje utilizado de la capacidad total
ton	ton	kg/cm ²	—	—	—	—
Ejes Sencillos						
13.6	16.3	26.0	0.52	300,000	3,100	1
12.7	15.2	25.0	0.51	400,000	3,100	1
11.8	14.2	23.3	Menor que			
10.9	13.1	—	0.50	Sin limite	—	0
10.0	12.0	—	—	" "	—	0
				" "	—	0
Ejes Tandem						
24.5	29.4	29.3	0.59	42,000	3,100	7
23.6	28.3	28.2	0.57	75,000	3,100	4
22.6	27.2	27.4	0.55	130,000	30,360	23
21.8	26.1	26.6	0.54	180,000	30,360	17
20.8	25.0	25.6	0.52	300,000	48,140	16
20.0	24.0	24.5	Menor que			
19.0	22.8	—	0.50	Sin limite	—	0
18.1	21.8	—	—	" "	—	0
				" "	—	0
						$\Sigma = 69$

EN LA PRIMERA COLUMNA APARECEN LOS TIPOS DE CARGA ESPERADOS TANTO EN EJES SENCILLOS CON TANDEM, DE ACUERDO CON EL ANALISIS DE TRANSITO QUE SE HAYA HECHO. EN LA SEGUNDA COLUMNA APARECEN ESTOS MISMOS VALORES MULTIPLICADOS POR EL FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA, QUE SE SUPUSO DE 1.2.

HABRA QUE HACER USO AHORA DE LAS GRAFICAS DE LA PAGINA 55 , QUE SON LAS DE DISEÑO DE ESTE PROCEDIMIENTO.

PRIMERAMENTE SE MANEJARA LA GRAFICA (3.1) , QUE SE REFIERE A CARGAS SOBRE EJES SENCILLOS. ENTRANDO CON LAS DIFERENTES CARGAS POR EJE QUE SE TIENEN EN LA TABLA, ES POSIBLE, MANEJANDO LOS GRAFICOS COMO MUESTRAN LAS TRAYECTORIAS DE LAS FLECHAS PUNTEADAS, CALCULAR EL VALOR DE *MR ACTUANTE*, BAJO UNA *HIPOTESIS DE ESPESOR DE LOSA QUE HA DE HACERSE (EN ESTE CASO DE 21.5 cm.)* Y CONOCIENDO EL VALOR DE *k* CORREGIDO, MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE Y SUB-BASE (SUPUESTO PARA ESTE CASO EN LA FIG. DE 3.9 kg/cm³). LOS VALORES DE *MR* QUE EL TRANSITO APLICA A LA LOSA, SE ANOTAN EN LA TERCERA COLUMNA. SE PROBE TAMBIEN, PARA ESTE EJEMPLO QUE EL *MR DE PROYECTO* DEL CONCRETO A USAR EN LAS LOSAS SERA DE 49.6 kg/cm². CON ESTE VALOR PODRAN ANOTARSE LOS DE *R_r* EN LA CUARTA COLUMNA DE LA TABLA ANTERIOR.

CON LOS VALORES DE R_r PODRAN CALCULARSE LAS REPETICIONES PERMISIBLES DE LA CARGA EN CUESTION ANTES DE PROVOCAR LA FALLA, CON BASE EN LA TABLA DE LAS PAGS. 51 y 52 , Y LOS VALORES CORRESPONDIENTES SE ANOTAN EN LA QUINTA COLUMNA DE LA TABLA ANTERIOR.

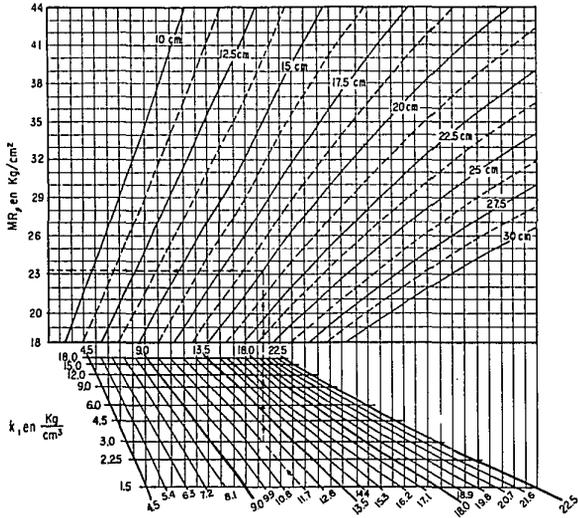
EN LA SEXTA COLUMNA DE DICHA TABLA DEBERAN ANOTARSE LOS VALORES DE LAS REPETICIONES QUE SE ESPERAN REALMENTE PARA CADA UNA DE LAS CARGAS ANOTADAS, DENTRO DE LA VIDA UTIL DEL PAVIMENTO. ESTE DATO DEPENDE DE LA ESTIMACION DEL TRANSITO QUE SE HAYA EFECTUADO Y DE LA CORRESPONDIENTE PREDICCIÓN DE SU DESARROLLO FUTURO. EN LA COLUMNA SEIS DE LA TABLA SE ANOTAN SIMPLEMENTE LAS REPETICIONES ESPERADAS EN CADA CASO.

DIVIENDO LOS NUMEROS DE LA COLUMNA SEIS ENTRE LOS DE LA COLUMNA CINCO, EXPRESANDO EL COCIENTE COMO UN PORCENTAJE, SE OBTENDRA LOS QUE LA PCA DENOMINA " **PORCENTAJE UTILIZADO DE LA CAPACIDAD TOTAL DEL PAVIMENTO**", QUE PODRIA CONSIDERARSE QUE EXPRESA LO QUE CAUSA LA FALLA FINAL DEL PAVIMENTO DE CADA UNA DE LAS CARGAS QUE CIRCULAN EN EL. EN LA COLUMNA SIETE SE HAN ANOTADO PRECISAMENTE ESOS PORCENTAJES, DANDO EL VALOR DE CERO A AQUELLOS CASOS EN QUE LA CARGA ES SUFICIENTEMENTE BAJA COMO PARA QUE PUEDA REPETIRSE CUALQUIER NUMERO DE VECES SIN PROVOCAR LA FALLA DE LA LOSA.

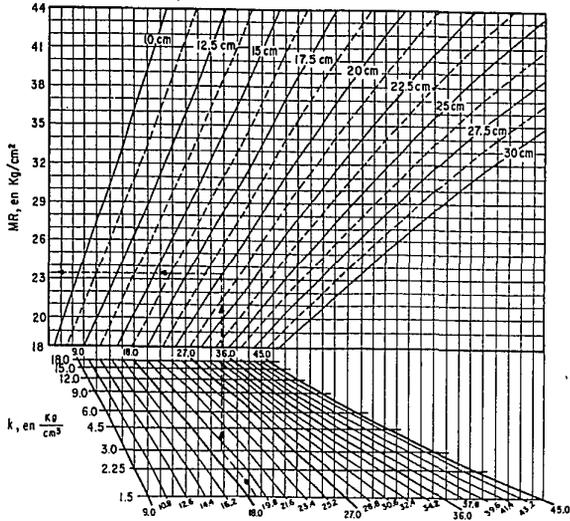
LA SUMA DE TODOS LOS PORCENTAJES ANOTADOS EN LA COLUMNA SIETE SE ACEPTA COMO UN INDICE DE LA CAPACIDAD TOTAL DEL PAVIMENTO. EN EL CASO DE LOS NUMEROS DE DICHA TABLA LA SUMA RESULTO SER 69% QUE DEBE SER CONSIDERADA COMO BAJA, ES DECIR EL ANCHO DE LA LOSA QUE SE SUPUSO RESULTA SOBRADO; EL VALOR IDEALMENTE CORRECTO PARA LA SUMA EN CUESTION SERA DE 100% PERO LA PCA PERMITE EN SU METODO ACEPTAR INCLUSIVE CIFRAS MAYORES, CON TAL DE NO EXCEDER EL 125%. NATURALMENTE QUE EL PORCENTAJE ACEPTABLE DEPENDERA DE LA IMPORTANCIA DE LA CARRETERA, EL DESENVOLVIMIENTO FUTURO DEL TRANSITO Y DEMAS FACTORES.

EN EL CASO DE LOS NUMEROS EXPRESADOS EN LA TABLA, CONVENDRIA REPETIR LA SECUENCIA DE CALCULO, EFECTUANDO UN NUEVO TANTEO IGUAL AL EXPRESADO, EN EL QUE SE UTILIZASE UN ESPESOR DE LOSA MENOR A 21.5 cm. ASI HABRIA QUE PROCEDER A TANTEAR DIFERENTES ESPESORES DE LOSA, HASTA ENCONTRAR UNO QUE PRODUJERE UN ADECUADO PORCENTAJE TOTAL DE UTILIZACION DE LA CAPACIDAD ESTRUCTURAL DE LAS LOSAS.

OBVIAMENTE QUE LOS TANTEOS QUE SE MENCIONAN PODRIAN HACER INVOLUCRAR A OTRAS VARIABLES, POR EJEMPLO, DISMINUYENDO EL VALOR DE M_R DE PROYECTO, LO QUE EQUIVALDRIA A UTILIZAR UN CONCRETO DE MENOR RESISTENCIA Y POR ENDE DE MENOR COSTO.



GRAFICA 3.1. EJES SENCILLOS. TON.



GRAFICA 3.2. EJES TANDEM. TON.

III.3.1.- ESTUDIO DEL TRANSITO PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS EN CARRETERAS UTILIZANDO EL METODO DE LA PCA.

EL VOLUMEN DEL TRANSITO MEZCLADO QUE SE TOMA PARA DISEÑO DEL PAVIMENTO RIGIDO (TD) SE DETERMINA MEDIANTE LA EXPRESION SIGUIENTE PROPUESTA POR LA PROPIA PCA.

$$TD = [100P / 100 + T_{ph}(j-1)] \cdot [5000 \cdot N / K \cdot D]$$

EN DONDE:

TD = TRANSITO MEZCLADO, VALIDO PARA DISEÑO

P = NUMERO DE AUTOMOVILES DE PASAJEROS, INCLUYENDO CAMIONETAS, POR CARRIL Y POR HORA.

N = NUMERO DE CARRILES EN AMBAS DIRECCIONES.

T_{ph} = PORCENTAJE DE CAMIONES, DURANTE HORAS DE MAXIMA AFLUENCIA = 2/3 DEL PORCENTAJE DE VEHICULOS PESADOS EN LAS DOS DIRECCIONES.

j = NUMERO DE CARROS DE PASAJEROS EQUIVALENTE A UN CAMION, QUE PUEDE SER:

TERRENO MONTAÑOSO = 4

TERRENO PLANO = 2

K = VOLUMEN HORARIO DE TRANSITO DE DISEÑO (VDH), EL CUAL SE EXPRESA COMO PORCENTAJE DEL TD, Y PUEDE SER:

AUTOPISTAS DE TRANSITO ELEVADO = 15%

AUTOPISTAS DE TRANSITO MEDIO = 12%

D = TRANSITO MAXIMO EN UNA DIRECCION, EN PORCENTAJE, DURANTE LAS HORAS DE MAXIMA FLUENCIA, EL CUAL VARIA ENTRE 50 Y 75% Y PUEDE SER:

AUTOPISTAS DE TRANSITO ELEVADO = 67%

AUTOPISTAS DE TRANSITO MEDIO = 60%

CON LA FORMULA ANTERIOR SE PUEDE CALCULAR EL PORCENTAJE DE VEHICULOS PESADOS:

$$[1,664/12,240] = 14\% \text{ (EN DOS DIRECCIONES) REF. (8)}$$

EL DIVISOR REPRESENTA LA SUMA DE VEHICULOS TIPO, DE ACUERDO A SU CARGA, Y EL DIVIDENDO ES LA SUMA TOTAL DE ESOS VEHICULOS

EL VALOR DE P LO PODEMOS OBTENER DE LA SIGUIENTE TABLA:

**NUMERO DE AUTOS (INCLUYENDO CAMIONETAS) POR CARRIL Y POR HORA
(SEGUN LA PCA)**

TIPOS DE CARRETERAS	VALOR DE P
AUTOPISTAS URBANAS	1500
AUTOPISTAS SUBURBANAS	1200
AUTOPISTAS	1000
CARRETERAS DE TRANSITO MEDIO	700-900
CARRETERAS DE BAJO TRANSITO	500-700

SE EJEMPLIFICARA UN PROBLEMA PARA ILUSTRAR ESTE METODO:

EN ESTE PROBLEMA SE SUPUSO VALIDO EL VALOR $P = 1200$.

$N = 4$ CARRILES

$T_{ph} = 2/3$ DEL PORCENTAJE DE VEHICULOS PESADOS = $2/3 \cdot 14 = 9.4\%$.

$j = 4$

$K = 12\%$

$D = 60\%$

ENTONCES, EL TRANSITO DE DISEÑO SERA:

$$TD = [(100 \cdot 1,200 / 100 + 9.4 (4 - 1)) \cdot (5,00 \cdot 4 / 12 \cdot 60)] = 25,800$$

(DOS SENTIDOS)

POR LO TANTO, EL NUMERO DE VEHICULOS PESADOS = $25,800 \cdot 0.14 = 3,610$
CAMIONES POR DIA Y LOS CAMIONES EN UNA DIRECCION SON 1,800 POR DIA.

VOLUMEN PROMEDIO HORARIO DE VEHICULOS PESADOS EN UN SENTIDO (VPH):

$$VPH = [25,800 / (2 \cdot 24)] = 538$$

USANDO LA TABLA DE LA PAGINA SIGUIENTE SE OBTIENE EL PORCENTAJE DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO:

PORCENTAJE DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO PARA CARRETERAS DE 4 CARRILES

PROMEDIO HORARIO DE VEHICULOS PESADOS EN UN SOLO SENTIDO (CIENTOS DE CAMIONES)

PORCENTAJE DE VEHICULOS PESADOS EN EL CARRIL DE DISEÑO, CARRETERA DE 4 CARRILES (%)

2	96
4	90
8	84
12	80
16	77
20	76
24	74
28	74
32	75
36	77

INTERPOLANDO EL VALOR DE *VPH* TENEMOS QUE EL PORCENTAJE DE CAMIONES EN EL CARRIL DE DISEÑO ES 88%.

SI QUEREMOS SABER EL NUMERO DE CAMIONES PESADOS POR CARRIL DE DISEÑO EN UN PERIODO DE 20 AÑOS HACEMOS LO SIGUIENTE:

$$1,800 \text{ camiones en una dirección / día} * 0.88 * 365 \text{ días/año} * 20 \text{ años} = 10,500,000 \text{ camiones en la vida de diseño.}$$

EL VALOR DE 10,500,000 VEHICULOS PESADOS TIENE QUE SER DISTRIBUIDO EN EL NUMERO DE VEHICULOS QUE CORRESPONDAN A CADA TIPO ESPERADO DE EJE QUE CIRCUILA EN LA CARRETERA.

LA TABLA (3.1.1) NOS MUESTRA EL NUMERO DE REPETICIONES DE CARGA ESPERADA POR EJE, PARA ESTE EJEMPLO . LOS FACTORES DE DISTRIBUCION DE LA COLUMNA 3 SE DAN POR CADA 1000 VEHICULOS PESADOS QUE PASAN POR EL CARRIL DE DISEÑO EN 20 AÑOS, UN NUMERO IGUAL AL COEFICIENTE QUE SE ANOTA CORRESPONDE A CADA EJE. LA ULTIMA COLUMNA ES UN PRODUCTO DE LA 2 Y LA 3, TOMANDO EN CUENTA QUE EL RESULTADO ES ENTRE 1000.

TABLA 3.1.1

DISTRIBUCION DE VEHICULOS PESADOS

CARGA POR EJE, ton.	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	FACTOR DE DISTRIBUCION POR C/1000 EJES	REPETICIONES DE CARGA ESPERADA
----- EJES SIMPLES -----			
13.6	10,500,000	0.30	3,150
12.7	10,500,000	0.50	5,250
11.8	10,500,000	56. 0	588,000
10.9	10,500,000	60. 0	630,000
10.0	10,500,000	78. 0	819,000
----- EJES TANDEM -----			
24.5	10,500,000	0.30	3,150
23.6	10,500,000	0.50	5,250
22.6	10,500,000	1.50	15,750
21.8	10,500,000	10.0	105,000
20.8	10,500,000	5.7	60,000
20.0	10,500,000	3.0	31,000
19.0	10,500,000	3.5	36,000
18.1	10,500,000	4.0	42,000

III.4.- GRAFICA DE PICKETT PARA CALCULAR ESPESORES DE LOSAS DE CONCRETO

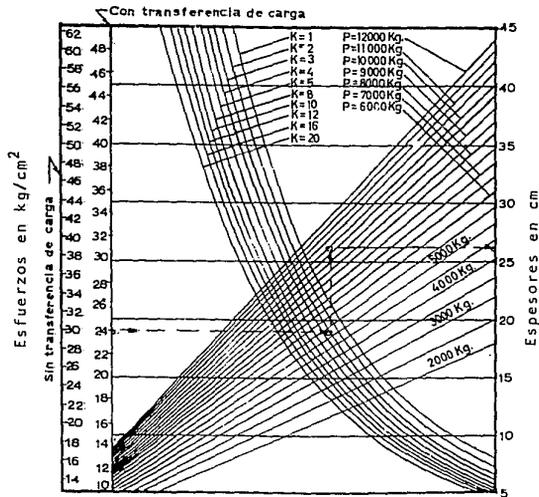
LA GRAFICA QUE SE PRESENTA SIRVE PARA CALCULAR LOS ESPESORES DE LAS LOSAS DE CONCRETO Y SE BASA EN LAS FORMULAS DE PICKETT.

ESTA GRAFICA INVOLUCRA LOS DISPOSITIVOS DE TRANSFERENCIA DE CARGAS EN LAS LOSAS Y TAMBIEN HACE LA CONSIDERACION SIN LOS MISMOS. OTRA CONSIDERACION QUE HACE ES EL DE LAS RUEDAS DUALES DE LOS VEHICULOS.

LA UTILIZACION DE ESTA GRAFICA ESTA SEÑALADA CON LA FLECHA PUNTEADA. TENEMOS COMO DATOS PARA SU UTILIZACION LA REACCION DE LA SUBRASANTE K, CARGAS EN LAS RUEDAS, Y SEGUN SEA EL CASO, LOS ESPESORES PROPUESTOS PARA CONOCER LOS ESFUERZOS O PODEMOS TENER COMO DATO LOS ESFUERZOS Y EN BASE A ELLOS PODEMOS CALCULAR LOS ESPESORES DE LAS LOSAS.

ABACO PARA EL CALCULO DE ESPESORES DE LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO.

RUEDAS DUALES



RELACIONES ENTRE: (1) ESPESOR DEL PAVIMENTO- (2) CARGAS DE RUEDAS- (3) REACCION DE LA SUBRASANTE Y (4) ESFUERZO DE FLEXION.

III.5.- ANALISIS DE LOSAS DE CONCRETO POR ELEMENTOS FINITOS

EN LAS SIGUIENTES LINEAS SE DESCRIBIRA BREVEMENTE EL METODO DE ANALISIS POR ELEMENTOS FINITOS PARA LOSAS DE CONCRETO EN CARRETERAS. NO SE PRETENDERA HACER UN ANALISIS PROFUNDO DE ESTE METODO YA QUE HACERLO SERIA SALIRSE DEL TEMA DE ESTE TRABAJO; SE ESTUDIARA COMO LOS ANTERIORES METODOS DESCRITOS.

EL METODO MENCIONADO SE BASA EN LOS CONCEPTOS IDEADOS POR ZIENKIEWICZ Y CHEUNG. LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO SE DIVIDE EN TRES SUBESTRUCTURAS: LA LOSA DE CONCRETO REPRESENTADA POR SERIES DE ELEMENTOS PLACA, RECTANGULARES E INTERCONECTADOS ENTRE SI; LA CIMENTACION, FORMADA POR LA SUB-BASE Y LA SUBRASANTE, REPRESENTADA POR SERIES DE ELEMENTOS VERTICALES UNIDIMENSIONALES, Y LAS JUNTAS SE REPRESENTAN MEDIANTE ELEMENTOS DE VIGA. PARA EL CASO DE JUNTAS TRANSVERSALES CON BARRAS LISAS PASAJUNTAS Y POR MEDIO DE ELEMENTOS VERTICALES DE RESORTE PARA EL CASO DE JUNTAS MACHIHEMBREADAS O DE TRABAZON MECANICA CON BARRAS DE SUJECION FIG.(5.1).

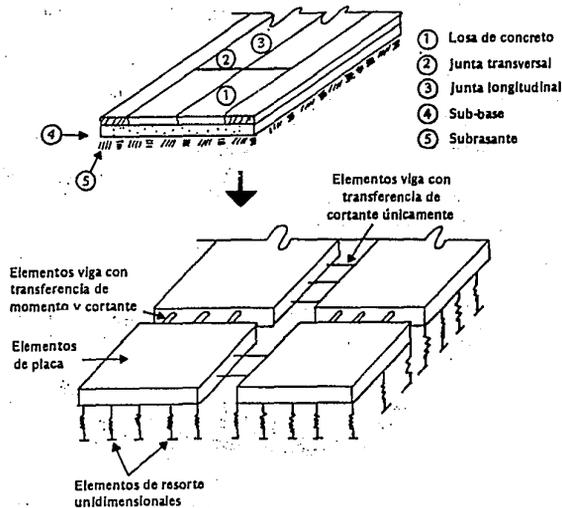


FIG. (5.1) DESCOMPOSICION DE LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO RIGIDO EN DIFERENTES SUBESTRUCTURAS.

LAS PLACAS QUE CONSTITUYEN LA LOSA SE CONSIDERAN COMO PLACAS DELGADAS ORTOTROPICAS, CUYAS PROPIEDADES EN LA DIRECCION DEL TRANSITO (EJE X) Y TRANSVERSALMENTE A ESTE (EJE Y) TIENEN LOS SIGUIENTES MODULOS DE ELASTICIDAD:

$$E_x = E_c + 0.75 p_x (d/t)^2 \cdot E_s$$

$$E_y = E_c + 0.75 p_y (d/t)^2 \cdot E_s$$

EN ESTAS ECUACIONES, E_c ES EL MODULO DE YOUNG DEL CONCRETO; p_x Y p_y SON LOS PORCENTAJES DE REFUERZO EN LAS DIRECCIONES X y Y RESPECTIVAMENTE; d ES EL DIAMETRO DEL ACERO DE REFUERZO, E_s ES EL MODULO DE YOUNG DEL ACERO Y t REPRESENTA EL ESPESOR DE LA LOSA.

ESTAS PLACAS TIENEN GRADOS DE LIBERTAD EN CADA ESQUINA O NODO, PERMITIENDO TRANSLACION VERTICAL Y ROTACION CON RESPECTO A X y Y. LA CIMENTACION, FORMADA POR LA SUB-BASE Y SUBRASANTE, ESTA REPRESENTADA POR UNA CIMENTACION TIPO WINKLER. (LA REACCION VERTICAL EN CADA PUNTO DEPENDE DEL DESPLAZAMIENTO VERTICAL EN ESE PUNTO UNICAMENTE). ESTA CIMENTACION ESTA INTEGRADA POR ELEMENTOS VERTICALES, CUYA RIGIDEZ DEPENDE DEL MODULO DE REACCION DE LA SUBRASANTE Y DE LA RIGIDEZ DE LA SB-BASE. LA CONSTANTE DE RIGIDEZ DE ESTOS ELEMENTOS VERTICALES (DENOTADA POR k), EN ESTE CASO TIENE UN VALOR QUE ES RESILIENTE Y QUE DEPENDE DE LA MAGNITUD DEL ESFUERZO VERTICAL APLICADO Y DE LA VELOCIDAD CON QUE ESTE ESFUERZO SE APLICA. ES VALOR, DENOTADO POR k_r , REPRESENTA UN MODULO DE REACCION DINAMICO EQUIVALENTE, CUYA MAGNITUD AUMENTA CONFORME SE INCREMENTA LA VELOCIDAD DE APLICACION DE CARGA Y DISMINUYE CONFORME SE AUMENTA LA MAGNITUD DE ESTA. CON ESTO SE PRETENDE SIMULAR EL COMPORTAMIENTO RIGIDO QUE TIENE EL PAVIMENTO ANTE LA APLICACION SUBITA DE CARGAS PRODUCIDAS POR LOS VEHICULOS QUE ESTEN EN MOVIMIENTO.

CON LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO REPRESENTADA COMO SE MUESTRA EN LA FIGURA(5.1) SE LLEVA A CABO EL ANALISIS MEDIANTE ELEMENTOS FINITOS, INTEGRANDO LAS RIGIDECES DE TODOS ELLOS EN UNA SOLA MATRIZ DE RIGIDECES. PARA LOS ELEMENTOS VIGA, QUE REPRESENTAN LAS BARRAS PASAJUNTAS EN LAS JUNTAS TRANSVERSALES, EXISTE RESTRICCION A LA ROTACION CON RESPECTO A UN EJE TRANSVERSAL A LA BARRA Y HORIZONTAL, ASI COMO RESTRICCION A DESPLAZAMIENTOS VERTICALES, POR LO QUE ESTOS ELEMENTOS TRANSMITEN MOMENTO FLEXIONANTE Y CORTANTE A LOS ELEMENTOS DE PLACA ADYACENTES FIG.(5.2) EN EL CASO DE BARRAS DELGADAS, EN LAS JUNTAS LONGITUDINALES, SOLO PUEDEN TRANSMITIR FUERZA CORTANTE DE UN ELEMENTO DE PLACA EN UN EXTREMO, AL OTRO EXTREMO CONTRARIO FIG.(5.3).

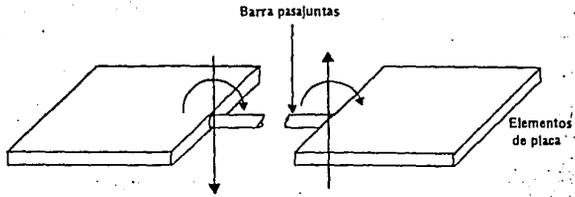


FIG.(5.2) TRANSFERENCIA DE MOMENTO Y CORTANTE EN LA BARRA PASAJUNTAS.

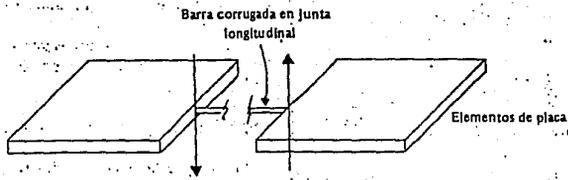


FIG. (5.3) TRANSFERENCIA DE CORTANTE EN UNA BARRA DE JUNTA LONGITUDINAL

LOS ELEMENTOS DE LA CIMENTACION PRODUCEN UNA FUERZA VERTICAL, O REACCION A LOS DESPLAZAMIENTOS DE LA LOSA. ESTA FUERZA SE INTEGRA JUNTO CON LAS FUERZAS APLICADAS EXTERNAMENTE. LA REACCION EN CADA ELEMENTO VERTICAL ES:

$$p = ab k_r w$$

Y PARA LOS ELEMENTOS VERTICALES QUE SE SUPONEN CONCENTRADOS EN LOS NODOS SE TIENE:

$$(P) = [ab] k_r [a] (w)$$

DONDE (P) ES LA MATRIZ DE LAS REACCIONES EN TODOS LOS NODOS, [ab] ES LA MATRIZ DE LAS DIMENSIONES DE TODOS LOS ELEMENTOS, k_r ES EL MODULO DE REACCION RESILIENTE. [a] ES UNA MATRIZ DE COEFICIENTES DE REPARTICION DE CARGA Y (w) ES LA MATRIZ DE LOS DESPLAZAMIENTOS NODALES.

CON TODOS LOS ELEMENTOS DESCRITOS ANTERIORMENTE, SE PUEDE LLEVAR A CABO EL ANALISIS DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO, INTEGRANDOSLOS EN UNA SOLA MATRIZ GLOBAL DE RIGIDECES Y APLICANDO UN SISTEMA GLOBAL DE FUERZAS EXTERNAS (MOMENTOS Y CARGAS TRANSVERSALES), CON LO CUAL SE PROPORCIONA UN ESTADO GLOBAL DE DESPLAZAMIENTOS NODALES. CON ESTOS DESPLAZAMIENTOS SE PUEDEN OBTENER LOS ESTADOS DE DEFORMACIONES Y ESFUERZOS MEDIANTE LAS SIGUIENTES ECUACIONES:

$$\sigma = \begin{bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \sigma_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{E_x}{1-\mu_x \mu_y} & \frac{E_x \mu_x}{1-\mu_x \mu_y} & 0 \\ \frac{E_y \mu_y}{1-\mu_x \mu_y} & \frac{E_y}{1-\mu_x \mu_y} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{E_x}{12(1+\mu_y)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix}$$

DONDE:

$$\epsilon = \begin{bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -z \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \\ -z \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \\ 2z \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} \end{bmatrix}$$

LAS FUERZAS VERTICALES EN LA CIMENTACION SON:

$$(P) = k_r (w)$$

EL METODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS TIENE CARACTERISTICAS QUE VALEN LA PENA MENCIONAR:

1. SE PUEDE ANALIZAR LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO, INCLUYENDO DISCONTINUIDADES TALES COMO JUNTAS LONGITUDINALES, JUNTAS TRANSVERSALES O GRIETAS.
2. ES POSIBLE CONSIDERAR DIMENSIONES FINITAS EN TODAS DIRECCIONES, TANTO EN LA LOSA COMO EN LA CIMENTACION.
3. SE PUEDE HACER EL ANALISIS DE PAVIMENTOS CON LOSAS DE CONCRETO DE DIFERENTES ESPESORES, O CON DISTINTAS PROPIEDADES MECANICAS. TAMBIEN ES POSIBLE CONSIDERAR DIFERENTES CAPACIDADES DE SOPORTE EN LA CIMENTACION DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS. LO ANTERIOR SE REFIERE A LOS CASOS EN LOS QUE EL AGUA PUEDA PENETRAR DEBAJO DE LA LOSA DE CONCRETO Y CONSECUEMENTE DISMINUYA EL VALOR DE SOPORTE DE LA CIMENTACION A CAUSA DEL BOMBEO.

INDEPENDIENTEMENTE DE LAS VENTAJAS MENCIONADAS, ESTE METODO REPRESENTA UNA SERIE DE DIFICULTADES QUE TAMBIEN ES NECESARIO PLANTEAR:

EN LA PRACTICA PUEDE SER DIFICIL LA APLICACION DE ESTE METODO A MODELOS COMPLEJOS DE MATERIALES, DEBIDO A LA INCAPACIDAD DE ALGUNOS DE LOS PROCESOS DE COMPUTACION PARA TRABAJAR CON LAS ECUACIONES RESULTANTES DE ESTOS MODELOS Y A LA POSIBILIDAD DE QUE LA MAGNITUD DE EL PROBLEMA EXCEDA A LA CAPACIDAD DE LA COMPUTADORA. ASIMISMO, EN COMPARACION CON LOS OTROS METODOS PRESENTADOS EN ESTE TRABAJO, ESTE PUEDE SER MUY COSTOSO DEBIDO A LA GRAN CANTIDAD DE TIEMPO DE COMPUTADORA, QUE SE REQUIERE PARA COMPLETAR EL ANALISIS. ES POR ESTO QUE, ESTE METODO NO ES MUY USADO, POR LO MENOS NO PRACTICAMENTE, TAL VEZ PARA ESTUDIOS DE INVESTIGACION SEA MAS UTIL.

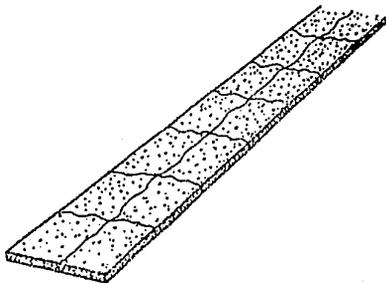
III.6.- JUNTAS EN LAS LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO

LA NECESIDAD DE CONSTRUIR JUNTAS EN LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO HIDRAULICO RESULTA OBVIA, YA QUE DE NO HACERLO SE PRESENTARIAN GRIETAS A INTERVALOS BASTANTE REGULARES DEBIDO A LA CONTRACCION Y DILATACION DEL CONCRETO.

DURANTE EL PROCESO DE ENDURECIMIENTO DEL CONCRETO, PARTE DEL AGUA DE LA MEZCLA LA TOMA EL CEMENTO PARA SU HIDRATACION, Y OTRA PARTE, QUE ES AGUA EN EXCESO, SE PIERDE POR EVAPORACION. EL CEMENTO AL HIDRATARSE GENERA CALOR CON MAYOR INTENSIDAD EN LA REACCION. LLEVANDO GENERALMENTE DE MAS A MENOS LA TEMPERATURA DEL CONCRETO.

TODOS ESTOS FACTORES SON RESPONSABLES DE LAS GRANDES CONTRACCIONES QUE SUFRE EL CONCRETO A EDADES TEMPRANAS.

LAS LOSAS DE CONCRETO SE APOYAN SOBRE UN MATERIAL DE SUPERFICIE IRREGULAR (AUNQUE ESTE MUY BIEN COMPACTADO) QUE PROVOCA UNA TRABAZON EN LA CARA DE CONTACTO DE LA LOSA, Oponiendose a sus movimientos por cambios volumetricos de contraccion. LOS EXTREMOS DE LA LOSA TRATAN DE MOVERSE HACIA EL CENTRO DE LA MISMA, PERO EL APOYO RESTRINGE ESTE MOVIMIENTO POR MEDIO DE UNA FUERZA DE FRICCION, GENERANDO UNA FUERZA INTERNA DE TENSION EN LA LOSA QUE, DIVIDIDA ENTRE EL AREA TRANSVERSAL DE ESTA, SE OBTIENE UN ESFUERZO DE TENSION. COMO LOS ACORTAMIENTOS DE LA LOSA SON GRADUALES, EL VALOR DE ESTE ESFUERZO AUMENTA DE MODO SIMILAR, EN EL MOMENTO QUE ESTA REBASA A LA RESISTENCIA A LA TENSION DEL CONCRETO EN UN PUNTO DADO, SE ROMPE LA LOSA EN ESE PUNTO, APARECIENDO GRIETAS MAS O MENOS PERPENDICULARES Y PARALELAS AL EJE A LO LARGO DE LA LOSA, COMO SE MUESTRA EN LA FIG. SIGUIENTE.



EL AGRIETAMIENTO POR SI SOLO CREA DISCONTINUIDAD EN EL PAVIMENTO, DEBILITANDOLO EN LA ZONA DE LAS GRIETAS. LO MAS GRAVE ES, QUE, A TRAVES DE LAS GRIETAS MUY ABIERTAS PASARA AGUA Y MATERIALES IMCOMPRESIBLES. LA PRIMERA VA A ABLANDAR EL APOYO HASTA EROSIONARLO Y EN EL CASO DE SUELOS EXPANSIVOS LOS VA A ACTIVAR RESTANDOLE UNIFORMIDAD DEL APOYO Y PROVOCANDO EN UN FUTURO CERCANO LAS FALLAS ESTRUCTURALES; LOS ULTIMOS, VAN A BLOQUEAR LOS MOVIMIENTOS DE EXPANSION DE LA LOSA. DESPOSTILLANDOLA Y RESTANDOLE CAPACIDAD DE CARGA Y POR LO TANTO, DURABILIDAD.

LAS SOLUCIONES GENERALES A ESTOS PROBLEMAS SON:

1.- PARA LA DISCONTINUIDAD

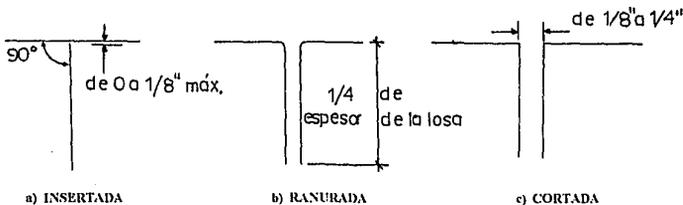
FRENTE A LAS CARGAS, HACER TRABAJAR EN CONJUNTO LAS LOSAS ADYACENTES POR ALGUN MEDIO (PASAJUNTAS, LLAVES, ETC.). QUE PERMITA EL LIBRE MOVIMIENTO DE LA GRIETA QUE SEPARA A DICHA LOSA.

2.- PARA LA PENETRACION

EVITAR EL PASO DEL AGUA Y DE LOS MATERIALES INCOMPRESIBLES POR ALGUN MEDIO (SELLO), QUE AL MISMO TIEMPO QUE IMPERMEABILICE LA GRIETA, PERMITA SUS MOVIMIENTOS LIBREMENTE. PERO ESTA SOLUCION QUEDA INCOMPLETA SI NO SE TOMA EN CUENTA QUE LAS GRIETAS APARECEN EN LA SUPERFICIE DE LA LOSA DE MANERA IRREGULAR, DIVAGANTE Y CON UNA ABERTURA INSUFICIENTE PARA SELLARLAS BIEN. EL ABRIR UN CANAL SIGUIENDO LA GRIETA PARA ALOJAR EL MATERIAL DE SELLO (CALAFATEO), ES COSTOSO, ANTIESTETICO, Y NO HARIA POSIBLE LA SOLUCION ANTERIOR.

EL CONCEPTO DE JUNTA SE ORIGINA EN LA NECESIDAD DE PREDETERMINAR DE MANERA CONVENIENTE, LOS PUNTOS DONDE DEBERAN APARECER LAS GRIETAS Y QUE ESTAS TENGAN EN LA SUPERFICIE UNA GEOMETRIA REGULAR, PARA QUE PRESENTEN UN CANAL APROPIADO PARA ALOJAR EL MATERIAL DE SELLO CON UNA APARIENCIA AGRADABLE.

PARA ESTABLECER UN SISTEMA DE JUNTAS EN LAS LOSAS, DEBEMOS RANURAR LAS MISMAS A DISTANCIAS DEBIDAMENTE CALCULADAS, PARA, QUE LAS GRIETAS QUE APAREZCAN EVENTUALMENTE, LO HAGAN DEBAJO DE LAS RANURAS. SON TRES LOS TIPOS DE RANURAS, SEGUN SU METODO DE CONSTRUCCION.



h) **INSERTADA.** LA RANURA SE FORMA DEJANDO AHOGADA UNA PLACA DE ACERO, DE MADERA, DE PLASTICO, ETC., DENTRO DEL CONCRETO FRESCO. LAS PLACAS DE ACERO Y DE MADERA SE EXTRAEN A UNA DETERMINADA EDAD DEL CONCRETO; EN CAMBIO LAS PLACAS DE HULE O PLASTICAS PUEDEN QUEDAR AHOGADAS PERMANENTEMENTE.

b) **RANURADA.** CON UN EQUIPO RAYADOR, SE HACE UNA RANURA EN EL CONCRETO FRESCO, DEJANDO EN LA SUPERFICIE LAS ARISTAS REDONDEADAS.

c) **CORTADAS O ASERRADAS** SON AQUELLAS QUE SE FORMAN USANDO SIERRAS CON DISCOS DE DIAMANTE, CUANDO EL CONCRETO TIENE UN CIERTO GRADO DE ENDURECIMIENTO Y LAS CONTRACCIONES SON INFERIORES A AQUELLAS QUE CAUSAN EL AGRIETAMIENTO.

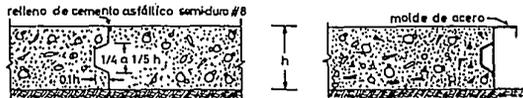
LA PROFUNDIDAD DE LA RANURA, PARA QUE TRABAJE EFECTIVAMENTE NO DEBE SER MENOR DE $1/5$ EL ESPESOR DE LA LOSA PARA LAS INSERTADAS Y LAS RANURADAS; PARA LAS ASERRADAS, DEBIDO AL DESGASTE DE LA SIERRA SE PREVEE UNA PROFUNDIDAD DE $1/4$ DEL ESPESOR. EL ANCHO DE LA RANURA ASERRADA, VA DESDE $1/8$ HASTA $1/4$ DE PULGADA, PARA PODER ALOJAR PERFECTAMENTE EL MATERIAL DE SELLO. PARA LA INSERTADA EL ANCHO PUEDE IR HASTA $3/8$ ".

TIPOS DE JUNTAS

JUNTAS LONGITUDINALES

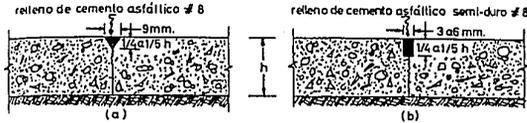
LAS JUNTAS LONGITUDINALES SON AQUELLAS QUE SE CONSTRUYEN PARALELAS AL EJE DEL CAMINO. ESTAS JUNTAS SE EMPLEAN GENERALMENTE PARA CONTROLAR LAS GRIETAS LONGITUDINALES DE CONTRACCION. TAMBIEN SE APROVECHAN PARA DEFINIR EL ANCHO DEL CARRIL Y PUEDEN QUEDAR FORMADAS AL COLAR EN FRANJAS LONGITUDINALES EL PAVIMENTO.

ES COMUN QUE SE CONSTRUYAN LAS JUNTAS LONGITUDINALES EMPLEANDO EL TIPO MACHO Y HEMBRA QUE SE MUESTRA A CONTINUACION.



JUNTAS LONGITUDINALES TIPO MACHO Y HEMBRA

SIN EMBARGO, EN MUCHAS OCASIONES CONVIENE PAVIMENTAR EN UNA SOLA OPERACION LA ANCHURA CORRESPONDIENTE A DOS CARRILES, DIVIDIENDOLA EN SEGUIDA MEDIANTE UNA JUNTA LONGITUDINAL DE RANURA DEL TIPO SIMILAR A ALGUNO DE LOS QUE SE MUESTRAN A CONTINUACION:



JUNTAS LONGITUDINALES DE PLANO DEBILITADO

LAS DOS JUNTAS LONGITUDINALES ANTERIORES (A) Y (B) PRESENTAN SU DIFERENCIA EN LA FORMA DE LLEVAR A CABO SU CONSTRUCCION. EL TIPO (A) SE CONSTRUYE CON UNA PIEDRA DE CARBORUNDUM QUE SE INTRODUCE UNA VEZ FRAGUADO EL CONCRETO. EL TIPO (B) SE CONSTRUYE YA SEA MEDIANTE UNA PIEDRA DE CARBORUNDUM COMO EN EL CASO (A) O BIEN MEDIANTE UN LISTON DE MADERA QUE SE INTRODUCE INMEDIATAMENTE DESPUES DEL VACIADO O COLADO DEL CONCRETO. ESTAS JUNTAS SE LLAMAN *JUNTAS DE PLANO DEBILITADO*.

DISTANCIA ENTRE LAS JUNTAS LONGITUDINALES.

LO MAS PRACTICO ES, QUE ESTA DISTANCIA LA DETERMINE EL ANCHO DEL CARRIL. CASI SIEMPRE ES DE 3.7m A MENOS QUE SE ESPECIFIQUE OTRO ANCHO, FIG.(3.3)

EXISTE EQUIPO DE CONSTRUCCION QUE PUEDE CONSTRUIR EL PAVIMENTO A TODO LO ANCHO DE SU CORONA EN UNA SOLA PASADA; EN ESTE CASO LAS JUNTAS LONGITUDINALES SE FORMARAN CON RANURA, FIG.(3.4). ESTAS JUNTAS GENERALMENTE LLEVAN BARRAS DE SUJECION, COLOCADAS A LA MITAD DEL ESPESOR DE LA LOSA PARA PREVENIR DESLIZAMIENTOS LATERALES DE LAS MISMAS. CUANDO SON MAS DE DOS JUNTAS LONGITUDINALES ES SUFICIENTE PONER ESTAS BARRAS, EN CADA UNA DE LAS JUNTAS PROXIMA A LAS ORILLAS DEL PAVIMENTO Y SI EL DISEÑO DE ESTE, ES CON DISPOSITIVOS DE TRANSMISION DE CARGAS, TODAS LAS JUNTAS LONGITUDINALES SE DISEÑARAN PARA ESTA FUNCION, DE LAS SIGUIENTES MANERAS:

a) APROVECHANDO LA TRABAZON DE LA GRIETA LONGITUDINAL. CUANDO LA JUNTA SE CONSTRUYO CON RANURA Y BARRA DE SUJECION.

b) POR MEDIO DE UNA LLAVE DE CONCRETO EN LAS LOSAS, PREPARADA EN LOS COLADOS POR FRANJA CON CIMBRAS ESPECIALES, ACOMPAÑADA DE BARRAS DE SUJECION PARA MAYOR EFICIENCIA EN LA TRANSMISION DE CARGAS.

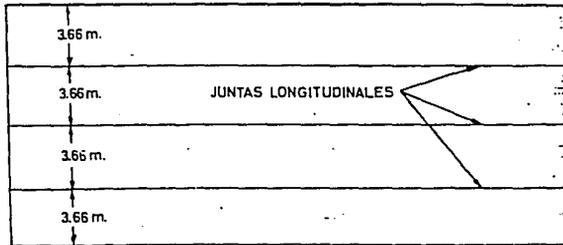
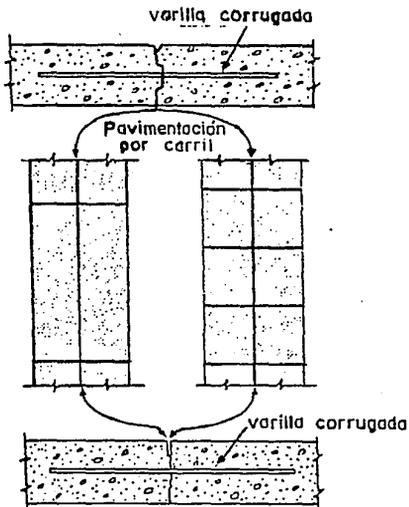
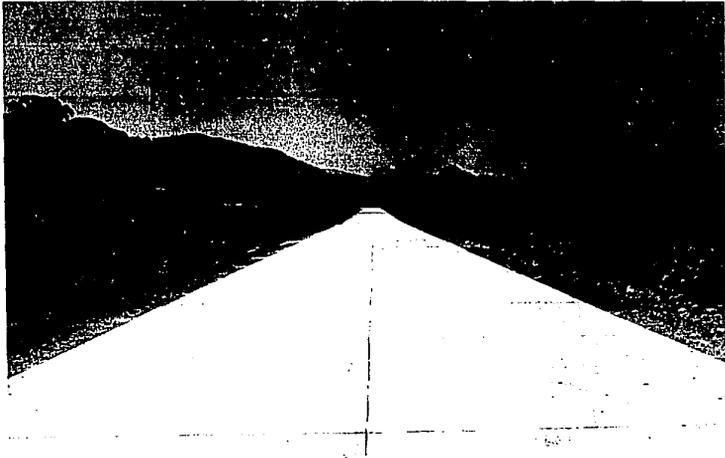
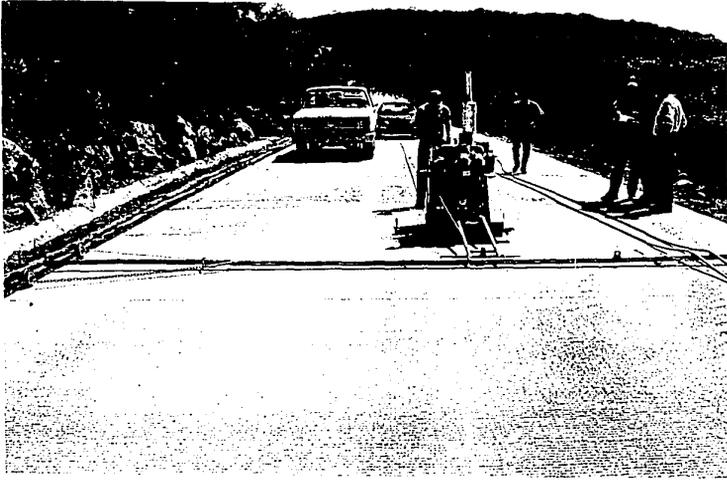


FIG. (3.3).- DISTANCIA ENTRE JUNTAS LONGITUDINALES



A todo lo ancho
FIG. (3.4).- JUNTAS LONGITUDINALES



EN ESTAS FOTOGRAFIAS PODEMOS APRECIAR JUNTAS LONGITUDINALES EN LA DE ARRIBA SE MUESTRA EL MOMENTO EN QUE LA RANURADORA HACE DICHA JUNTA; NOTESE LAS BARRAS GULAS DE LA RANURADORA PARA HACER LA RANURA EXCTAMENTE A LA MITAD DEL ANCHO DE CORONA. EN LA FOTOGRAFIA DE ABAJO SE VE UN TRAMO DE CARRETERA CON LA JUNTA LONGITUDINAL TERMINADA.

JUNTAS TRANSVERSALES

LAS JUNTAS TRANSVERSALES EN LOS PAVIMENTOS RIGIDOS TIENEN POR OBJETO EL EVITAR EL AGRIETAMIENTO DEBIDO AL ESFUERZO QUE SE PROVOCA POR LA CONTRACCION Y ALABEO DE LAS LOSAS. ESTE TIPO DE JUNTAS SON DE VARIAS CLASES: *DE CONTRACCION, DE CONSTRUCCION Y DE DILATAACION.*

JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCION.

ESTE TIPO DE JUNTAS SON LAS MAS IMPORTANTES EN EL BUEN COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO DE CONCRETO SIMPLE CON O SIN REFUERZO EN LAS JUNTAS;
FIGS.(3.5 y 3.6)

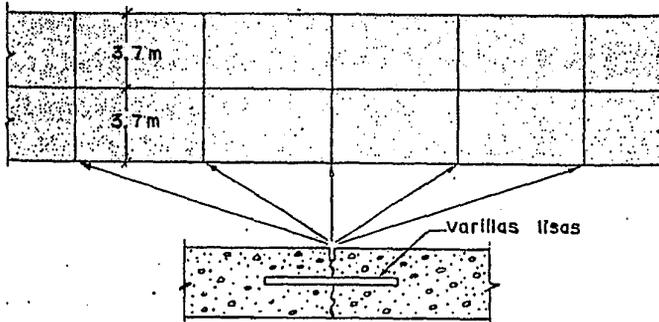


FIG. (3.5) PAVIMENTO DE CONCRETO SIMPLE CON REFUERZO EN LAS JUNTAS

LAS JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCION USADAS PARA EVITAR LOS ESFUERZOS DEBIDOS A LA DISMINUCION DE VOLUMEN, SE CONSTRUYEN DE MANERA SIMILAR A LAS JUNTAS LONGITUDINALES TIPO PLANO DEBILITADO.

DE LA EXPERIENCIA ACUMULADA HASTA LA FECHA, SE ENCUENTRA QUE ES IMPRESCINDIBLE EL REFUERZO, PORQUE ADEMAS DE REDUCIR LOS ESPESORES DE UN 20 a un 25%, AUMENTAN LA VIDA UTIL DEL PAVIMENTO Y EL ESPACIAMIENTO ENTRE ESAS JUNTAS. CUANDO SE TRATA DE UN PAVIMENTO DE CONCRETO CON REFUERZO CONTINUO, TAMBIEN ES PRACTICO REFORZAR LAS JUNTAS TRANSVERSALES FIG.(3.7). HAY QUE TOMAR MUY EN CUENTA QUE EN EL REFUERZO CONTINUO DESAPARECEN SUBSTANCIALMENTE LAS JUNTAS TRANSVERSALES Y MEJORA NOTABLEMENTE EL COMPORTAMIENTO DE LOS PAVIMENTOS (COMODIDAD DE TRANSITO, MANTENIMIENTO BAJO O NULO).

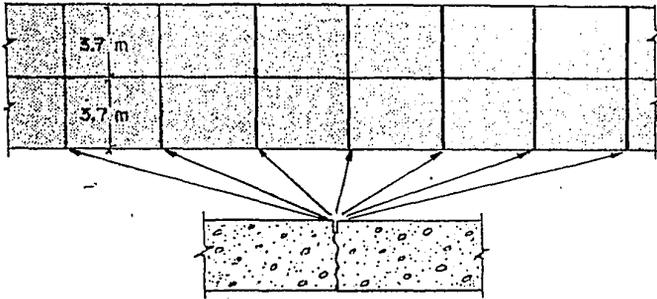


FIG. (3.6).-PAVIMENTO DE CONCRETO SIMPLE, JUNTAS DE CONTRACCION SIN REFUERZO

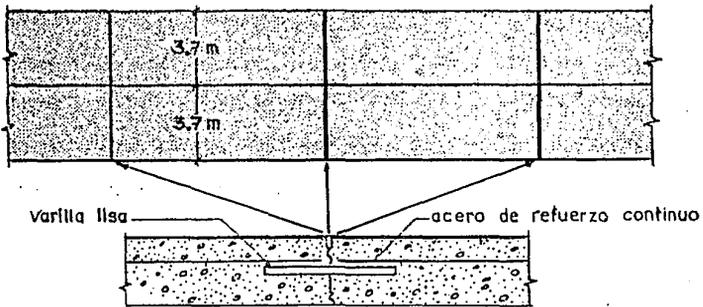
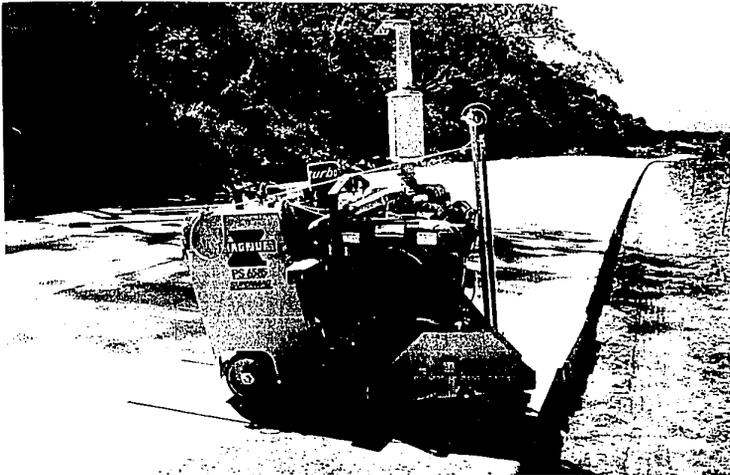


FIG. (3.7) JUNTAS TRANSVERSALES, PAVIMENTO CON REFUERZO CONTINUO



EN LA PRIMERA FOTOGRAFIA PODEMOS APRECIAR LA RANURADORA PARA LOSAS, EN ESTA OCASION HACIENDO LAS JUNTAS TRANSVERSALES. EN LA FOTOGRAFIA DE ABAJO VEMOS LA JUNTA TRANSVERSAL YA RANURADA ANTES DE PONER EL MATERIAL DE SELLO. NOTESE EL ACABADO TRANSVERSAL DE LA LOSA PARA EVITAR EL DERRAPAMIENTO DE LOS VEHICULOS.



AQUI OBSERVAMOS QUE YA SE COLOCO EL MATERIAL PARA SELLAR LA JUNTA QUE EN ESTA OCASION FUE CAUCHO. SE ALCANZA A VER LA FALLA DE LA LOSA PRECISAMENTE EN LA JUNTA. LO QUE ES MUY IMPORTANTE PORQUE LAS CONTRACCIONES LAS TOMARA EN SU GRAN MAYORIA LA JUNTA.

EL REFUERZO DE LAS JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCION SE HACE POR MEDIO DE LOS "PASAJUNTAS" O VARILLAS DE ACERO. LISAS Y ENGRASADAS PARA EVITAR LA ADHERENCIA CON EL CONCRETO, PROTEGERLAS CONTRA LA CORROSION Y TRANSMITIR POR CORTANTE LAS CARGAS DE UNA LOSA A LA ADYACENTE.

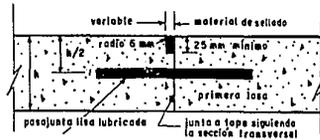
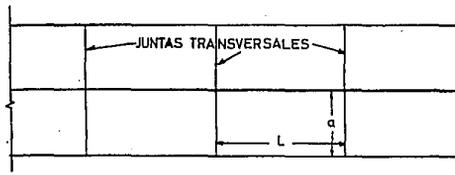


FIG. (3.8) JUNTA DE CONTRACCION CON LOSAS A TOPE

PARA DETERMINAR EL ESPACIAMIENTO J , DE LAS JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCION SE HACE EL RAZONAMIENTO SIGUIENTE: LA CONTRACCION O DILATACION DE UNA LOSA ENTRE DOS JUNTAS TRANSVERSALES SE VE, EN PARTE, EVITADA POR LA FRICCION ENTRE LA LOSA Y EL TERRENO PROVOCANDO CON ELLO ESFUERZOS QUE PUEDEN SER PERJUDICIALES MAXIME EN LAS PRIMERAS HORAS DE VACIADO DEL CONCRETO. PARA UNA CONTRACCION DE UNA LOSA, EL MAXIMO ESFUERZO DE TENSION SE PRODUCIRA EN LA SECCION MEDIA Y TENDRA, EN TONELADAS POR METRO CUADRADO, EL SIGUIENTE VALOR:



$$S = \{ (a \cdot h \cdot (L/2) \cdot f \cdot g) / a \cdot h \} = \{ (L \cdot g \cdot f) / 2 \}$$

EN LA QUE:

a = ANCHO DE LA LOSA EN METROS

h = ESPESOR DE LA LOSA EN METROS

L = LONGITUD DE LA LOSA EN METROS

f = COEFICIENTE DE FRICCION ENTRE EL SUELO Y EL CONCRETO, Y VARIA DE 0.5 a 2.5, USUALMENTE 2.

g = PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO EN Tm/m^3 .

CONOCIENDO EL VALOR DEL ESFUERZO DE TENSION DEL CONCRETO (S), COMO POR EJEMPLO $30 Tm/m^2$, SE PUEDE OBTENER, DE LA FORMULA ANTERIOR, LA LONGITUD DE LAS LOSAS ENTRE JUNTAS DE CONTRACCION.

ES MUY IMPORTANTE HACER NOTAR LA NECESIDAD QUE SE TIENE DE QUE LA SUB-BASE O SUBRASANTE SOBRE LA CUAL SE CUELEN LAS LOSAS DE CONCRETO SEA LO MAS LISO POSIBLE A EFECTO DE NO PRODUCIR UN ANCLAJE PERJUDICIAL DE LAS LOSAS CON EL SUELO. A CONTINUACION SE MUESTRA UNA TABLA , CON RAZONABLE APROXIMACION, EN LA QUE SE PUEDEN USAR SUS DATOS PARA CONTROLAR LAS GRIETAS DE CONTRACCION CONSIDERANDO LA CALIDAD DEL AGREGADO PETREO:

TIPO DE AGREGADO	SEPARACION MAXIMA ENTRE JUNTAS
GRANITO TRITURADO	7.40 m
GRAVAS CALIZAS	6.00 m
GRAVAS SILICOSAS	4.50 m
ESCORIAS DE ALTO HORNO	3.00 m

JUNTAS TRANSVERSALES DE CONSTRUCCION

TIENEN COMO FUNCION, DEFINIR LOS COLADOS DE LA FRANJA DE CONCRETO TRANSVERSALMENTE. ESTAS JUNTAS PUEDEN SER DE DOS TIPOS:

a) **PLANEADAS.** CUANDO SE TERMINA LA JORNADA DE TRABAJO O POR NECESIDADES DE CONSTRUCCION, HAY QUE INTERRUMPIR EL COLADO DE LA FRANJA EN UN PUNTO DONDE COINCIDA UNA JUNTA TRANSVERSAL DE CONTRACCION Y A TODO LO ANCHO DEL PAVIMENTO FIG.(3.9). LA JUNTA ES A TOPE, FORMANDO LA CARA VERTICAL CON UNA CIMBRA PLANA Y DEJANDO AHOGADA LA MITAD DE LA LONGITUD DEL PASAJUNTA, CUANDO SE REQUIERE ESTE REFUERZO, A LA MITAD DEL ESPESOR DE LA LOSA, FIG. (3.10). CON UN RANURADOR SE PREPARA LA MITAD DEL CANAL SUPERIOR PARA ALOJAR EL SELLO.

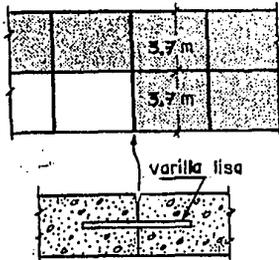


FIG.(3.9)

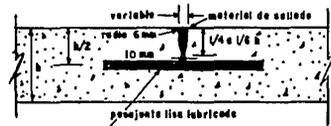


FIG.(3.10)

b) **EMERGENTE.** ES CUANDO POR ALGUN RETRASO IMPREVISTO, ES NECESARIO INTERRUMPIR EL COLADO EN UN PUNTO NO PLANEADO, ES DECIR, DONDE NO COINCIDE UNA JUNTA DE CONTRACCION DE LA FRANJA LATERAL COLADA FIG.(3.11). PARA EVITAR LA CONSECUENTE GRIETA, SE SUJETA EL MOVIMIENTO DE LAS LOSAS CON BARRAS DE SUJECION COMBINADAS CON LLAVES QUE FORMAN LAS CIMBRAS EN LAS LOSAS PARA TRANSMITIR CORRECTAMENTE LAS CARGAS.

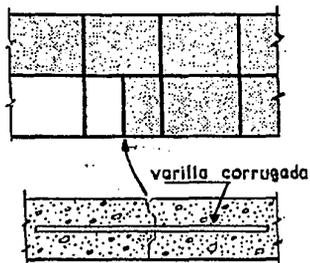


FIG.(3.11)

JUNTAS TRANSVERSALES DE EXPANSION

SE SUPONE QUE ESTAS JUNTAS SE DISTRIBUYEN EN EL PAVIMENTO PARA CONTROLAR LAS DILATACIONES DEL CONCRETO. PERO LA REALIDAD ES QUE TANTO EL PAVIMENTO DE CONCRETO SIMPLE, COMO EL REFORZADO EN LAS JUNTAS. LOS CAMBIOS VOLUMETRICOS DOMINANTES SON POR CONTRACCION, QUEDANDO LA DILATACION DEL CONCRETO AUN NIVEL INFERIOR TAL QUE NO REBASE A AQUELLA. ESTAS JUNTAS SE DEBEN COLOCAR PARA UNIR LA PAVIMENTO CON UNA ESTRUCTURA (PUENTE, ALCANTARILLA, ETC.), COMO SE MUESTRA EN LA FIG.(3.12) . PARA HACER COMPATIBLES LOS MOVIMIENTOS TANTO EN EL PLANO HORIZONTAL COMO EN EL VERTICAL, SIN PRODUCIR ESFUERZOS EXTRAÑOS EN EL PAVIMENTO Y CON EL FIN DE DAR UNA SUPERFICIE CONTINUA AL PASO DE LOS VEHICULOS. TAMBIEN SE COLOCAN EN EL CRUCE O UNION DE DOS CALLES, CUANDO NO EXISTE SIMETRIA EN EL TRAZO. ESTAS JUNTAS COINCIDEN CON UNA JUNTA DE CONSTRUCCION, CON LA DIFERENCIA DE QUE SE LE DA UNA MAYOR SEPARACION ENTRE LAS CARAS DE LA LOSA. COLOCANDO ENTRE ELLAS UN MATERIAL DE RELLENO COMPRESIBLE (FIBRAS), FIG.(3.13) DE ESTA FORMA SE PERMITE CERRAR, ABRIR Y GIRAR LA JUNTA. EL MATERIAL DE RELLENO DEBE COLOCARSE DE TAL MANERA QUE DEJE UN CANAL CON UNA PROFUNDIDAD DE 2.5cm PARA EL SELLO Y QUE CUANDO LA JUNTA SE CIERRE EXISTA UNA ABERTURA MINIMA DE 6.0 mm Y CUANDO SE ABRA, NO VAYA MAS ALLA DE 2.2cm. LO ANTERIOR, CON EL FIN DE GARANTIZAR LAS FUNCIONES DE LA JUNTA Y EVITAR INCOMODIDAD AL PASO DE LOS VEHICULOS POR ELLA.

CUANDO LA JUNTA DE EXPANSION POR ALGUNA CAUSA NO LLEVA PASAJUNTAS Y EL DISEÑO EXIGE ESTE REFUERZO EN LAS JUNTAS, SE PUEDE COMPENSAR LA FALTA DE REFUERZO AUMENTANDO EL ESPESOR DE LA LOSA TAL COMO SE MUESTRA EN LA FIG. (3.14)

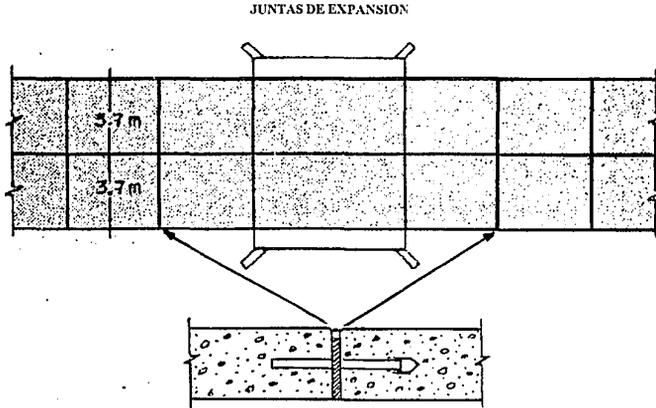


FIG.(3.12)

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

JUNTAS DE EXPANSION

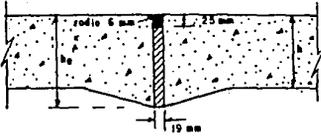


FIG. (3.13)
JUNTA DE EXPANSION SIMPLE

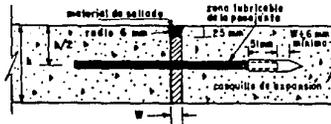


FIG. (3.14)
JUNTA DE EXPANSION CON PASAJUNTA Y CASQUILLO

JUNTAS TRANSVERSALES EN AMPLIACIONES

EN EL EXTREMO DEL PAVIMENTO ACTUAL, DONDE SE INTERRUMPIO POR LAS NECESIDADES ANTERIORES, QUEDA EL APOYO DESPROTEGIDO Y SUJETO A DISTURBIO POR LAS HUMEDADES, POR LA EROSION AL PASO DE LOS VEHICULOS Y CON UNA FATIGA MAYOR EN ESTA ZONA DE LA LOSA, QUE EN EL RESTO DEL PAVIMENTO. PARA PREVENIR FUTURAS FALLAS ESTRUCTURALES, ANTES DE CUMPLIR CON LA VIDA UTIL DEL PAVIMENTO, SE RECOMIENDA QUE AL INICIO DE LA NUEVA AMPLIACION, SE CONSTRUYA UNA JUNTA COMO LA QUE SE MUESTRA EN LA FIG. (3.15) . EL COLADO DEBAJO DEL PAVIMENTO ACTUAL ES DEBILITADO POR NO CONTAR CON PASAJUNTAS, Y PARA EVITAR UNA GRIETA ABAJO DE LA JUNTA A TOPE, SE COLOCA UNA BARRA DE SUJECION QUE HARA QUE LA NUEVA LOSA TRABAJE INTEGRALMENTE EN LA JUNTA Y GARANTICE SU BUEN FUNCIONAMIENTO.

JUNTA EN AMPLIACIONES

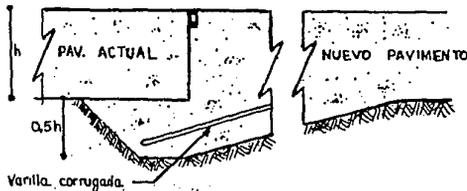
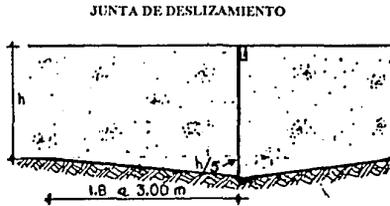


FIG. (3.15)

JUNTAS DE DESLIZAMIENTO

SON AQUELLAS QUE PERMITEN MOVIMIENTOS LATERALES, EN EL PLANO DE LAS CARAS A TOPE DE LA JUNTA FIG. (3.16). COMO NO ES POSIBLE PONER REFUERZO ALGUNO, SE ENGROSA EL ESPESOR TAL COMO SE VIO EN LA JUNTA DE EXPANSION. ESTAS JUNTAS SE COLOCAN EN LA UNION DE DOS PAVIMENTOS O SI ES POSIBLE, EN UNA JUNTA LONGITUDINAL, DONDE NO VA A HABER CONTINUIDAD EN LAS JUNTAS TRANSVERSALES, POR LIMITACIONES EN EL DISEÑO.



JUNTAS ARTICULADAS

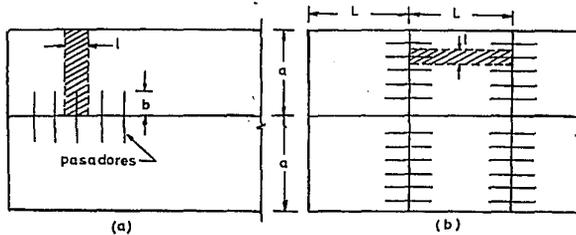
PUEDEN SER JUNTAS TRANSVERSALES O LONGITUDINALES, DONDE SE DESEA O SE REQUIERA TOMAR LIBREMENTE LOS GIROS POR ALABEO DE LAS LOSAS. SE FORMAN CON BARRAS DE SUJECION, CON LLAVES O CON RANURA Y TRANSMISION DE CARGA POR TRABAZON EN LAS CARAS IRREGULARES DE LA GRIETA. POR ESTA RAZON, LA MAYORIA DE LAS JUNTAS LONGITUDINALES SON JUNTAS ARTICULADAS.

DISTANCIA ENTRE LAS JUNTAS TRANSVERSALES.

EN LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO SIMPLE CON REFUERZO EN LAS JUNTAS, LAS DISTANCIAS VAN DESDE 4.5 hasta 7.5 m., SIENDO MUY COMUN 6.0 m. EN LOS PAVIMENTOS DE CONCRETO CON REFUERZO CONTINUO LAS DISTANCIAS ESTAN ENTRE 12 y 30m.

DISPOSITIVOS ESPECIALES EN JUNTAS

CON EL FIN DE MANTENER UNIDAS LAS LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO, O PARA TRANSMITIR CARGAS VERTICALES DE UNA LOSA A OTRA, SE EMPLEAN DISPOSITIVOS ESPECIALES LLAMADOS PASADORES Y PASA-JUNTAS, FIG. (3.18). ESTOS DISPOSITIVOS SE HACEN DE DOS MANERAS, SEGUN EL FIN QUE SE PERSIGA. a) SI SU OBJETO ES EL DE MANTENER UNIDAS LAS LOSAS, SOPORTARAN NADA MAS CARGAS AXIALES. EN ESTE CASO EL ESFUERZO MAXIMO DE TENSION A QUE LAS BARRAS PASADORES PUEDEN ESTAR SOMETIDAS SERA IGUAL AL ESFUERZO NECESARIO PARA LA FRICCION ENTRE LA LOSA Y LA SUB-BASE O SUBRASANTE, EN LA DISTANCIA COMPRENDIDA ENTRE LA JUNTA Y EL BORDO LIBRE DE LA LOSA, EN EL CASO DE QUE LOS PASADORES SE COLOQUEN EN LAS JUNTAS LONGITUDINALES; SI LOS PASADORES SE COLOCAN EN LAS JUNTAS TRANSVERSALES, LA DISTANCIA A CONSIDERAR SERA ENTONCES AQUELLA QUE SEPARA A DICHAS JUNTAS DIVIDIDA ENTRE DOS ($L/2$)



ES MUY COMUN EMPLEAR COMO *PASADORES* VARILLAS CORRUGADAS REDONDAS DE 5/8" DE DIAMETRO.

LA SEPARACION ENTRE PASADORES EN EL CASO DE QUE SE COLOQUEN EN LAS JUNTAS LONGITUDINALES (VER FIGURA (a) ANTERIOR) SE OBTENDRA DE LA SIGUIENTE IGUALDAD:

$$l \cdot a \cdot h \cdot g \cdot f = [p \cdot d^2 / 4] \cdot fs$$

EN LA CUAL, LA SEPARACION ENTRE PASADORES SERA:

$$l = [p \cdot d^2 \cdot fs / 4a \cdot h \cdot g \cdot f]$$

DONDE:

l = SEPARACION ENTRE PASADORES, EN cm. MINIMO 20cm, MAXIMO 45cm.

d = DIAMETRO, EN cm. DE LA VARILLA USADA COMO PASADOR

f_s = ESFUERZO DE TRABAJO A TENSION, EN tk/cm^2 DEL ACERO EMPLEADO COMO PASADOR.

a = DISTANCIA, EN cm. DE LA JUNTA AL BORDO DEL PAVIMENTO (VER FIGURA ANTERIOR).

h = ESPESOR, EN cm. DE LAS LOSAS.

g = PESO VOLUMETRICO DEL CONCRETO EN kg/cm^3 .

f = COEFICIENTE DE FRICCION DEL CONCRETO CON LA SUB-BASE O CON LA SUBRASANTE (USUALMENTE 2).

A CONTINUACION SE ANEXA UN EJEMPLO PARA ILUSTRAR MEJOR LO ANTERIOR:

EN UN PAVIMENTO DE 7.32m DE ANCHO DE SECCION PAVIMENTADA (LOSAS DE CONCRETO DE 3.66 m POR CARRIL), DE 20cm DE ESPESOR, CON UN CONCRETO DE 2.4 Tm/m^3 DE PESO VOLUMETRICO Y EMPLEANDO VARILLAS DE 5/8" DE DIAMETRO (1.59 cm) CON ESFUERZO DE TRABAJO A TENSION DE 1400 kg/cm^2 , LA SEPARACION ENTRE PASADORES SERA LA QUE SIGUE SE SE CONSIDERA UN COEFICIENTE DE FRICCION DE 2.

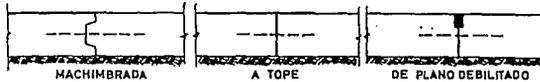
$$l = \frac{(3.14) (1.59)^2 (1400)}{(4) (366) (20) (0.0024) (2)} = 79.5 \text{ cm.} = 80 \text{ cm.}$$

LA LONGITUD DE LAS BARRAS PASADORES QUE SE EMPLEAN PARA MANTENER UNIDAS A LAS LOSAS, DEPENDERA DE SU ADHERENCIA CON EL CONCRETO. SI SE SUPONE UN ESFUERZO ADMISIBLE DE ADHERENCIA, ENTRE EL CONCRETO Y EL ACERO DE 29.0 kg/cm^2 Y QUE LA DISTANCIA b , (VER FIG. ANTERIOR) MITAD DE LA LONGITUD NECESARIA, PUEDE DESARROLLAR LA RESISTENCIA TOTAL DE TENSION DE LA BARRA DE ACERO QUE SIRVE DE PASADOR, SE TIENE, PARA EL PERIMETRO DE 5cm DE LA BARRA DE 5/8" DE DIAMETRO, LO SIGUIENTE:

$$p \cdot b \cdot u = [p \cdot d^2 / 4] \cdot f_s$$

$$b = \frac{(\pi) (d)^2 (f_s)}{(4) (p) (u)} = \frac{(3.14) (1.59)^2 (1400)}{(4) (5) (29)} = 20 \text{ cm.}$$

Y POR LO TANTO LA LONGITUD DE LAS VARILLAS CORRUGADAS QUE SE EMPLEARAN COMO PASADORES SERA DE $2l \cdot 2l = 4l$ cm.



JUNTAS CON PASADORES

EN EL CASO DE QUE SE EMPLEEN LOS PASADORES EN LAS JUNTAS TRANSVERSALES, EL PROCEDIMIENTO QUE SE SIGUE ES EL MISMO, NADA MAS QUE AHORA LA LONGITUD DE LA FRANJA l , EN VEZ DE SER a , ES $l/2$ COMO SE VE EN LA FIG ANTERIOR (b).

COMO SE HA VISTO, LOS PASADORES QUE SE EMPLEAN PARA MANTENER UNIDAS A LAS LOSAS DEBEN SER VARILLAS CORRUGADAS QUE SE ADHIERAN BIEN AL CONCRETO. LA SEPARACION MAXIMA ENTRE PASADORES ES DE 45cm, Y LA MINIMA DE 20cm.

b) SI EL OBJETO DE LOS PASA-JUNTAS ES EL DE TRANSMITIR CARGAS DE UNA LOSA A OTRA, PERMITIENDO QUE LAS JUNTAS PUEDAN ABRIR Y CERRAR, PERO MANTENIENDO LAS LOSAS A LA MISMA ALTURA, ELAS DEBEN FORMARSE CON VARILLAS LISAS REDONDAS EN LAS QUE UN EXTREMO DE CADA VARILLA DEBE ESTAR ENGRASADO O PINTADO PARA EVITAR SU ADHERENCIA AL CONCRETO. SE RECOMIENDA QUE LA LONGITUD DE LAS VARILLAS PASA-JUNTAS DEBE ESTAR COMPRENDIDA ENTRE 30 y 40 cm, DE TAL MANERA QUE PENETREN DE 15 a 20cm. EN CADA UNA DE LAS LOSAS.

BENGT F. FRIBERG DESCRIBE UN METODO PARA CALCULAR LA SEPARACION ENTRE PASA-JUNTAS PARA TRANSMITIR CARGAS DE UNA LOSA A OTRA EN EL QUE SE SUPONE QUE UNA DE LAS VARILLAS, SITUADA DIRECTAMENTE BAJO LA CARGA DE LA RUEDA, DESARROLLA EL MAXIMO DE SU CAPACIDAD. LA EFECTIVIDAD DE LAS VARILLAS PASA-JUNTAS VECINAS ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A SUS DISTANCIAS A LA CARGA IGUAL A $1.8 l$, siendo l LA RIGIDEZ RELATIVA YA CONOCIDA. LAS CONDICIONES MAS DESFAVORABLES SE PRESENTARAN EN LAS ESQUINAS COMO SE INDICA EN LA FIG. (3.17) DE LA PAG. SIGUIENTE.

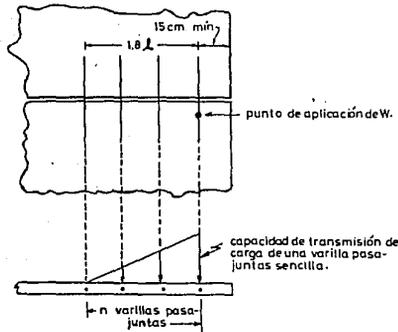


FIG. (3.17)

GENERALMENTE SE COLOCA LA PRIMERA VARILLA PASA-JUNTA A UNA DISTANCIA MÍNIMA DE 15cm DEL BORDE EXTERIOR DE LAS LOSAS DE CONCRETO.

CON LA CARGA DE RUEDA W , APLICADA EN UN BORDE DE LA JUNTA DIRECTAMENTE SOBRE ELLA, ESTE PASA-JUNTA TRANSMITIRÁ EL MÁXIMO DE FUERZA DE QUE ES CAPAZ.

DE LO ANTERIOR OBSERVAMOS QUE EL NÚMERO DE PASA-JUNTAS NECESARIOS A DISTANCIAS UNIFORMES EN LA LONGITUD $1.8 l$ ES IGUAL A LA CARGA W DIVIDIDA POR LA CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN DE CARGA DE UN PASADOR, Y LA SEPARACIÓN NECESARIA VIENE DADA POR LA EXPRESIÓN $1.8 l / (n-1)$ EN cm.

LA SIGUIENTE TABLA ES LA OBTENIDA POR FRIBERG PARA LAS CAPACIDADES DE TRANSMISIÓN DE CARGAS EN kg. DE UNA LOSA A OTRA SEGÚN LA ANCHURA DE LA JUNTA Y EL DIÁMETRO DE LA VARILLA EMPLEADA.

CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN DE CARGAS, EN kg., DE LOS PASA-JUNTAS

TIPO DE PASA-JUNTA	JUNTA DE 12mm	JUNTA DE 18mm	JUNTA DE 25mm	LONGITUD RECOMEN-DADA EN cm.
VARILLA # 6	600	550	500	30.0
VARILLA # 8	1100	1050	1000	32.5
VARILLA # 10	1700	1650	1600	35.0
VARILLA # 12	2500	2400	2300	37.5

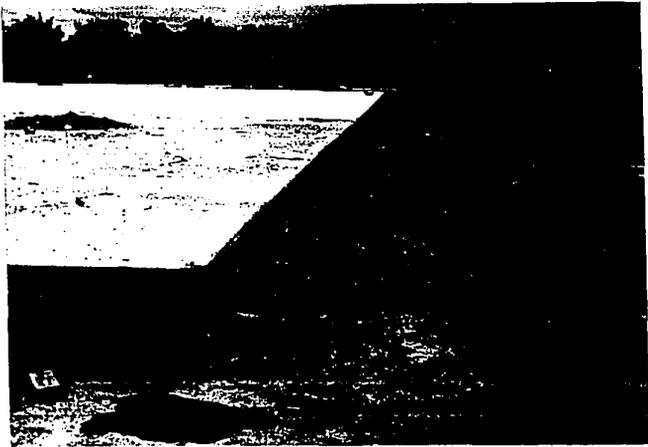


FIG. (3.18) LOSA CON BARRAS PASA-JUNTAS.

TECNICAS EN EL DISEÑO DE JUNTAS PARA MEJORAR LA FUNCIONALIDAD DE LOS PAVIMENTOS RIGIDOS

UNO DE LOS PROBLEMAS GRAVES QUE PRODUCEN LAS JUNTAS TRANSVERSALES, ES EL TRAQUETEEO AL PASO DE LOS VEHICULOS.

LAS CAUSAS CONTRIBUYEN A ESTE EFECTO SON:

a) **LA MALA CALIDAD DE LAS JUNTAS.**- POR NO OBSERVAR BUENAS PRACTICAS EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LAS JUNTAS TRANSVERSALES.

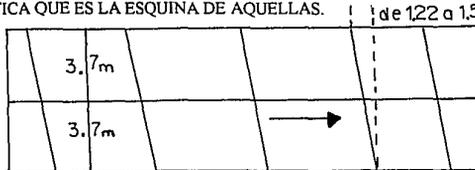
b) **LOS ESPACIAMIENTOS CONSTANTES ENTRE LAS JUNTAS.**- PROVOCAN RESONANCIAS EN LAS VIBRACIONES DE LOS VEHICULOS LO QUE OCASIONA DAÑOS A LOS MISMOS.

c) **EL ANGULO NORMAL DE LAS JUNTAS TRANSVERSALES RESPECTO AL MOVIMIENTO DEL TRANSITO.**- LO CUAL OFRECE UN GOLPE SINCRONIZADO ENTRE LOS EJES DE LOS VEHICULOS AL PASAR AL MISMO TIEMPO TODAS LAS LLANTAS DE CADA EJE, HACIENDO MAS INCOMODO EL PASO A TRAVES DE LAS JUNTAS.

LA PRIMERA CAUSA, ES QUIZAS LA MAS NOCIVA Y A LA MAYOR CUIDADO DEBE DARSELE. SE RECOMIENDA LO SIGUIENTE: QUE TODAS LAS JUNTAS DEBEN REFORZARSE, QUE LAS ABERTURAS MAXIMAS DE LAS JUNTAS EN LA SUPERFICIE NO DEBEN SER MAYORES DE **2.2cm** Y QUE LOS ELEMENTOS DE SELLO DEBEN QUEDAR **ABAJO DEL NIVEL DE LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS CON UNA PROFUNDIDAD DE 13mm.**

LOS EFECTOS DE LA SEGUNDA SE REDUCEN COLOCANDO LAS JUNTAS A DIFERENTES ESPACIAMIENTOS COMO PUEDEN SER: **4.0, 6.0, 5.5 y 3.5 metros.**

LOS EFECTOS DE LA ULTIMA, SE ELIMINAN CONSTRUYENDO LAS JUNTAS CON UN ANGULO DE ESVIAJAMIENTO. DE **60 a 70 grados**, RESPECTO A LA DIRECCION DEL TRANSITO (FIG. SIGUIENTE). ADEMAS, CON ESTA TECNICA, SE PUEDEN REDUCIR LOS ESPESORES DE LAS LOSAS, DEBIDO A QUE PARTE DE LAS LLANTAS DE CADA EJE, HAN PASADO A LA LOSA SIGUIENTE, REDUCIENDOSE ASI, EL EFECTO DE LA CARGA POR EJE EN LA ZONA CRITICA QUE ES LA ESQUINA DE AQUELLAS. **de 122 a 1,52 m**



JUNTAS ESVIADAS

DISEÑO DEL REFUERZO DE LAS JUNTAS

EN LAS FIGS.(3.19 y 3.20) SE PRESENTAN LAS GRAFICAS DE DISEÑO PARA PASAJUNTAS Y PARA LAS BARRAS DE SUJECION RESPECTIVAMENTE, PARA LAS JUNTAS EN LAS LOSAS DE CONCRETO. EL EMPLEO DE ESTAS GRAFICAS SE EXPLICA A CONTINUACION POR MEDIO DE DOS EJEMPLOS.

a) **EJEMPLO PARA PASA-JUNTAS.-** SE REQUIERE CONOCER EL ESPESOR DE LA LOSA, LA GEOMETRIA DE LA VARILLA LISA Y EL VALOR DEL MODULO DE REACCION DE LA SUB-BASE CONSIDERANDO EL DE LA SUBRASANTE PARA DETERMINAR POR MEDIO DE LA FIG.(3.19) EL ESPACIAMIENTO, CENTRO A CENTRO, DE LOS PASA-JUNTAS. CONSIDERESE UNA LOSA DE 21cm CON UN MODULO DE REACCION DE 7.3 kg/cm^3 , ¿ QUE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS SON CONVENIENTES PARA EL PASA-JUNTA? Y ¿ CUAL DEBE SER SU ESPACIAMIENTO?

PROCEDIMIENTO.- EN LA ESCALA VERTICAL IZQUIERDA SE LOCALIZA EL ESPESOR DE LA LOSA, HORIZONTALMENTE SE BUSCA EL MODULO DE REACCION, DEL PUNTO LOCALIZADO SE ESCOGEN VERTICALMENTE LAS CARACTERISTICAS MAS CONVENIENTES (EN ESTE CASO $3/4" * 37.5\text{cm} @ 28 \text{ cm}$), DE LA INTERPRETACION CORRESPONDIENTE A SU CURVA SE LOCALIZA HORIZONTALMENTE EL ESPACIAMIENTO.

RESULTADO.- PASA-JUNTA DE $3/4" * 37.5\text{cm} @ 28\text{cm}$.

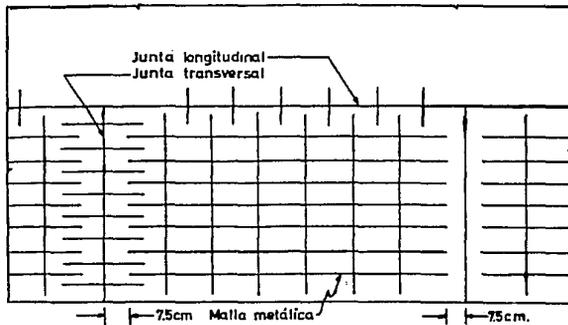
b) **EJEMPLO PARA BARRA DE SUJECION.-** ES NECESARIO CONOCER EL ESPESOR Y EL ANCHO DE LA LOSA. CON ESTOS DATOS Y LA FIG.(3.20), SE ESCOGEN LAS CARACTERISTICAS DE LA BARRA MAS CONVENIENTE PARA DETERMINAR SU ESPACIAMIENTO, QUE NO DEBE SER MAYOR DE 75cm. UN PAVIMENTO DE 25cm DE ESPESOR, CON UNA LOSA DE 3.8m DE ANCHO, REQUIERE UNA BARRA DE SUJECION DE $1/2" * 50\text{cm} @ 64\text{cm}$. NO SE EMPLEA LA DE $5/8"$ PORQUE DA UN ESPACIAMIENTO MAYOR DE 75cm (EL PROCEDIMIENTO ES ANALOGO AL DE LA GRAFICA ANTERIOR).

PAVIMENTOS RIGIDOS REFORZADOS

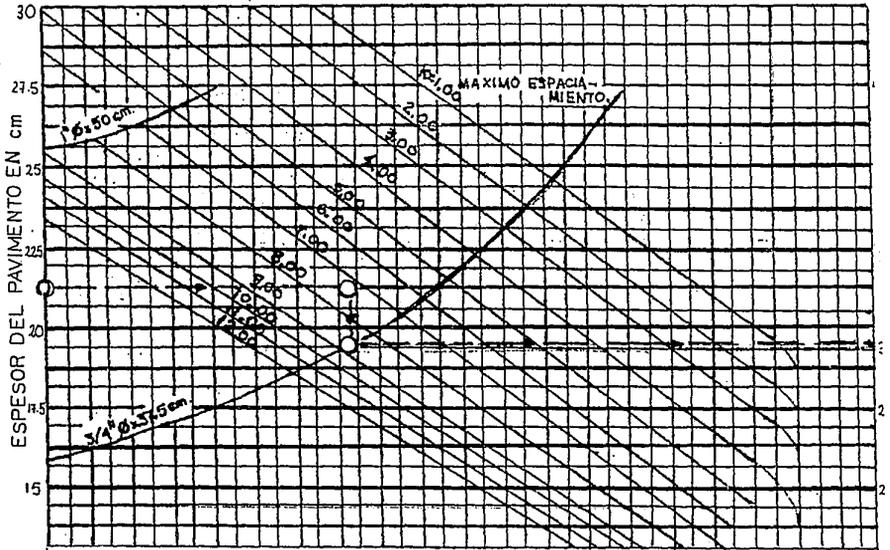
ES EVIDENTE QUE EL ACERO QUE SE USA EN LAS LOSAS ES BAJO Y LA RAZON PRINCIPAL RESIDE EN QUE NO SE PUEDE APLICAR LA HIPOTESIS DE LAS CONSTRUCCIONES COMUNES DE CONCRETO REFORZADO, SEGUN LA CUAL TODOS LOS ESFUERZOS DE LA ZONA DE TENSION SON ABSORBIDOS POR EL ACERO, PUES ELLO EQUIVALDRIA A ADMITIR AGRIETAMIENTO.

ENTONCES, PODEMOS DECIR QUE, EL ACERO EMPLEADO EN PROPORCIONES RAZONABLES, NADA PUEDE HACER PARA IMPEDIR LA APARICION DE GRIETAS. PARA QUE EL ACERO CONTRIBUYA A AUMENTAR LA RESISTENCIA ESTRUCTURAL, EL REFUERZO SE NECESITARIA COLOCAR EN DOS DISTINTAS PARRILLAS, UNA CERCA DE LA CARA SUPERIOR Y LA OTRA CERCANA A LA INFERIOR, PUES SOLO ASI TOMARIA

LOS ESFUERZOS DE TENSION QUE SE PRESENTAN TANTO EN UNA CARA COMO EN LA OTRA. SOLO EN DETERMINADAS OCASIONES, ES DECIR, CUANDO LA SEPARACION ENTRE LAS JUNTAS ES GRANDE, SE ACONSEJA ARMAR LAS LOSAS CON MALLA DE ALAMBRE SOLDADO, NO PARA EVITAR QUE SE PRODUZCAN GRIETAS, SINO PARA EVITAR QUE ELLAS AL PRODUCIRSE SE ABRAN. LA MALLA DE ALAMBRE ES MAS CONVENIENTE QUE UNA ARMADURA CONVENCIONAL YA QUE CON AQUELLA SE OBTIENE UNA RED MUCHO MAS CERRADA. LA MALLA SE COLOCA MAS O MENOS A 5cm BAJO LA SUPERFICIE DE RODADURA DE LA LOSA DE CONCRETO Y NO DEBE CRUZAR LAS JUNTAS LIBRES TAL Y COMO SE VE EN LA SIGUIENTE FIGURA:



GENERALMENTE LA ARMADURA DE MALLA ANTERIOR CONSISTE EN UNA PROPORCION DE ACERO DE 0.8 kg por metro cuadrado DE LOSA PARA EL ARMADO TRANSVERSAL, Y DE 1.8kg de acero por metro cuadrado DE LOSA PARA EL ARMADO LONGITUDINAL.



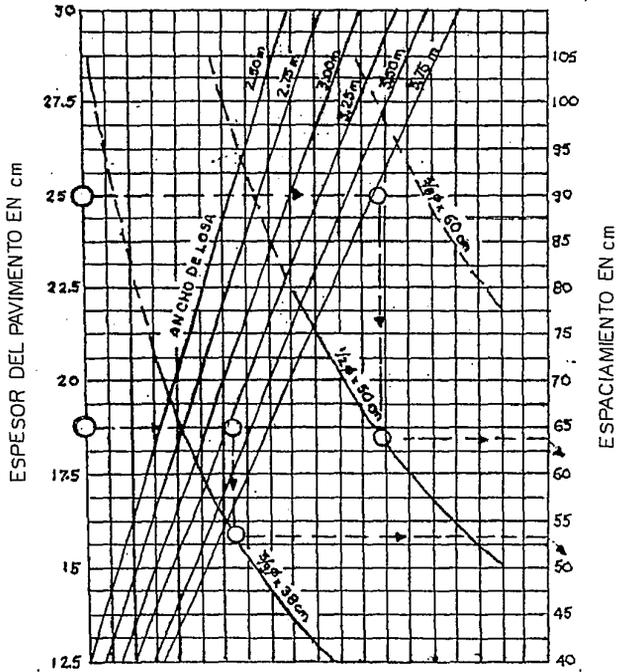


FIG. (3.20) GRAFICA PARA DISEÑO DE PASA-JUNTAS CORRUGADAS EN PAVIMENTOS RIGIDOS (BARRAS DE SUJECION)

LA TABLA QUE SE MUESTRA A CONTINUACION PODEMOS USARLA COMO UN COMPLEMENTO DE LAS GRAFICAS MOSTRADAS ANTERIORMENTE PARA DIMENSIONAR EL REFUERZO DE PASA-JUNTAS (SIN QUE ESTO SIGNIFIQUE EL NO USAR LAS GRAFICAS). ESTA TABLA AGRUPA LOS REQUERIMIENTOS MINIMOS RECOMENDADOS PARA LA COLOCACION DE PASAJUNTAS Y DISPOSITIVOS DE TRANSMISION DE CARGAS EN LOSAS DE DIFERENTES ESPESORES. EL DISPOSITIVO TIPICO ES UNA VARILLA LISA, REDONDA DE ACERO.

ESPACIAMIENTO RECOMENDADO PARA DISPOSITIVOS DE TRANSMISION DE CARGAS ENTRE LOSAS DE PAVIMENTOS RIGIDOS

Tipo y grado de acero	Esfuerzo de trabajo kg/cm ²	Espesor del pavimento cm	Barras N° 4			Barras N° 5				
			Longitud total cm	Espaciamiento, cm			Longitud total cm	Espaciamiento, cm		
				Ancho de banda				Ancho de la banda		
			3 m	3.30 m	3.60 m	3 m	3.30 m	3.60 m		
Acero grado estructural de lingote o de eje	1,500	15		115	105	95		120	120	120
		17.5		98	90	82		120	120	120
		20	50	85	77	70	60	120	120	112
		22.5		75	70	62		120	107	100
		25		67	62	57		107	97	90
Acero grado intermedio de lingote o de eje	1,900	15		120	120	117		120	120	120
		17.5		120	110	100		120	120	120
		20	60	105	95	87	68	120	120	120
		22.5		92	85	77		120	120	120
		25		85	77	70		120	120	120
Acero de riel o de lingote o de eje, grado duro	2,300	15		120	120	120		120	120	120
		17.5		120	120	120		120	120	120
		20	68	120	117	107	83	120	120	120
		22.5		115	105	95		120	120	120
		25		102	92	85		120	120	120

EL ESPACIAMIENTO DE LAS BARRAS DE SUJECION NO DEBE EXCEDER DE 1.2 m.

IV

ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION

IV.1.- PREPARACION DEL TERRENO NATURAL DE APOYO (COMPACTACION)

RESULTA DE VITAL IMPORTANCIA EL TENER UN BUEN TERRENO DE APOYO PARA LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO, PORQUE DE LO ANTERIOR DE DERIVA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL MISMO. ESTO SE LOGRA CON UNA ADECUADA COMPACTACION DE LOS SUELOS DE APOYO.

LA IMPORTANCIA DE LA COMPACTACION DE LOS SUELOS ESTRIBA EN EL AUMENTO DE RESISTENCIA Y DISMINUCION DE CAPACIDAD DE DEFORMACION QUE SE OBTIENE CON UNA ADECUADA COMPACTACION. LOS METODOS USADOS PARA LA COMPACTACION DEL TERRENO DE APOYO DEPENDE DEL TIPO DE LOS MATERIALES CON LOS QUE SE TRABAJE EN CADA CASO.

LA EFICIENCIA DE CUALQUIER EQUIPO DE COMPACTACION DEPENDE DE VARIOS FACTORES Y PARA PODER ANALIZAR LA INFLUENCIA PARTICULAR DE CADA UNO, SE REQUIERE DISPONER DE PROCEDIMIENTOS DE LABORATORIO QUE REPRODUZCAN LAS CONDICIONES DEL CAMPO. EXISTEN DOS FACTORES -DE ENTRE VARIOS- QUE INFLUYEN GRANDEMENTE EN LA COMPACTACION OBTENIDA EN UN CASO DADO Y QUE SON LOS MAS IMPORTANTES: **EL CONTENIDO DE AGUA DEL SUELO** y **LA ENERGIA ESPECIFICA** EMPLEADA EN LA COMPACTACION. LA ENERGIA ESPECIFICA SE PUEDE DEFINIR COMO LA ENERGIA DE COMPACTACION SUMINISTRADA AL SUELO POR UNIDAD DE VOLUMEN.

LA ENERGIA ESPECIFICA SE PUEDE OBTENER POR MEDIO DE LA **PRUEBA PROCTOR MODIFICADA** ó **A.A.S.H.O. MODIFICADA**. LA PRUEBA CONSISTE EN COMPACTAR DENTRO DE UN MOLDE DE DIMENSIONES ESPECIFICAS UNA MUESTRA DE SUELO:

EQUIPO Y MEDIDAS: EL MOLDE ES UN CILINDRO DE 0.94 l DE CAPACIDAD APROXIMADA, DE 10.2 cm DE DIAMETRO Y 11.7 cm DE ALTURA, PROVISTO DE UNA EXTENSION DESMONTABLE DE IGUAL DIAMETRO Y 5 cm DE ALTURA. EL MOLDE PUEDE FIJARSE A UNA BASE METALICA CON TORNILLOS DE MARIPOSA.

EL PISON ES DE 4.5 kg DE PESO Y CONSTA DE UN VASTAGO EN CUYO EXTREMO INFERIOR HAY UN CILINDRO METALICO DE 5 cm DE DIAMETRO. LOS GOLPES SE APLICAN DEJANDO CAER EL PISON DESDE UNA ALTURA DE 45.7 cm.

DENTRO DEL MOLDE EL SUELO DEBE COLOCARSE EN **CINCO** CAPAS QUE SE COMPACTAN DANDO 25 GOLPES, REPARTIDOS EN EL AREA DEL CILINDRO.

LA ENERGIA ESPECIFICA OBTENIDA ES DE $27.2 \text{ kg} \cdot \text{cm}/\text{cm}^3$, QUE SE CALCULA CON LA SIGUIENTE FORMULA:

$$E_c = [NnWh / V]$$

DONDE:

E_c = ENERGIA ESPECIFICA

N = NUMERO DE GOLPES POR CAPA

n = NUMERO DE CAPAS DE SUELO

W = PESO DEL PISON

h = ALTURA DE CAIDA LIBRE DEL PISON

V = VOLUMEN DEL SUELO COMPACTADO

EQUIPOS DE COMPACTACION USADOS GENERALMENTE EN CAMPO.

LA COMPACTACION DE TERRAPLENES SE REALIZA CON RODILLOS PATA DE CABRA, RODILLOS LISOS, RODILLOS DE REJILLAS, Y EQUIPO VIBRATORIO. LOS RODILLOS PATA DE CABRA TIENEN COMO CARACTERISTICA FUNDAMENTAL COMPACTAR AL SUELO DE ABAJO HACIA ARRIBA EJERCIENDO UN EFECTO DE AMASADO EN EL MISMO, POR MEDIO DE PROTUBERANCIAS DE UNOS 15 cm DE LONGITUD FIJAS AL TAMBOR METALICO Y ESPACIADAS ENTRE SI 15 a 25 cm EN CUALQUIER DIRECCION. LOS DEMAS RODILLOS MENCIONADOS Y LOS EQUIPOS VIBRATORIOS COMPACTAN AL SUELO DE LA SUPERFICIE HACIA ABAJO. LOS RODILLOS PATA DE CABRA NORMALMENTE USADOS EJERCEN PRESIONES SOBRE EL SUELO COMPRENDIDAS ENTRE 10 y 40 kg/cm^2 , PERO ES POSIBLE AUMENTAR ESTAS PRESIONES HASTA 80 kg/cm^2 CARGANDOLOS CON AGUA Y ARENA, SIN EMBARGO, ESTOS RODILLOS TAN PESADOS SOLO FUNCIONAN ADECUADAMENTE EN LOS CASOS EN QUE EL SUELO POR COMPACTAR TENGA UN BAJO CONTENIDO DE AGUA.

REGLAS PRACTICAS RECOMENDABLES PARA COMPACTAR CON PATA DE CABRA.

1.- EL MATERIAL, CON LA HUMEDAD OPTIMA SE EXTIENDE EN LA CAPA DE ESPESOR APROXIMADO DE 1.5 VECES LA LONGITUD DE LA PATA. EN LA PRIMERA PASADA LA PATA PENETRA TOTALMENTE.



2.- CADA PASADA SUCESIVA SOBRE EL MATERIAL LO COMPACTA, HASTA QUE.....

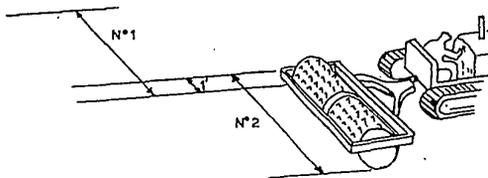


3.- LAS PATAS DEL RODILLO QUEDAN SIN ENTRAR, INDICANDO LA DENSIFICACION DEL SUELO.



4.- EL APISONADO POSTERIOR NO AUMENTA LA COMPACTACION

5.- SE RECOMIENDA, DURANTE LA COMPACTACION, TRASLAPAR UNOS 30 cm. A CADA LADO DEL AREA DE COMPACTACION.



**PRESIONES DE CONTACTO Y AREA DE CONTACTO MAS APROPIADAS PARA
COMPACTAR DIFERENTES SUELOS CON RODILLOS PATA DE CABRA.**

TIPO DE SUELO	PRESION DE CONTACTO EN KG/CM²	AREA DE CONTACTO EN KG/CM²
SUELOS ARENOSOS, ARCILLOSOS Y CENAGOSOS.	5 a 9	45 a 77
GRUPO INTERMEDIO DE CIENOS ARCILLOSOS, ARENAS ARCILLOSAS Y SUELOS QUE TIENEN BAJA PLASTICIDAD.	7 a 14	39 a 65
ARCILLAS DE MEDIANA Y ALTA PLASTICIDAD	10 a 21	32 a 52

LOS RODILLOS LISOS PESAN NORMALMENTE UNAS 10 TONELADAS Y SUELEN SER DE EJE DOBLE O TRIPLE. GENERALMENTE SE USAN PARA EL ACABADO SUPERFICIAL DE LAS CAPAS COMPACTADAS.

LOS TIPOS DE SUELOS QUE PUEDEN SER COMPACTADOS EFICIENTEMENTE POR LOS RODILLOS LISOS SON LOS SIGUIENTES:

TIPO DE SUELO

CIENO SUELTO Y SUELOS DE ARCILLA Y ARENA

**GRUPO INTERMEDIO DE CIENOS ARCILLOSOS Y SUELOS ARCILLOSOS CON BAJA
PLASTICIDAD (MENOR DE 10)**

**ARENAS BIEN GRADUADAS CON LA CANTIDAD SUFICIENTE DE FINOS PARA ACTUAR
COMO RELLENO Y COMO AGLUTINANTE**

SUELOS ARCILLOSOS CON MEDIANA O ALTA PLASTICIDAD

LOS RODILLOS DE REJILLA SE EMPLEAN EN LA COMPACTACION DE MATERIALES GRANULARES O ROCA TRITURADA. SE COMPONEN DE DOS O TRES RUEDAS DE REJILLA DE ACERO EN UN MARCO O BASTIDOR QUE SE EMPLEA PARA EL LASTRADO DE LA MAQUINA MEDIANTE BLOQUES DE CONCRETO O DE ACERO. SU PESO PROMEDIO ES DE 10 TONELADAS.

LOS EQUIPOS VIBRATORIOS RECOMENDADOS PARA LA COMPACTACION DE SUELOS PURAMENTE FRICCIONANTES COMO LAS GRAVAS ARENOSAS PUEDEN VARIAR EN UN GRAN NUMERO DE TIPOS Y SISTEMAS, QUE VAN DESDE LA UTILIZACION DE PISONES VIBRATORIOS MANUALES, HASTA PLATAFORMAS VIBRATORIAS QUE COMPACTAN EXTENSIONES MAYORES DE SUELO. EXISTE UN INTERVALO PARA LA FRECUENCIA DEL VIBRADOR EN EL CUAL TRABAJA CON EL MAXIMO DE EFICIENCIA; ESTE INTERVALO PUEDE ESTAR COMPRENDIDO ENTRE 1/2 a 1 1/2 VECES LA FRECUENCIA NATURAL DEL SUELO. SE RECOMIENDAN FRECUENCIAS DE 1500 a 2000 CICLOS POR MINUTO PARA QUE EL VIBRADOR TRABAJE CON BUENOS RESULTADOS.

EN LIMOS POCO PLASTICOS (RECUERDESE QUE NO DEBEN DE USARSE EN LAS CAPAS DE TERRACERIAS, SUBRASANTES Y SUB-BASES), LOS RODILLOS NEUMATICOS RESULTAN TAMBIEN EFICIENTES. SUELEN USARSE TAMBIEN LOS RODILLOS LISOS.

PARA COMPACTAR GRANDES MASAS DE ARCILLA, SUELOS FINOS PLASTICOS CON PARTICULAS MENORES DE 2mm, EL MEJOR METODO ES EL USO DE LOS RODILLOS PATA DE CABRA, PUES ESTE EQUIPO PROPORCIONA, LAS CONCENTRACIONES DE PRESION Y EFECTOS DE AMASADO NECESARIOS PARA LA DISGREGACION DE LOS GRUMOS Y COMPACTACION ADECUADA DE ESTOS MATERIALES.

LA COMPACTACION PRODUCIDA EN LOS SUELOS POR LOS DIFERENTES EQUIPOS SE VE INFLUIDA POR EL NUMERO DE VECES SUCESIVAS QUE AQUELLOS PASEN SOBRE EL MATERIAL TENDIDO. PARA LAS PRIMERAS PASADAS LA COMPACTACION CRECE RAPIDAMENTE, PERO CUANDO EL EQUIPO HA PASADO VARIAS VECES, EL EFECTO DE UNA PASADA POSTERIOR DISMINUYE, AL GRADO QUE, ECONOMICAMENTE, SE LLEGA A UN MOMENTO EN QUE YA NO CONVIENE QUE EL EQUIPO PASE MAS VECES SOBRE EL SUELO. EN LA PRACTICA SE HA ENCONTRADO QUE EL NUMERO ECONOMICO DE PASADAS VARIA ENTRE 5 y 10, SEGUN EL EQUIPO Y EL SUELO, CLARO ESTA QUE HAY QUE REALIZAR UN ANALISIS ADECUADO PARA DETERMINAR CON EXACTITUD EL NUMERO DE PASADAS.

EL MATERIAL POR COMPACTAR SE DEPOSITA POR CAPAS, GENERALMENTE DE UN ESPESOR QUE PUEDE ESTAR ENTRE 10 y 30 cm, SIENDO COMUN EL DE 20 cm.

RENDIMIENTO DEL EQUIPO DE COMPACTACION

CON LA FORMULA SIGUIENTE SE PUEDE CALCULAR APROXIMADAMENTE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PUEDE SER COMPACTADO POR UN DETERMINADO RODILLO:

$$R = [(V \cdot E \cdot D \cdot A / N) * 1000]$$

EN DONDE:

R = METROS CUBICOS DE MATERIAL SUELTO COMPACTADO EN UNA HORA

V = VELOCIDAD, EN KILOMETROS POR HORA, DE LA MAQUINA QUE COMPACTA

E = EFICIENCIA DE LA OPERACION, APROXIMADAMENTE 0.83

D = PROFUNDIDAD, EN METROS, DE LA CAPA DE MATERIAL SUELTO

A = ANCHO EFECTIVO DEL RODILLO COMPACTADOR, EN METROS.

N = NUMERO DE PASADAS NECESARIAS PARA COMPACTAR

IV.2.- NORMAS DE CALIDAD DEL CONCRETO

MATERIALES USADOS EN LA CONSTRUCCION DE LOSAS DE CONCRETO.

LAS SIGUIENTES RECOMENDACIONES SE BASAN EN LAS ESPECIFICACIONES QUE TIENEN EL **ACI** y el **ASTM** PARA LOS MATERIALES, DEL CONCRETO HIDRAULICO Y SU TRANSPORTACION.

ADITIVOS

SU EMPLEO PARA OBTENER CARACTERISTICAS DESEADAS, DEBE BASARSE EN EVALUACIONES APROPIADAS DE SUS EFECTOS SOBRE COMBINACIONES ESPECIFICAS DE MATERIALES Y EN CONSIDERACIONES ECONOMICAS. ALGUNOS ADITIVOS PUEDEN MEJORAR LA TRABAJABILIDAD Y PERMITIR UN COLADO MAS FACIL. OTROS PUEDEN ACELERAR EL FRAGUADO, PERMITIENDO UN ACABADO MAS TEMPRANO, EL RETIRO DE CIMBRAS Y UNA APERTURA DE LOS CARRILES DE TRANSITO. ALGUNOS MAS PUEDEN RETARDAR EL FRAGUADO DEL CONCRETO CUANDO NO SE DESEA UN FRAGUADO RAPIDO, SOBRE TODO CUANDO SE PONEN LAS JUNTAS EN LAS LOSAS. MUCHOS RETARDANTES ACELERAN LA OBTENCION DE LA RESISTENCIA UNA VEZ LOGRADO EL FRAGUADO INICIAL.

CUANDO SE UTILICEN ADITIVOS EN LA CONSTRUCCION DE CONCRETO, DEBEN SEGUIRSE LAS ESPECIFICACIONES SIGUIENTES:

ASTM C 260

ASTM C 618

ASTM D 98

ASTM C 494

AGREGADOS

EN GENERAL, LOS AGREGADOS PARA LA FABRICACION DE CONCRETO HIDRAULICO DEBERAN CUMPLIR CON LA NORMA **ASTM C 33**. ES CONVENIENTE MENCIONAR QUE LOS AGREGADOS GRUESOS SEAN RESISTENTES AL DESGASTE. EL MAXIMO DESGASTE QUE DEBEN PRESENTAR EN BASE A LA PRUEBA DE ABRASION " **LOS ANGELES** ", DEBE SER DE 40%.

ES PRACTICA RECOMENDABLE USAR LA FORMA REDONDA QUE LA ANGULOSA EN LOS AGREGADOS GRUESOS, YA QUE AQUELLOS REQUIEREN UN CONTENIDO MENOR DE CEMENTO PARA OBTENER LA MISMA TRABAJABILIDAD QUE ESTOS.

EL AGREGADO GRUESO DEBE SUMINISTRARSE POR LO MENOS EN DOS TAMAÑOS SEPARADOS, CON LA SEPARACION EN LA CRIBA DE 19,0 mm, CUANDO SE ESPECIFIQUE MATERIAL COMBINADO GRADUADO DE 4.76 mm a 38.1 mm DE TAMAÑO NOMINAL MAXIMO (O DE 50.8 mm DE TAMAÑO MAXIMO), Y EN LA CRIBA DE 25.4 mm CUANDO SE ESPECIFICA MATERIAL COMBINADO GRADUADO DE 4.76 mm a 50.8 mm DE TAMAÑO NOMINAL MAXIMO (O DE 63.5 mm DE TAMAÑO MAXIMO). CUANDO EL TAMAÑO NOMINAL MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO ES DE 25.4 mm O DE MENOS, ESTA SEPARACION NO ES NECESARIA. CON EQUIPO ESPECIAL DE MEZCLADO, ES POSIBLE EMPLEAR UN SOLO AGREGADO GRUESO DE TAMAÑO MAXIMO NOMINAL DE 38.1 mm SIN SEGREGACION SIGNIFICATIVA.

SE PUEDEN PRODUCIR CONCRETOS EXCELENTES USANDO AGREGADOS TRITURADOS, PERO LAS PARTICULAS DEBERAN PRESENTAR UNA FORMA MAS O MENOS CUBICA. CUANDO SE OBTENGAN FORMAS LAJEADAS ESTAS SE LIMITARAN A UN CONTENIDO MAXIMO DE 15% POR PESO, LO ANTERIOR SE RECOMIENDA YA QUE LAS PARTICULAS PLANAS QUE QUEDAN CERCA DE LA SUPERFICIE DE LA LOSA SE ROMPERAN MAS FACILMENTE AL PASO DE LAS CARGAS PESADAS PRODUCIDAS POR EL TRAFICO VEHICULAR Y DEJARAN CAVIDADES PERJUDICIALES EN LA LOSA DE CONCRETO.

LAS GRAVAS BIEN GRADUADAS CON UN TAMAÑO MAXIMO DE TRES PULGADAS SE HAN EMPLEADO CON BASTANTE EXITO EN LAS LOSAS DE CONCRETO Y ES PRACTICA COMUN USAR UNA GRANULOMETRIA QUE VA DESDE 2 1/2 " HASTA 1". RESULTA MUY IMPORTANTE DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONOMICO Y DE LA DURABILIDAD DEL CONCRETO QUE EL AGREGADO ESTE BIEN GRADUADO, PORQUE ASI, PODEMOS OBTENER UN CONCRETO MAS DENSO, MAS FUERTE Y MAS IMPERMEABLE, CON UN CONTENIDO MENOR DE CEMENTO.

EN LO QUE RESPECTA AL AGREGADO FINO TENEMOS QUE ESTE DEBERA ESTAR LIMPIO, SANO, ADECUADAMENTE GRADUADO Y LIBRE DE MATERIALES ORGANICOS, CON EL FIN DE QUE NO SE AFECTE SERIAMENTE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO. SI LA ARENA NO TIENE SUFICIENTES FINOS SE PUEDE PRODUCIR UN CONCRETO ASPERO, LO QUE PODEMOS SOLUCIONAR SI AGREGAMOS ARENA FINA PARA PRODUCIR UNA GRANULOMETRIA APROPIADA. LAS ESPECIFICACIONES PERMITEN QUE SE EMPLEEN ARENAS NATURALES QUE CONTENGAN DE UN 10 a un 30% DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA No. 50.

LAS ARENAS QUE CONTIENEN CUANDO MENOS DE UN 12 a 15% DE MATERIAL QUE PASA LA MALLA No. 50, SE PREFIEREN EN LA PRACTICA PORQUE PRODUCEN LAS CONCRETOS MAS TRABAJABLES. SE PUEDE EMPLEAR ARENA PRODUCTO DE LA TRITURACION, PERO SE PREFIERE LA FORMA CUBICA A LA MUY ANGULOSA O PLANA POR LAS MISMAS RAZONES QUE SE MENCIONARON PARA LOS AGREGADOS GRUESOS.

LOS AGREGADOS DEBEN MANEJARSE Y ALMACENARSE DE MANERA QUE SE REDUZCA AL MINIMO LA SEGREGACION, DEGRADACION, CONTAMINACION O MEZCLA DE TIPOS Y TAMAÑOS DIFERENTES. EL METODO MAS RECOMENDABLE PARA APILAR AGREGADOS GRUESOS, REDUCIENDO AL MINIMO LA SEGREGACION, ES LA

CONSTRUCCION DEL APILAMIENTO EN CAPAS HORIZONTALES SUCESIVAS DE NO MAS DE 1m DE ESPESOR, COMPLETANDOSE CADA CAPA SOBRE TODO EL APILAMIENTO, ANTES DE INICIAR LA SIGUIENTE CAPA. SI FUERA NECESARIO OPERAR EQUIPO DE ARRASTRE SOBRE UN APILAMIENTO, TODAS LAS RAMPAS Y VIAS DEBERAN CUBRIRSE CON ESTERAS O TABLAS ADECUADAS, O DEBEN UTILIZARSE VEHICULOS CON LLANTAS DE HULE, PARA REDUCIR AL MINIMO LA DEGRADACION. CUALQUIER MATERIAL TOMADO DE UN APILAMIENTO, QUE ESTE SEGREGADO, DEGRADADO O CONTAMINADO EN TAL MANERA QUE NO SE ADAPTE A LAS ESPECIFICACIONES, DEBE REACONDICIONARSE MEDIANTE NUEVO MEZCLADO, CRIBADO O ALGUN OTRO PROCEDIMIENTO APROPIADO PARA TAL FIN.

LA CANTIDAD DE AGUA QUE CONTIENE EL AGREGADO ES MUY IMPORTANTE, YA QUE AFECTA EL CONTENIDO TOTAL DE AGUA DE LA MEZCLA. UNA PORCION DE AGREGADO HUMEDO HARA MAS HUMEDA LA MEZCLA DE CONCRETO, Y UNA MEZCLA DEMASIADO HUMEDA PRODUCE UN CONCRETO DEBIL. UN PUNTO IMPORTANTE ES QUE SI EL AGUA DE LA MEZCLA NO SE MANTIENE CONSTANTE, LA TRABAJABILIDAD Y LA RESISTENCIA VARIARAN DE UNA A OTRA MEZCLA.

LAS VARIACIONES EN EL CONTENIDO DE HUMEDAD SURGEN PRINCIPALMENTE POR LOS CAMBIOS DE CLIMA Y EL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LAS PILAS. AUNQUE ES DIFICIL, LA HUMEDAD DEL AGREGADO DEBE TRATAR DE CONSERVARSE CONSTANTE. UNA MANERA DE HACERLO ES TENER LA MAYOR PROVISION POSIBLE DE AGREGADO, Y DEJARLO REPOSAR DURANTE AL MENOS 16 HORAS ANTES DE EMPLEARLO PARA QUE ESCURRA EL EXCESO DE AGUA.

LOS AGREGADOS DE GRAVA GENERALMENTE ESTAN HUMEDOS EN EL MOMENTO DE LA ENTREGA EN LA PLANTA MEZCLADORA DE LA OBRA, PERO COMO EL EXCESO DE AGUA PUEDE ESCURRIR FACILMENTE, EL CONTENIDO DE HUMEDAD NO VARIA DEMASIADO Y, POR LO TANTO, NO EJERCE GRAN EFECTO EN LA MEZCLA DE CONCRETO. DE MANERA SIMILAR, LOS AGREGADOS GRUESOS DE ROCA TRITURADA, QUE CASI SIEMPRE SE ENTREGAN SECOS, NO AFECTAN MUCHO EL CONTENIDO DE AGUA DE LA MEZCLA DE CONCRETO. SOLO EN CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES ES NECESARIO APILAR LOS AGREGADOS GRUESOS DURANTE ALGUNAS HORAS, PARA PERMITIR QUE DRENEEN ANTES DE USARSE.

LA ARENA ES LA QUE MAS PROBLEMAS CAUSA POR CAMBIOS EN EL CONTENIDO DE AGUA. SI LA ARENA SE RECIBE REGULARMENTE EN ESTADO HUMADO Y LAS CARGAS VARIAN EN GRAN MEDIDA EN SU CONTENIDO DE HUMEDAD, DEBE TENERSE MUCHO CUIDADO. UNA ARENA QUE SE HA APILADO Y DEJADO DRENAR DURANTE APROXIMADAMENTE 16 HORAS, TENDRA UN CONTENIDO DE HUMEDAD DE ALREDEDOR DE 5%. SIN EMBARGO, LAS ARENAS SON POR LO GENERAL ENTREGADAS CON CONTENIDOS DE HUMEDAD DEL 7 al 10% Y HASTA DEL 15%, POR LO QUE PUEDEN AFECTAR SERIAMENTE LA MEZCLA.

CUANDO SE TRATE DE ARENAS, Y ESPECIALMENTE CUANDO SE APLICA UN ELEVADO CONTROL DE CALIDAD, HAY QUE TRATAR DE TENER DOS PILAS SEPARADAS, PARA QUE UNA ESTE DRENANDOSE MIENTRAS SE UTILIZA LA QUE YA TERMINO DE DRENARSE. HAY QUE EVITAR EL USO DE LA CAPA DE 30 a 60 cm DEL FONDO DE LA PILA, PORQUE ESTA ES LA PARTE QUE GRADUALMENTE SE VA SATURANDO DE

AGUA, ESPECIALMENTE EN EL CASO DE LA ARENA. OTRO PUNTO IMPORTANTE ES QUE LA CAPA INFERIOR DE LA PILA FRECUENTEMENTE RECOLECTA TIERRA Y POLVO QUE HAN ESCURRIDO DE LAS CAPAS SUPERIORES, POR LO QUE EN NINGUN CASO SERIA APROPIADA PARA LOGRAR UN BUEN CONCRETO.

CEMENTO

DEBE ESPECIFICARSE EL TIPO O TIPOS DE CEMENTO QUE VAYAN A EMPLEARSE Y DEBEN CUMPLIR CON LOS REQUISITOS QUE DETERMINA LA ASTM. TODO EL CEMENTO UTILIZADO EN UN PROYECTO DETERMINADO DEBE PROVENIR DE LA MISMA FUENTE DE SUMINISTRO, A NO SER QUE EL PROYECTO DE CONSTRUCCION ESPECIFIQUE OTRA COSA.

EL CEMENTO UTILIZADO PUEDE SER DE CUALQUIERA DE LOS SIGUIENTES TIPOS:

CEMENTO PORTLAND (ASTM C 150)

CEMENTOS HIDRAULICOS MEZCLADOS (ASTM C 595, IS, IS-A, IP, IP-A, P y PA).

CUANDO ALGUNO DE LOS CEMENTOS PORTLAND MENCIONADOS ANTERIORMENTE VAYAN A MEZCLARSE EN LA OBRA, CON OTRO MATERIAL AGLUTINANTE, EL INGREDIENTE DE MEZCLA PUEDE SER ALGUNO DE LOS SIGUIENTES:

CEMENTO DE ESCORIA

CENIZA VOLANTE

PUZOLANA NATURAL

TODO EL CEMENTO DEBE ALMACENARSE EN ESTRUCTURAS PROTEGIDAS CONTRA LA INTEMPERIE, APROPIADAMENTE VENTILADAS, PARA IMPEDIR LA ABSORCION DE HUMEDAD.

LAS FACILIDADES DE ALMACENAMIENTO PARA CEMENTO A GRANEL DEBEN INCLUIR COMPARTIMIENTOS SEPARADOS PARA CADA TIPO DE CEMENTO QUE SE UTILIZA (SI ES QUE LAS LOSAS DE CONCRETO LO NECESITAN). EL INTERIOR DE UN SILO DE CEMENTO DEBE SER LISO, CON UNA INCLINACION MINIMA DE 50 GRADOS RESPECTO A LA HORIZONTAL EN EL FONDO, PARA UN SILO CIRCULAR, Y DESDE 55 a 60 GRADOS PARA UN SILO RECTANGULAR. LOS SILOS QUE NO SEAN DE CONSTRUCCION CIRCULAR DEBEN DE ESTAR PROVISTOS DE COJINES DE DESLIZAMIENTO QUE NO SE ATASQUEN, POR LOS CUALES SE PUEDAN INTRODUCIR A INTERVALOS PEQUEÑAS CANTIDADES DE AIRE A BAJA PRESION DE ENTRE $0.2-0.4 \text{ kgf/cm}^2$, PARA SOLTAR EL CEMENTO QUE SE HAYA COMPACTADO DENTRO DE LOS SILOS. SE HA DE TENER CUIDADO DE EMPLEAR CANTIDADES MINIMAS DE AIRE, PUESTO QUE EN ALGUNAS AREAS DE CLIMA SECO EL EMPLEO DE AIRE HA DADO AL CEMENTO CARACTERISTICAS ANORMALES DE FRAGUADO. LOS SILOS DE ALMACENAMIENTO DEBEN SER VACIADOS CON FRECUENCIA, PREFERENTEMENTE UNA VEZ POR MES, PARA IMPEDIR LA FORMACION DE COSTRAS DE CEMENTO.

CADA COMPARTIMIENTO DEL SILO DESDE EL CUAL SE DOSIFICA EL CEMENTO DEBE TENER SU PROPIA ENTRADA DE TORNILLO SINFIN, DESLIZADOR DE AIRE, ALIMENTADOR ROTATORIO, QUE COMBINE EFICAZMENTE LAS CARACTERISTICAS DE FLUJO CONSTANTE CON CORTE PRECISO, PARA LOGRAR UN EXACTO PESADO AUTOMATICO DEL CEMENTO.

EL CEMENTO ENVASADO EN SACOS DEBE SER APILADO SOBRE PLATAFORMAS, PARA PERMITIR LA APROPIADA CIRCULACION DE AIRE. PARA UN PERIODO DE ALMACENAMIENTO DE MENOS DE 60 DIAS, SE RECOMIENDA EVITAR QUE SE SUPERPONGAN MAS DE 14 SACOS DE CEMENTO, Y PARA PERIODOS MAYORES NO DEBEN SUPERPONERSE MAS DE 7 SACOS. COMO PRECAUCION ADICIONAL, SE RECOMIENDA QUE SE UTILICE PRIMERO -HASTA DONDE SEA POSIBLE- EL CEMENTO VIEJO.

MATERIALES PARA CURADO

EL PAPEL PARA IMPERMEABILIZAR Y LAS HOJAS IMPERMEABLES DEBEN CUMPLIR CON LOS REQUISITOS DE RETENCION DE AGUA DE LA NORMA ASTM C 171.

LOS COMPUESTOS LIQUIDOS PARA FORMAR MEMBRANA DE CURADO DEBEN AJUSTARSE A LOS REQUISITOS DE LA NORMA ASTM C 309. PARA LAS LOSAS DE CONCRETO SE PREFERE EL DE PIGMENTO BLANCO.

RELLENO PARA JUNTAS DE EXPANSION

EL RELLENO PARA JUNTAS DE EXPANSION GENERALMENTE ES **NEOPRENO** o **CAUCHO**

TIRAS PLASTICAS DE SEPARACION

EL AGRIETAMIENTO CONTROLADO PARA JUNTAS LONGITUDINALES U OTRAS JUNTAS PUEDE INCLUIRSE CON TIRAS DE POLIETILENO DE ESPESOR APROPIADO, INSTALADAS MECANICAMENTE EN EL CONCRETO A LA PROFUNDIDAD ESPECIFICADA.

ACERO DE REFUERZO Y ACCESORIOS

ACERO DE REFUERZO: LAS VARILLAS DE ACERO DE REFUERZO DEBEN AJUSTARSE A LOS REQUISITOS DE ALGUNAS DE LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES ESTANDAR:

ASTM A 615, grado 20 ò grado 42

ASTM A 616, grado 35 ò grado 42

ASTM A 617, grado 28 ò grado 42

CONDICION DE LA SUPERFICIE: EL ACERO DE REFUERZO DEBE ESTAR LIBRE DE SUCIEDAD, ACEITE, PINTURA, GRASA O DE CUALQUIER MATERIAL ORGANICO QUE PUEDA AFECTAR ADVERSAMENTE O REDUCIR SU ADHERENCIA AL CONCRETO.

VARILLAS DE ALAMBRE: LAS VARILLAS DE AMARRE DEBEN SER VARILLAS CORRUGADAS DE ACERO QUE CUMPLAN CON LOS REQUISITOS DE LAS ESPECIFICACIONES PARA VARILLAS DE ACERO DE REFUERZO. LAS VARILLAS DE AMARRE PUEDEN TENER DIVERSAS FORMAS PARA AJUSTARSE AL METODO DE COLOCACION; RECTAS PARA EMPOTRAMIENTO DESDE LA SUPERFICIE; DOBLADAS, PARA FORMAR ANGULOS PARA PRECOLACION EN PENDIENTE; SINUOSAS, PARA DESARROLLAR ADHERENCIA AL INSERTARLAS EN BORDES FRESCOS HECHOS CON CIMBRAS DESLIZANTES. COMO SUSTITUTO DE LAS VARILLAS PUEDEN EMPLEARSE PERNOS DE GANCHO PARA JUNTAS; ESTOS NO DEBEN TENER MENOS DE 13mm DE DIAMETRO Y DEBEN ESTAR PROVISTOS DE COPLES ADECUADOS.

ESPIGAS DE FIJACION: LAS ESPIGAS DE FIJACION DEBEN SER VARILLAS SENCILLAS, REDONDAS, QUE SE AJUSTEN A LOS REQUISITOS DE LAS ESPECIFICACIONES PARA VARILLAS SENCILLAS, REDONDAS, DE LAS ASTM A 615, A 616 y A 617. LAS VARILLAS PARA ESPIGAS DE FIJACION NO DEBEN SER ARANDELADAS, ASPERAS O DESFIGURADAS EN CUANTO A SU FORMA CIRCULAR, DE MANERA QUE AFECTEN SE DESLIZAMIENTO DENTRO DEL CONCRETO. CUANDO SE USAN TOPES METALICOS DE EXPANSION, ESTOS DEBEN CUBRIR LOS EXTREMOS DE LAS ESPIGAS DE FIJACION PARA JUNTAS DE EXPANSION NO MENOS DE 50 mm, NI MAS DE 75 mm. EL TOPE DEBE ESTAR CERRADO EN UNO DE SUS EXTREMOS Y PROPORCIONAR EXPANSION ADECUADA. DEBE TENER UN DISEÑO TAN RIGIDO QUE EL EXTREMO CERRADO NO SE APLASTE DURANTE LA CONSTRUCCION.

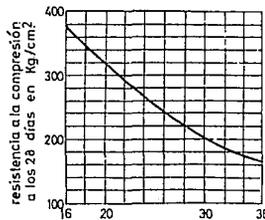
ESTACAS: LAS ESTACAS QUE SE EMPLEEN PARA SOSTENER RELLENOS DE JUNTAS DE EXPANSION DEBEN SER DE METAL Y TENER EL LARGO Y LA RIGIDEZ SUFICIENTES PARA MANTENER EL RELLENO EN POSICION ADECUADA DURANTE EL COLADO DEL CONCRETO.

AGUA

EL AGUA QUE SE USA EN LA MEZCLA O CURADO DEL CONCRETO DEBE SER AGUA LIMPIA, SIN CANTIDADES PERJUDICIALES DE ACEITE, SALES, ACIDOS, MATERIALES VEGETALES O DE CUALQUIER OTRA SUSTANCIA QUE SEA DAÑINA PARA EL CONCRETO. EL AGUA PROVENIENTE DE FUENTES NATURALES DEBE EXTRAERSE EXCLUYENDO SEDIMENTACIONES, LODOS, ZACATES Y OTRAS MATERIAS EXTRAÑAS. EL AGUA DEBE OBTENERSE SOLO DE FUENTES PREVIAMENTE APROBADAS. EL AGUA NO POTABLE SOLO DEBE UTILIZARSE SI PRODUCE CUBOS DE MORTERO CON RESISTENCIAS DE 7 Y 28 DIAS, IGUALES A LAS DE MUESTRAS SIMILARES HECHAS CON AGUA DESTILADA, PROBADOS DE ACUERDO CON LA ASTM C 109.

RELACION AGUA-CEMENTO

EN GENERAL, PARA LA FABRICACION DE CONCRETO HIDRAULICO, SE ESPECIFICAN RESISTENCIAS A LA COMPRESION O A FLEXION A LOS 28 DIAS DE COLADOS. COMO EL FACTOR PRINCIPAL QUE DA ESTAS RESISTENCIAS ES LA RELACION AGUA-CEMENTO, SE MUESTRA UNA FIGURA EN LA QUE SE PUEDE OBTENER EL VALOR DE ESTA RELACION, SIEMPRE Y CUANDO LOS AGREGADOS PETREOS UTILIZADOS Y LOS METODOS DE CONSTRUCCION SEAN LOS ADECUADOS. HAY QUE TENER EN CUENTA QUE LAS DOSIFICACIONES DE MEZCLAS DE CONCRETO DEBEN DE HACERSE ANALITICAMENTE DE ACUERDO A LAS NORMAS DEL ACI y ASTM, Y QUE ESTA GRAFICA SE MUESTRA PARA TENER UNA IDEA ORIGINAL DE LA RESISTENCIA QUE NECESITAMOS.



LITROS DE AGUA POR SACO DE CEMENTO DE 50 kg.

PROPORCION DE LOS AGREGADOS

DADO QUE EN CIERTAS OCASIONES NO ES POSIBLE MEDIR LOS AGREGADOS POR PESO, SE PRESENTA SE PRESENTA UNA TABLA CON LA DOSIFICACION POR VOLUMENES EMPLEANDO COMO UNIDAD DE MEDIDA PARA EL CEMENTO POR SACO, YA SEA DE 50 kg CON 33 LITROS o DE 94 lbs. CON UN PIE CUBICO DE CAPACIDAD.

ES ACONSEJABLE QUE EL TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO GRUESO O GRAVA, SEA EL MAYOR POSIBLE PARA TENER ASI MENOR SUPERFICIE TOTAL LO QUE REQUERIRA MENOR CANTIDAD DE PASTA DE CEMENTO. EN LA TABLA QUE SE MUESTRA NECESITAMOS CONOCER LOS VALORES DE LA RELACION AGUA-CEMENTO, DEL REVENIMIENTO Y DEL TAMAÑO MAXIMO DEL AGREGADO, PARA ASI, CONOCER LA PROPORCION INICIAL DE LA MEZCLA DE CONCRETO.

LA PROPORCION INICAL PUEDE CORREGIRSE MANTENIENDO FIJA LA RELACION AGUA-CEMENTO Y VARIANDO LA CANTIDAD DE AGREGADOS HASTA OBTENER LA CONSISTENCIA DESEADA.

SE DEBEN TOMAR CILINDROS DE PRUEBA LO MAS RAPIDO POSIBLE PARA CONOCER LA RESISTENCIA A COMPRESION O A FLEXION QUE SE ESTA OBTENIENDO PARA PODER AJUSTAR LA RELACION AGUA-CEMENTO SI ES NECESARIO.

Litros de agua por saco de cemento de 50 kg.	Galones de agua por saco de cemento de 94 lbs.	Revenimiento en centímetros.	Relaciones en volumen de cemento, arena y grava.	
			Tamaño máximo de la grava de 2.5 cm.	Tamaño máximo de la grava de 5 cm.
24	5.5	1 a 3	1: 2: 3	1: 2: 3.5
		7 a 10	1: 2.75: 2.5	1: 1.75: 3
		12 a 17	1: 1.5: 2	1: 1.5: 2.5
27	6	1 a 3	1: 2.25: 3.25	1: 2.25: 3.75
		7 a 10	1: 2: 3	1: 2: 3.5
		12 a 17	1: 1.75: 2.5	1: 1.75: 3
30	6.75	1 a 3	1: 2.5: 3.5	1: 2.5: 4
		7 a 10	1: 2.25: 3.25	1: 2.25: 3.75
		12 a 17	1: 2: 3	1: 2: 3.5
33	7.5	1 a 3	1: 3: 4	1: 3: 4.75
		7 a 10	1: 2.5: 3.75	1: 2.5: 4.25
		12 a 17	1: 2.25: 3.5	1: 2.25: 3.75

A CONTINUACION SE PRESENTA UNA TABLA QUE NOS DA LAS CANTIDADES DE MATERIAL PARA LA MEZCLA DE CONCRETO Y LA RESISTENCIA CORRESPONDIENTE CONOCIENDO EL VOLUMEN DEL MISMO A EMPLEAR.

CANTIDAD DE MAT. NECESARIO PARA UN M³ . Y RESIST. A LOS 28 DIAS DE DISTINTAS DOSIFICACIONES DE CONCRETO

Proporción Volumétrica	Tam. Máximo Pulgadas	Lt. de agua por Saco de Cemento	Cemento en Kgs.	Arena en M ³ .	Grava en M ³ .	Resist. a los 28 días Kgs/cm ² .
1: 1 1/2: 1 1/2	3/4	22	532	0.527	0.527	258
	1 1/2	21	526	0.521	0.521	203
1: 1 1/2: 2	3/4	23	480	0.475	0.634	270
	1 1/2	23	472	0.468	0.623	270
1: 1 1/2: 2 1/2	3/4	25	434	0.430	0.716	245
	1 1/2	25	423	0.419	0.698	245
1: 1-1/2: 3	3/4	26	400	0.396	0.792	230
	1 1/2	26	390	0.386	0.773	230
1: 2: 2	3/4	28	418	0.552	0.552	205
	1 1/2	27	412	0.544	0.544	217
1: 2: 2-1/2	3/4	29	388	0.512	0.640	195
	1 1/2	29	381	0.503	0.629	195
1: 2: 3	3/4	30	362	0.478	0.717	185
	1 1/2	30	353	0.466	0.699	185
1: 2: 3	3	28	350	0.462	0.693	205
	6	28	336	0.444	0.665	205
1: 2: 3 1/2	3/4	32	334	0.441	0.772	164
	1 1/2	32	325	0.429	0.750	164
1: 2: 3 1/2	3	30	325	0.429	0.751	185
	6	29	312	0.412	0.721	195
1: 2: 4	3/4	34	313	0.413	0.827	147
	1 1/2	34	305	0.403	0.805	147
1: 2: 4	3	31	302	0.399	0.797	174
	6	30	291	0.384	0.768	185
1: 2: 5	3	33	267	0.353	0.881	156
	6	32	256	0.339	0.844	164
1: 2-1/2: 2-1/2	3/4	33	351	0.579	0.579	156
	1 1/2	33	345	0.569	0.569	156
1: 2-1/2: 3	3/4	35	327	0.540	0.648	140
	1 1/2	34	320	0.528	0.634	147
1: 2-1/2: 3-1/2	3/4	36	307	0.507	0.709	132
	1 1/2	36	300	0.495	0.693	132
1: 2-1/2: 3-1/2	3	34	297	0.490	0.686	147
	6	34	284	0.469	0.656	147
1: 2-1/2: 4	3/4	38	287	0.747	0.758	118
	1 1/2	38	281	0.464	0.742	118
1: 2-1/2: 4	3	36	278	0.459	0.734	132
	6	35	267	0.441	0.705	140
1: 2-1/2: 4-1/2	3	36	264	0.436	0.784	132
	6	36	252	0.416	0.748	132
1: 2-1/2: 5	3	38	249	0.411	0.832	118
	6	37	237	0.391	0.782	125
1: 2-1/2: 6	3	40	225	0.371	0.891	105
	6	39	214	0.353	0.848	111
1: 3: 4	3/4	42	266	0.527	0.703	94
	1 1/2	42	262	0.517	0.692	94
1: 3: 4-1/2	3/4	44	252	0.499	0.749	84
	1 1/2	43	247	0.489	0.734	89
1: 3: 4-1/2	3	41	244	0.383	0.725	100
	6	41	234	0.403	0.695	100
1: 3: 5	3/4	46	240	0.470	0.792	76
	1 1/2	45	234	0.464	0.772	80
1: 3: 5	3	42	232	0.459	0.766	94
	6	42	223	0.442	0.736	94
1: 3: 6	3	45	210	0.416	0.832	80
	6	44	200	0.396	0.792	84
1: 3: 7	3	47	191	0.378	0.882	72
	6	46	183	0.362	0.846	76
1: 4: 6	3	54	185	0.488	0.733	49
	6	54	177	0.467	0.701	49
1: 4: 8	3	60	152	0.517	0.814	35
	6	59	149	0.393	0.787	37

$$f'_c = f'_t / [(1.35 n + 10) / (n + 20)]$$

EN DONDE:

f'_c = ESFUERZO ESPERADO A LOS 28 DIAS DE EDAD DEL CONCRETO.

f'_t = ESFUERZO DE RUPTURA OBTENIDO A LOS "n" DIAS DE EDAD DEL CONCRETO.

ES NECESARIO HACER NOTAR QUE LAS TABLAS ANTERIORES SON DE GRAN AYUDA CUANDO EL CONCRETO NO PUEDA SER SUMINISTRADO DE UNA PLANTA MEZCLADORA POR LAS CONDICIONES DEL TERRENO Y ENTONCES SE TENGA QUE MEZCLAR EN EL LUGAR DONDE SE COLOCARA. LAS PLANTAS MEZCLADORAS DE CONCRETO TIENEN SISTEMAS DE PESADO DE LOS MATERIALES Y PROPORCIONAN LOS VOLUMENES EXACTOS DE LOS MISMOS OBTENIENDOSE CONCRETOS DE MAGNIFICA CALIDAD Y RESISTENCIA, PERO DEBEMOS CONOCER LOS PROPORCIONAMIENTOS EXACTOS PARA UN CONTROL ADECUADO.

IV.2.1.- MEZCLADO DEL CONCRETO

DISEÑO Y MANTENIMIENTO DE LA MEZCLADORA.

LOS TIPOS MAS COMUNES DE MEZCLADORAS SON LAS DE TAMBOR, DE EJE VERTICAL Y LAS DE ASPAS EN ESPIRAL. UNA MEZCLADORA DE TAMBOR, DE DISEÑO ADECUADO, TIENE UN ARREGLO DE ASPAS EN ESPIRAL Y UNA FORMA DE TAMBOR PARA ASEGURAR DE EXTREMO A EXTREMO EL INTERCAMBIO DE MATERIALES PARALELO AL EJE DE ROTACION, Y UN MOVIMIENTO ENVOLVENTE QUE VOLTEA Y ESPARCE LA MEZCLA SOBRE SI MISMA AL MEZCLARSE. EN LA MEZCLADORA DE EJE VERTICAL, LAS ASPAS GIRAN SOBRE EJES VERTICALES QUE OPERAN EN UN RECIPIENTE FIJO O GIRATORIO QUE DA VUELTAS EN SENTIDO OPUESTO. CON ESTA MEZCLADORA, LA MEZCLA PUEDE OBSERVARSE FACILMENTE, Y, SI SE NECESITA, SE PUEDE HACER UN AJUSTE RAPIDO. LA MEZCLADORA DE PALETA EN ESPIRAL CONSTA DE UN EJE HORIZONTAL MOVIDO POR FUERZA MOTRIZ CON PALETAS EN ESPIRAL QUE OPERAN DENTRO DE UN TAMBOR HORIZONTAL.

LAS MEZCLADORAS FIJAS DEBEN ESTAR EQUIPADAS CON DISPOSITIVOS PARA REGULAR EL TIEMPO A FIN DE EVITAR INSUFICIENCIAS O EXCESO EN EL MEZCLADO. LA CANTIDAD DE MEZCLA NO DEBE EXCEDER LA CAPACIDAD NOMINAL QUE EL FABRICANTE SEÑALE PARA LA MEZCLADORA. A LAS MEZCLADORAS DEBE DARSELES UN MANTENIMIENTO APROPIADO PARA IMPEDIR LA SALIDA DEL MORTERO O DE MATERIALES SECOS, Y LA SUPERFICIE INTERIOR DE LAS MEZCLADORAS DEBEN GUARDARSE LIMPIAS Y REEMPLAZARSE LAS PALETAS GASTADAS.

CARGA DE LA MEZCLADORA

ES PREFERIBLE QUE EL CEMENTO SE CARGUE JUNTO CON OTROS MATERIALES, PERO DEBE ENTRAR EN LA DESCARGA DESPUES DE QUE APROXIMADAMENTE EL 100% DEL AGREGADO HAYA ENTRADO EN LA MEZCLADORA. CUANDO SEA NECESARIO CARGAR CEMENTO EN MEZCLADORAS DE CAMION POR SEPARADO, PUEDE SER NECESARIO UN TIEMPO ADICIONAL PARA EL MEZCLADO A FIN DE OBTENER LA DESEADA UNIFORMIDAD EN LA MEZCLA.

EL AGUA DEBE ENTRAR PRIMERO EN LA MEZCLADORA Y CONTINUAR FLUYENDO MIENTRAS LOS DEMAS INGREDIENTES SE VAN CARGANDO. LAS TUBERIAS PARA CARGAR EL AGUA DEBEN SER DE DISEÑO APROPIADO Y DE TAMAÑO SUFICIENTE, DE MANERA QUE EL AGUA ENTRE BIEN A LA MEZCLADORA Y TERMINE DE INTRODUCIRSE DENTRO DE UN 25% DEL TIEMPO INICIAL DE MEZCLADO.

SI SE USAN ADITIVOS ESTOS DEBEN CARGARSE EN LA MEZCLADORA EN EL MISMO TIEMPO DE LA SECUENCIA DEL MEZCLADO, MEZCLA TRAS MEZCLA. LOS ADITIVOS LIQUIDOS DEBEN CARGARSE CON EL AGUA, Y LOS ADITIVOS EN FORMA DE POLVO DEBEN SER VERTIDOS DENTRO DE LA MEZCLADORA CON OTRO INGREDIENTES SECOS. CUANDO SE EMPLEA MAS DE UN ADITIVO, CADA UNO DEBE DOSIFICARSE POR SEPARADO Y NO DEBEN PREMEZCLARSE ANTES DE ENTRAR EN LA MEZCLADORA.

RENDIMIENTO DE LA MEZCLADORA

LOS MEDIOS PARA DETERMINAR EL RENDIMIENTO DE LAS MEZCLADORAS SE BASAN EN RESULTADOS DE PRUEBAS ENTRE DOS O MAS MUESTRAS TOMADAS DE DIVERSOS PUNTOS DE LA MEZCLA, O ENTRE MUESTRAS DISTINTAS TOMADAS EN UN MISMO PUNTO, Y EN UN PROMEDIO DE TODAS LAS MUESTRAS, LAS CUALES DEBEN DAR UNA UNIFORMIDAD CON DIFERENCIAS TOLERABLES.

EXISTEN DIFERENTES PRUEBAS PARA VERIFICAR EL FUNCIONAMIENTO DE UNA MEZCLADORA, A CONTINUACION SE MENCIONAN LAS MAS COMUNES: CONTENIDO DE AIRE, REVENIMIENTO, PESO UNITARIO DEL MORTERO LIBRE DE AIRE, RESISTENCIA A LA COMPRESION, CONTENIDO DE AGUA EN EL MORTERO, CONTENIDO DE CEMENTO EN EL MORTERO SECO Y EL CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO.

TIEMPO DE MEZCLADO PARA MEZCLADORAS FIJAS

EL TIEMPO DEL MEZCLADO DEBE BASARSE EN LA CAPACIDAD DE LA MEZCLADORA PARA PRODUCIR UN CONCRETO UNIFORME EN CADA MEZCLA Y MANTENER LA MISMA CALIDAD EN LAS MEZCLAS SIGUIENTES. LAS RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE Y LAS ESPECIFICACIONES USUALES, TAL COMO 1 min. por cada yarda cúbica (0.76455 m³) más 1/4 de minuto por cada yarda cúbica adicional de capacidad, PUEDEN UTILIZARSE COMO GUIAS SATISFACTORIAS PARA ESTABLECER EL TIEMPO INICIAL DE MEZCLADO. SIN EMBARGO, LOS TIEMPOS DE MEZCLADO QUE SE DETERMINE EMPLEAR DEBEN BASARSE EN LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE RENDIMIENTO DE LA MEZCLADORA QUE SE PRACTIQUEN A INTERVALOS REGULARES MIENTRAS DURA LA OBRA. EL TIEMPO DE MEZCLADO DEBE MEDIRSE A PARTIR DEL MOMENTO EN QUE TODOS LOS INGREDIENTES ENTREN DENTRO DE LA MEZCLADORA.

ES RECOMENDABLE QUE LAS PLANTAS AUTOMATICAS, Y TAMBIEN LAS MANUALES, SE PROVEAN DE INDICADORES AUDIBLES, EMPLEADOS EN COMBINACION CON MECANISMOS DE ABERTURA QUE IMPIDAN LA DESCARGA DE LA MEZCLADORA ANTES DE TERMINARSE EL TIEMPO DE MEZCLADO ESTABLECIDO. LA MEZCLADORA DEBE ESTAR DISEÑADA PARA PONERSE EN MARCHA Y DETENERSE CON CARGA COMPLETA.

DESCARGA DE LA MEZCLADORA

LAS MEZCLADORAS DEBEN SER CAPACES DE DESCARGAR CONCRETO DE REVENIMIENTO MAS BAJO, SI SE LLEGARA A REQUERIR, SIN SEGREGACION (SEPARACION DEL AGREGADO GRUESO DEL MORTERO). DEBE EVITARSE LA SEGREGACION EN LAS OPERACIONES DE MANEJO Y DESCARGA EN LAS TOLVAS DE RETENCION Y LOS TRANSPORTADORES DE TRANSBORDO.

CONCRETO PREMEZCLADO

EL CONCRETO PREMEZCLADO PUEDE MEZCLARSE EN UNA PLANTA CENTRAL Y TRANSPORTARSE A LA OBRA EN CAMIONES CONOCIDOS COMUNMENTE COMO "OLLAS", MEZCLARSE ENTERAMENTE EN TRANSITO, O DESPUES DE LLEGAR AL SITIO DE LA DESCARGA. LAS INSTALACIONES DE CONCRETO PREMEZCLADO BIEN EQUIPADAS Y CONTROLADAS CONSTITUYEN UNA EXCELENTE FUENTE DE CONCRETO DE CALIDAD. UN PROBLEMA QUE REQUIERE DE ATENCION ESPECIAL EN ESTAS OPERACIONES ES LA ADICION NO CONTROLADA DE CANTIDADES INCORRECTAS DE AGUA DE MEZCLADO CON LA RESULTANTE REDUCCION EN LA CALIDAD DEL CONCRETO.

ADEMAS DE LOS INGREDIENTES DE LA MEZCLA, EL AGUA QUE SE REQUIERE PARA LA APROPIADA CONSISTENCIA DEL CONCRETO, SE AFECTA POR FACTORES TALES COMO MAGNITUD Y VELOCIDAD DEL MEZCLADO, LA DISTANCIA DEL TRANSPORTE, EL TIEMPO DE DESCARGA, Y LA TEMPERATURA AMBIENTE. EN CLIMA FRESCO, Y PARA DISTANCIAS CORTAS Y ENTREGA RAPIDA, RARA VEZ EXISTEN PROBLEMAS TALES COMO PERDIDA O VARIACION EN EL REVENIMIENTO, REQUERIMIENTOS EXCESIVOS DE AGUA DE MEZCLADO, Y PROBLEMAS DE DESCARGA, MANEJO Y COLOCACION. OCURRE LO CONTRARIO CUANDO EL CLIMA ES CALIDO, LAS DISTANCIAS LARGAS Y LAS ENTREGAS LENTAS O IRREGULARES. LA PERDIDA DE TRABAJABILIDAD EN CLIMAS CALIENTES SE PUEDEN MINIMIZAR HACIENDO MAS RAPIDA LA ENTREGA Y COLOCACION, CONTROLANDO LA TEMPERATURA DE LA MEZCLA,, CUANDO SEA NECESARIO, USAR RETARDANTES.

EN ESTE TIPO DE CLIMAS ES FRECUENTE ADICIONAR GRAN PARTE DEL AGUA DE MEZCLADO HASTA QUE LA MEZCLADORA LLEGUE A LA OBRA. CON LA ADICION DEL AGUA QUE FALTA SE REQUIEREN APROXIMADAMENTE OTRAS 30 revoluciones A VELOCIDAD DE MEZCLADO PARA INCORPORAR ADECUADAMENTE A LA MEZCLA EL AGUA ADICIONAL.

LAS ADICIONES DE AGUA PARA COMPENSAR LA PERDIDA DE REVENIMIENTO NO DEBEN EXCEDER LO QUE SE NECESITE PARA COMPENSAR 2.5 cm DE PERDIDA EN EL REVENIMIENTO, NI DEBE EXCEDERSE LA RELACION MAXIMA AGUA-CEMENTO DEL DISEÑO.

TRANSPORTE DEL CONCRETO

EL CONCRETO PUEDE SER TRANSPORTADO POR METODOS Y EQUIPOS DIVERSOS, COMO CAMION-REVOLVEDOR, CAMION DE CAJA FIJA, CON O SIN AGITADORES. CADA TIPO DE TRANSPORTACION POSEE VENTAJAS Y DESVENTAJAS QUE DEPENDEN DE LAS CONDICIONES DEL USO, LOS INGREDIENTES DE LA MEZCLA, LA TOPOGRAFIA DEL TERRENO DONDE SE UBICA LA OBRA, LA CAPACIDAD Y TIEMPO DE ENTREGA REQUERIDOS, Y LAS CONDICIONES AMBIENTALES.

CONCRETO MEZCLADO EN CAMION

EL MEZCLADO EN CAMION ES UN PROCESO EN EL CUAL LOS MATERIALES PARA CONCRETO PREVIAMENTE DOSIFICADOS EN UN PLANTA DOSIFICADORA SE TRANSFIEREN A UN CAMION REVOLVEDOR DONDE SE LLEVA A CABO LA OPERACION DE MEZCLADO. EN ALGUNAS OCASIONES SE DOSIFICAN TODOS LOS INGREDIENTES EN EL CAMION REVOLVEDOR FUNCIONANDO A VELOCIDAD DE DESCARGA, SE DETIENE EL TAMBOR CUANDO EL CAMION ESTA CERCA DE LA OBRA, O CUANDO HA LLEGADO A ELLA, Y ENTONCES SE LLEVA A CABO EL MEZCLADO. OTRO PROCEDIMIENTO CONSISTE EN COMPLETAR TODO EL MEZCLADO EN EL CAMION REVOLVEDOR, HACIENDO EL VIAJE A LA OBRA SIN GIRAR EL TAMBOR.

CUANDO EL TAMBOR SE ESTA CARGANDO, DEBE GIRARSE A LA VELOCIDAD ESPECIFICADA POR EL FABRICANTE. DESPUES DE CARGAR COMPLETAMENTE TODOS LOS MATERIALES, EL TAMBOR DEBE GIRARSE A LA VELOCIDAD DE MEZCLADO, EMPLEANDO ENTRE 70 y 100 VUELTAS PARA COMPLETAR EL MEZCLADO BAJO CONDICIONES NORMALES. SI SE RETRASA LA ENTREGA DEL CONCRETO, LA VELOCIDAD DEL TAMBOR DEBE REDUCIRSE A LA VELOCIDAD DE AGITACION, O SE DETIENE. ANTES DE LA DESCARGA, EL TAMBOR DEBE GIRARSE DE NUEVO A VELOCIDAD DE MEZCLADO POR UNA 10 a 15 revoluciones, PARA MEZCLAR EL CONCRETO QUE SE HAYA QUEDADO ESTANCADO CERCA YA DE LA DESCARGA. EL VOLUMEN TOTAL DE TODA LA MEZCLA DE CONCRETO NO DEBE EXCEDER EL 63% DE LA CAPACIDAD TOTAL DEL TAMBOR.

CONCRETO MEZCLADO PARCIALMENTE EN PLANTA FIJA Y TERMINADO EN TRANSITO.

EL CONCRETO TRANSPORTADO POR ESTE METODO SE MEZCLA POR POCO TIEMPO, GENERALMENTE DE 15 a 30 segundos EN UNA MEZCLADORA FIJA EN LA PLANTA, Y EL MEZCLADO SE COMPLETA EN EL TAMBOR DEL CAMION.

CONCRETO DOSIFICADO EN SECO

MEDIANTE ESTE METODO, LOS MATERIALES SECOS SE TRANSPORTAN AL SITIO DE LA OBRA EN EL TAMBOR DEL CAMION, Y EL AGUA DE MEZCLADO SE LLEVA POR SEPARADO, EN UN TANQUE MONTADO EN EL MISMO CAMION. EL AGUA SE AGREGA A PRESION, DE PREFERENCIA A LA ENTRADA Y EN LA PARTE POSTERIOR DEL TAMBOR QUE ESTA GIRANDO A VELOCIDAD DE MEZCLADO, Y EL MEZCLADO SE COMPLETA CON LAS USUALES 70 a 100 VUELTAS QUE SE REQUIEREN PARA LAS MEZCLADORES DE CAMION.

TRANSPORTE DE CONCRETO MEZCLADO EN PLANTA

TAMBOR GIRATORIO

EL TAMBOR SE GIRA A VELOCIDAD DE CARGA DURANTE LA CARGA Y LUEGO SE REDUCE A VELOCIDAD DE AGITACION O SE DETIENE DESPUES DE COMPLETAR LA CARGA. EL VOLUMEN TRANSPORTADO PUEDE SER DE HASTA 80% DE LA CAPACIDAD DEL TAMBOR.

CAMION DE CAJA FIJA, CON O SIN AGITADOR.

LAS UNIDADES EMPLEADAS EN ESTA FORMA DE TRANSPORTE CONSTAN DE UNA CAJA ABIERTA, MONTADA SOBRE UN CAMION. LA CAJA METALICA DEBE SER LISA POR DENTRO, PERFILADA Y, EN GENERAL, ESTAR DISEÑADA PARA DESCARGAR EL CONCRETO POR LA PARTE DE ATRAS, CUANDO LA CAJA ES VOLTEADA. UNA PUERTA DE DESCARGA Y VIBRADORES MONTADOS EN LA CAJA DEBEN TENERSE EN EL PUNTO DE DESCARGA PARA CONTROLAR EL VACIADO. UN AGITADOR AYUDA EN LA DESCARGA, Y MEZCLA EL CONCRETO AL DESCARGARSE. SIN EMBARGO, JAMAS DEBE AGREGARSE AGUA EN LA CAJA DEL CAMION, PORQUE NO SE LOGRA NADA DE MEZCLADO CON EL AGITADOR.

PARA LOGRAR CALIDAD Y EFICIENCIA EN ESTA FORMA DE TRANSPORTACION DEBEN DE PROVEERSE DE CUBIERTAS PROTECTORAS A LAS CAJAS DEL CAMION DURANTE MAL TIEMPO, LIMPIAR APROPIADAMENTE DICHAS CAJAS, TRANSITAR EN LA MEDIDA DE LO POSIBLE POR CAMINOS LLANOS.

EL TIEMPO DE ENTREGA USUALMENTE RECOMENDADO ES DE 30 a 45 min.

IV. 3.- PRUEBAS DE LABORATORIO PARA EL CONCRETO

LAS PRUEBAS DE LABORATORIO PARA DETERMINAR LAS CARACTERISTICAS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO TIENEN QUE SER CONSIDERADAS DESDE EL PRINCIPIO DE LA ELABORACION DEL PROYECTO DE UN PAVIMENTO RIGIDO. SON INDISPENSABLES PARA EL CONTROL DE CALIDAD QUE SE TIENE QUE HACER PERMANENTEMENTE DURANTE LA CONSTRUCCION DE LA OBRA.

EN ESTE APARTADO SE MENCIONARAN LAS MAS IMPORTANTES Y REPRESENTATIVAS PARA CONOCER LA RESISTENCIA DEL CONCRETO:

- **COMPRESION SIMPLE**

- **RESISTENCIA A LA FLEXION**

- **REVENIMIENTO**

TAMBIEN SE HARA MENCION DE UN PARAMETRO QUE EN MUCHAS OCASIONES NO SE TOMA EN CUENTA Y PUEDE LLEGAR A SER MUY PERJUDICIAL PARA EL CONCRETO, ES DECIR LA REACCION **ALCALI-AGREGADO**.

IV.3.1.- COMPRESION SIMPLE (f'c)

LA PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE SE REALIZA SOBRE EL CONCRETO ENDURECIDO GENERALMENTE A LOS 28 DIAS. ESTA PRUEBA PERMITE CONOCER ALGUNAS CARACTERISTICAS DE RESISTENCIA DEL CONCRETO.

LA PRUEBA SE REALIZA CON UN CILINDRO DE CONCRETO DE 15 * 30 cm. DICHO CILINDRO SE PRUEBA EN UNA MAQUINA UNIVERSAL, Y ES NECESARIO FIJAR CON GRAN DETALLE LAS CONDICIONES DE MUESTREO, FABRICACION, CURADO Y ENSAYE Y SOBRE TODO LA VELOCIDAD DE CARGA.

PARA OBTENER UNA PRUEBA A LA COMPRESION SIMPLE EN CONDICIONES ACEPTABLES, ES NECESARIO QUE LAS CABEZAS DE LA MAQUINA UNIVERSAL ESTEN TOTALMENTE EN CONTACTO CON LAS SUPERFICIES DEL CILINDRO EN AMBOS EXTREMOS, PARA QUE LA PRESION EJERCIDA SEA LO MAS UNIFORME POSIBLE.

LOS CILINDROS SE FABRICAN EN MOLDES DE ACERO APOYADOS EN UNA PLACA EN SU CARA INFERIOR Y LIBRES EN SU PARTE SUPERIOR, DONDE HAY QUE DAR UN ACABADO MANUAL.

ESTA OPERACION SE LAMA CABECEADO, Y CONSISTE EN APLICAR UN MATERIAL, GENERALMENTE AZUFRE, A LOS EXTREMOS DEL CILINDRO PARA PRODUCIR UNA SUPERFICIE LIBRE Y LISA EN SU APOYO CON LA MAQUINA UNIVERSAL.

LOS ENSAYES DE COMPRESION SIMPLE SON AFECTADOS COMUNMENTE POR DIVERSOS FACTORES COMO:

EFECTO DE LAS CONDICIONES DE CURADO

EFECTO DE LA ESBELTEZ

EFECTO DE LA VELOCIDAD DE CARGA

EFECTO DE LA VELOCIDAD DE DEFORMACION

EFECTO DE LAS CONDICIONES DE HUMEDAD Y TEMPERATURA

DURANTE LA PRUEBA.

EFECTO DE LA EDAD DEL CONCRETO

EFECTO DEL TAMAÑO DEL MOLDE Y DEL AGREGADO.

EN LA OBRA SE DEBEN DE TOMAR DIVERSAS MUESTRAS DE CONCRETO AL MOMENTO DE DESCARGARLO DEL CAMION REVOLVEDOR PARA FORMAR CILINDROS Y MANDARLOS PROBAR Y ASI TENER UN CONTROL EFICAZ DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO QUE SE ESTA USANDO PARA FABRICAR LAS LOSAS DEL PAVIMENTO RIGIDO.

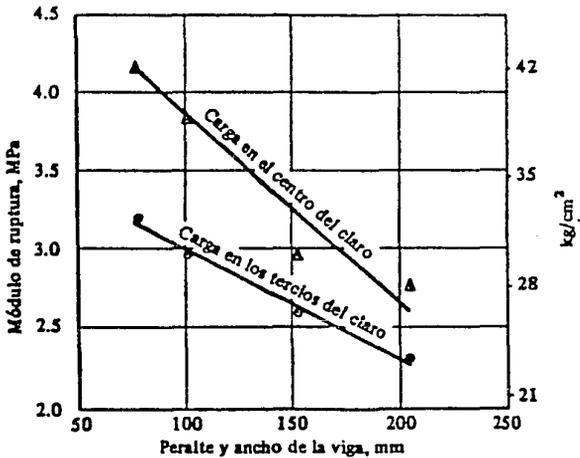


IV.3.2.- RESISTENCIA A LA FLEXION

ESTA PRUEBA ES DE GRAN IMPORTANCIA PARA EL DISEÑO DE LOSAS DE CONCRETO, PORQUE, COMO SE SABE EL ESFUERZO A LA TENSION POR FLEXION ES EL QUE REPRESENTA LOS MAYORES PROBLEMAS EN EL COMPORTAMIENTO DE DICHAS LOSAS; POR LO QUE, SERVIRA PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA TENSION EN FLEXION DE LAS LOSAS DE CONCRETO QUE SE CONSTRUIRAN EN LA CARRETERA , Y PARA SABER EL MODULO DE RUPTURA M_R QUE SE UTILIZA EN EL METODO DE LA PCA.

EL INDICE DE RESISTENCIA A LA FLEXION DEL CONCRETO SIMPLE SE OBTIENE DE PROBAR VIGAS DE SECCION CUADRADA, SIMPLEMENTE APOYADAS Y SUJETAS A UNA O DOS CARGAS CONCENTRADAS, FIG. (4.1).

A CONTINUACION SE PRESENTA UNA GRAFICA QUE NOS MUESTRA LOS MODULOS DE RUPTURA DE VIGAS DE DIFERENTES TAMAÑOS, SOMETIDAS A CARGAS CONCENTRADAS Y A LOS TERCIOS DEL CLARO.



MODULO DE RUPTURA DE VIGAS DE DIFERENTES TAMAÑOS

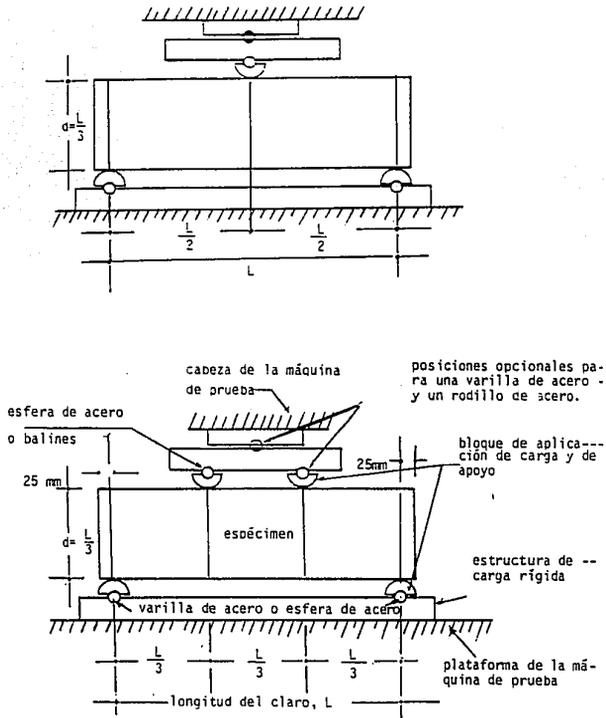


FIG. (4.1).- EQUIPO PARA ENSAYAR A FLEXION UNA VIGA APLICANDO CARGAS EN EL CENTRO Y EN LOS TERCIOS DEL CLARO.

IV.4.3.- REVENIMIENTO

UNO DE LAS PRUEBAS MAS INDICATIVAS DE LA CONSISTENCIA DEL CONCRETO ES LA DE REVENIMIENTO, DADA SU FACILIDAD DE APLICACION Y LA RAPIDA INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS. EL VALOR DE ESTA PRUEBA PUEDE SER RELACIONADO DIRECTAMENTE CON LA UNIFORMIDAD EN LA RELACION AGUA-CEMENTO PARA UNA RELACION GRAVA-ARENA DETERMINADA. ESTA PRUEBA ES UN MEDIO PARA DETERMINAR VARIACIONES EN LA RELACION AGUA-CEMENTO, Y PUEDE SER UTILIZADO PARA LA ACEPTACION O RECHAZO DEL CONCRETO FRESCO, TENIENDO EN CUENTA QUE LA MENCIONADA RELACION ESTA DIRECTAMENTE RELACIONADA CON LA RESISTENCIA DEL CONCRETO. ESTA PRUEBA ES IMPORTANTE TAMBIEN PARA CONTROLAR LA VARIACION DE LOS MATERIALES QUE ENTRAN A LA MEZCLADORA EN CUANTO A SU CONTENIDO DE HUMEDAD.

SE ENTIENDE POR REVENIMIENTO A LA MEDIDA DE LA CONSISTENCIA DEL CONCRETO FRESCO EN TERMINOS DE LA DISMINUCION DE ALTURA, EN UN TIEMPO DETERMINADO, DE UN CONO TRUNCADO DE CONCRETO FRESCO DE DIMENSIONES ESPECIFICADAS, LAS CUALES SE MUESTRAN EN LA FIG. (4.3).

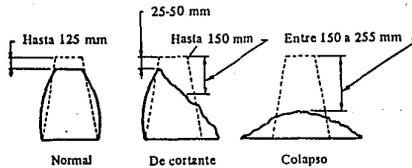
EL EQUIPO QUE SE UTILIZA PARA ESTA PRUEBA ES EL SIGUIENTE: MOLDE METALICO, VARILLA DE ACERO DE SECCION CIRCULAR, RECTA, LISA DE 16 mm. DE DIAMETRO, DE LONGITUD DE 60 cm, CON UNO DE LOS EXTREMOS REDONDEADOS HEMISFERICAMENTE . EQUIPO DE CRIBADO - MALLA 38 mm - , Y HERRAMIENTA MANUAL, COMO PALAS, CUCHARAS, LLANAS METALICAS Y GUANTES DE HULE.

LA PRUEBA SE REALIZA DE LA MANERA SIGUIENTE: EL MOLDE SE COLOCA SOBRE UNA SUPERFICIE LISA, CON LA ABERTURA MAS PEQUEÑA HACIA ARRIBA, Y SE LLENA EN CONCRETO EN TRES CAPAS. CADA UNA DE LAS CAPAS SE APISONA 25 veces CON LA VARILLA DE ACERO DESCRITA, Y LA SUPERFICIE SE VA NIVELANDO POR MEDIO DE MOVIMIENTOS LATERALES Y EN REDONDO DE LA VARILLA DE APISONAMIENTO. EL MOLDE SE DEBE MANTENER FIRME MEDIANTE ABRAZADERAS O PEDALES FIJADOS EN EL MOLDE.

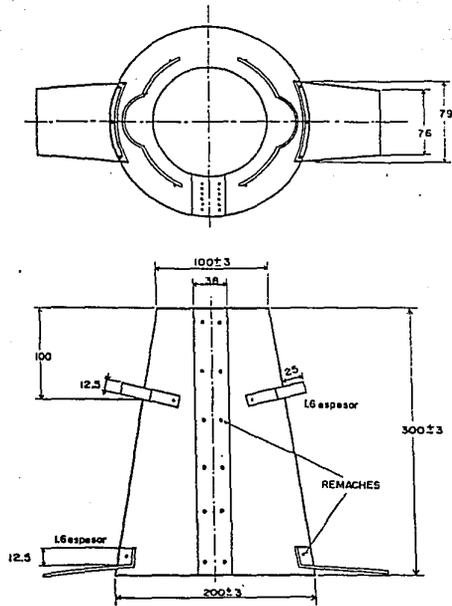
INMEDIATAMENTE DESPUES DE LLENARLO, EL CONO SE LEVANTA DESPACIO Y EL CONCRETO, QUE YA NO TIENE APOYO, SE REVIENE. LA DISMINUCION DE ALTURA DEL CENTRO DEL CONCRETO REVENIDO SE LLAMA REVENIMIENTO Y SE MIDE CON LOS 5 mm MAS CERCANOS. PARA REDUCIR LA INFLUENCIA DE LAS VARIACIONES DE FRICCION SUPERFICIAL EN EL REVENIMIENTO, AL INICIAR TODAS LAS PRUEBAS SE DEBE HUMEDECER LA PARTE INTERNA DEL CONO Y LA SUPERFICIE DE LA BASE; ANTES DE LEVANTAR EL MOLDE SE DEBE LIMPIAR EL AREA QUE LO RODEA DE CUALQUIER ESCURRIMIENTO DE CONCRETO QUE HAYA PODIDIO CAER DURANTE LA OPERACION.

SI EN LUGAR DE REVENIRSE UNIFORME Y EN FORMA REDONDA, COMO DEBE SER FIG. (4.2), LA MITAD DEL CONO SE DESLIZA EN UN PLANO INCLINADO. SE DICE QUE EL REVENIMIENTO ES DE CORTANTE Y SE DEBE REPETIR LA PRUEBA. SI PERSISTE EL REVENIMIENTO DE CORTANTE, COMO SUELE SUCEDER CON LAS MEZCLAS ASPERAS, ES UN INDICIO DE FALTA DE COHESION.

GENERALMENTE SE RECOMIENDA UN REVENIMIENTO PARA EL CONCRETO DE LAS LOSAS DE UN **MAXIMO 7 cm** Y **MINIMO 5 cm**, PARA PROPORCIONAR UNA ADECUADA TRABAJABILIDAD EN LAS MAQUINAS EXTENDEDORAS DE CONCRETO.



REVENIMIENTO: NORMAL, DE CORTANTE Y DE COLAPSO



EQUIPO PARA LA OBTENCION DE REVENIMIENTO

IV.3.4.- REACCION ALCALI-AGREGADO

ESTA REACCION ES ESPECIALMENTE NOCIVA PARA EL AGREGADO PETREO Y EL CEMENTO DEL CONCRETO, PERO CUIDANDO BIEN LOS AGREGADOS Y EL MANEJO DE LAS MEZCLAS NO REPRESENTARA NINGUN PROBLEMA. LA REACCION SE DA ENTRE LOS COMPONENTES DE SILICE DEL AGREGADO Y LOS ALCALIS DEL CEMENTO. COMO RESULTADO DE ESTA REACCION SE FORMA UN GEL DE ALCALI-SILICATO Y LOS BORDES DEL AGREGADO PETREO SE ALTERAN. EL GEL ES DE LOS LLAMADOS DE " EXPANSION ILIMITADA " : ABSORBE EL AGUA, CON LA TENDENCIA A AUMENTAR DE VOLUMEN. LA CONSECUENCIA DE LO ANTERIOR ES QUE LA PASTA DE CEMENTO CIRCUNDANTE CONFINA A EL GEL Y SE PRESENTAN PRESIONES INTERNAS QUE CAUSARAN EXPANSION, AGRIETAMIENTO Y RUPTURA DE LA PASTA DE CEMENTO. POR ESTA RAZON SE CREE QUE LO MAS PERJUDICIAL PARA EL CONCRETO ES LA EXPANSION DE LAS PARTICULAS DEL AGREGADO CON EL CONSECUENTE AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO Y LOS PROBLEMAS QUE YA SE CONOCEN EN LAS LOSAS DE CONCRETO

ES POSIBLE PREDECIR QUE CON DETERMINADOS MATERIALES SE PRODUCIRA UNA REACCION ALCALI-AGREGADO, POR LO GENERAL NO SE PUEDEN ESTIMAR LOS EFECTOS NOCIVOS SABRIENDO UNICAMENTE LAS CANTIDADES DE LOS MATERIALES REACTIVOS.

LA REACCION SE ACELERA MAS RAPIDAMENTE CUANDO SE PRESENTA HUMEDAD Y SECADO ALTERNOS. LAS TEMPERATURAS MAS ALTAS TAMBIEN ACELERAN LA REACCION, POR LO MENOS DENTRO DEL RANGO DE 10 a 38 C. DE HECHO LA REACCION ALCALI-AGREGADO DEPENDE DE DIVERSOS FACTORES FISICOS Y QUIMICOS QUE HACEN MUY COMPLEJA A DICHA REACCION.

ES NECESARIO QUE EN LOS LABORATORIOS DONDE SE HAGAN LAS PRUEBAS AL CONCRETO Y A SUS AGREGADOS SE DETERMINE SI OCURRIRA ESTA REACCION PARA QUE EN LA MEDIDA DE LO POSIBLE SE BUSQUE CAMBIAR ALGUN AGREGADO O EL TIPO DE CEMENTO, SI ESTO LOGRA QUE SE NULIFIQUE O SEA CASI NULA LA REACCION.

V

PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

V.1.- PANORAMA GENERAL

LA CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS RIGIDOS ESTA MARCADA POR EL USO DE UN GRAN NUMERO DE MAQUINAS DE DISEÑO ESPECIAL. UNA VEZ INICIADAS LAS OPERACIONES DE PAVIMENTACION, SE SIGUEN LOS DIFERENTES PASOS DEL PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION, ES UNA SERIE DE CONTINUA DE OPERACIONES SEPARADAS QUE SE PLANEAN CON ANTICIPACION Y SE COORDINAN CON LA MAYOR EXACTITUD POSIBLE EN LA OBRA. LOS METODOS PRECISOS Y LAS MAQUINAS UTILIZADAS PARA EL PROCESO CONSTRUCTIVO VARIAN UN POCO DE ACUERDO CON LAS CONDICIONES PARTICULARES DE CADA PROYECTO. PARA EJEMPLIFICAR MEJOR UN PROCESO CONSTRUCTIVO, SE MUESTRA UNA SECUENCIA TIPICA PARA LA CONSTRUCCION DE UN PAVIMENTO RIGIDO.

- 1.- PREPARACION Y ACABADO DE LA SUBRASANTE.
- 2.- PREPARACION Y ACABADO DE LA SUB-BASE.
- 3.- COLOCACION DE CIMBRAS (DONDE SE UTILICEN).
- 4.- COLOCACION DEL ACERO DE REFUERZO
- 5.- EXTENDIDO Y ACABADO DEL CONCRETO HIDRAULICO.
- 6.- PAVIMENTACION CON CIMBRAS DESLIZANTES.
- 7.- CURADO.
- 8.- SELLADO DE JUNTAS

V.2.- PREPARACION Y ACABADO DE LA SUBRASANTE

LA PREPARACION DE LA SUBRASANTE SOBRE LA CUAL DESCANSA LA CAPA DE SUB-BASE, ES UN PASO MUY IMPORTANTE EN EL PROCESO DE CONSTRUCCION TOTAL DEL PAVIMENTO RIGIDO. ES INDISPENSABLE QUE SE PROPORCIONEN UNA SUBRASANTE DE APOYO UNIFORME PARA LA SUB-BASE Y QUE DURE A LO LARGO DE SU VIDA UTIL. RECORDANDO QUE, DE LOS PROBLEMAS QUE SE PUEDEN PRESENTAR EN LA SUBRASANTE LOS MAS EVIDENTES PUEDEN SER: LA INADECUADA RESISTENCIA AL CORTANTE Y QUE OCASIONARIA NIVELES DE ESFUERZO MAYORES EN LAS TERRACERIAS, SUELOS CON ELEVADOS CAMBIOS DE VOLUMEN, SUELOS ORGANICOS, SUELOS ALCALINOS, SUELOS QUE TIENEN DIFICULTADES PARA SU DRENAJE, ETC. ES INDISPENSABLE QUE ESTOS PROBLEMAS SE RESUELVAN ANTES DE COLOCAR LA CAPA DE SUB-BASE, SI ES NECESARIA.

EN GENERAL, EL ACABADO DE ESTA CAPA SE LOGRA UTILIZANDO MOTOCONFORMADORA PARA FORMAR LA CAPA, CON EL CORTE TRANSVERSAL, ELEVACION Y LINEA DESEADOS. EL SIGUIENTE PASO PARA LA NIVELACION DE LA SUBRASANTE ES LA DE DARLE LA FORMA FINAL A LA MISMA SEGUN LAS DIMENSIONES EXACTAS PREVIAMENTE ESTABLECIDAS EN LOS PLANOS Y ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION.

V.3.- PREPARACION Y ACABADO DE LA SUB-BASE

EL TRABAJO ESENCIAL PREVIO A LA OPERACION DEL COLADO DE LAS LOSAS DE CONCRETO COMPRENDE PUNTOS TALES COMO UNA NIVELACION FINA, PEQUEÑOS AJUSTES EN LA SUPERFICIE DE LA SUB-BASE, ADICION DE HUMEDAD, RECOMPACTADO DE CUALQUIER MATERIAL REVUELTO, ASI COMO LA PREPARACION DE LA SUPERFICIE ACABADA FINAL AJUSTADA A LA PENDIENTE Y SECCION TRANSVERSAL PROPUESTA EN EL DISEÑO.

LAS SUB-BASES DE ESTABILIDAD ADECUADA SON UTILES PARA LA UNIFORMIDAD DEL PAVIMENTO. CUANDO SE EMPLEAN METODOS DE CIMBRAS DESLIZANTES, SE RECOMIENDA HACER LA SUB-BASE CON UN ANCHO MINIMO DE 60 cm DE MAS EN CADA LADO DEL ANCHO DE LOS CARRILES DE TRANSITO, PARA PODER ACOMODAR LAS VIAS DE LAS CIMBRAS DESLIZANTES.

NIVELACION FINA

CUANDO VAYAN A COLOCARSE CIMBRAS EN LA PAVIMENTACION, POR LO GENERAL SE LLEVA A CABO LA NIVELACION CON EQUIPO QUE CORRE SOBRE LAS CIMBRAS DESPUES DE QUE ESTAS HAN SIDO ALINEADAS APROPIADAMENTE Y FIJADAS A NIVEL. LAS AREAS ELEVADAS SE RECORTAN AL NIVEL APROPIADO. LAS AREAS BAJAS DEBEN RELLENARSE Y COMPACTARSE DE ACUERDO CON LOS REQUISITOS ESPECIFICADOS DE COMPACTACION DE SUB-BASES MENCIONADOS ANTERIORMENTE. CUANDO SE CONTROLA EL EQUIPO MEDIANTE UN SISTEMA AUTOMATICO DE DIRECCION, QUE OPERA DESDE UN LINEA GUIA ALAMBRE, EL EQUIPO DE NIVELACION PUEDE CORRER DIRECTAMENTE SOBRE LA SUPERFICIE NO ACABADA. LA NIVELACION FINA DE LAS SUB-BASES TRATADAS CON CEMENTO DEBE TERMINARSE ANTES DE QUE EL MATERIAL SE ENDUREZCA, LO QUE LLEVA ALREDEDOR DE 4 A 6 HORAS.

ANTES DE COLAR EL CONCRETO, EL MATERIAL DE LA SUB-BASE DEBE REVISARSE EN CUANTO A UNIFORMIDAD CON LA DENSIDAD Y SECCION TRANSVERSAL ESPECIFICADAS. LA SECCION TRANSVERSAL PUEDE VERIFICARSE MEDIANTE UNA PLANTILLA APROPIADA QUE CORRA SOBRE LAS CIMBRAS, O MEDIANTE UNA CUERDA DE NIVEL, CUANDO NO SE REQUIERA CIMBRAS. A NO SER QUE SE ESPECIFIQUE EL EMPLEO DE PAPEL IMPERMEABLE U OTRO TIPO DE BARRERA DE VAPOR, EL MATERIAL DE SUB-BASE DEBE EMPAPARSE DURANTE BASTANTE TIEMPO ANTES DE COLAR EL CONCRETO, ASI SE ASEGURA QUE EL MATERIAL ESTE EN CONDICION HUMEDA EN EL MOMENTO DE COLAR EL CONCRETO Y QUE NO ABSORBA EL AGUA DE LA MEZCLA DEL CONCRETO. EL MATERIAL DE SUB-BASE NO DEBE TENER MATERIAS EXTRAÑAS, DESPERDICIO DE CONCRETO O DE BASURA.

CUANDO SE SEÑALE EL EMPLEO DE PAPEL PARA LA SUB-BASE Y HOJAS DE POLIETILENO, ESTAS DEBEN COLOCARSE SOBRE LA PLANTILLA DE LA SUB-BASE ACABADA. LAS TIRAS ADYACENTES DEBEN TRASLAPARSE NO MENOS DE 10 cm, Y LOS EXTREMOS NO MENOS DE 30 cm. EL PAPEL O LAS HOJAS DE POLIETILENO DEBEN COLOCARSE CUIDADOSAMENTE PARA EVITAR RUPTURAS.

RECOMENDACIONES PARA COMPACTAR LA SUB-BASE

EN LA COMPACTACION DE SUB-BASES ES COMUNMENTE USADO EL RODILLO LISO METALICO DE TRES RUEDAS Y LOS COMPACTADORES DE NEUMATICOS, SE DESCRIBIRA EL USO DE LOS PRIMEROS, AUNQUE EL PROCEDIMIENTO ES PARECIDO CON LOS DE NEUMATICOS. LA FORMA EN QUE GENERALMENTE SE PROCEDE PARA LA COMPACTACION DE LA SUB-BASE ES LA SIGUIENTE: LA MOTOCONFORMADORA DEJA EL MATERIAL TENDIDO CON LA HUMEDAD ADECUADA (TENDIDO DEL MATERIAL) DESPUES DE SUS OPERACIONES DE MEZCLADO TANTO EN SECO COMO EN HUMEDO CON EL NUMERO NECESARIO DE VOLTEADAS AL MATERIAL. SOBRE LA CAPA DE MATERIAL TENDIDO SE PROCEDE A DAR UNA PASADA A TODO LO ANCHO DE LA SUPERFICIE HACIENDOLO DE LAS ORILLAS HACIA EL CENTRO Y DESPLAZANDO EL RODILLO EL ANCHO TOTAL DE ELLA, PROCURANDO IR BORRANDO LA HUELLA DE LA ANTERIOR PASADA.

LAS OPERACIONES ANTERIORES SE HACEN A BAJA VELOCIDAD PARA IR APRETANDO EL MATERIAL LENTAMENTE, PUES EN MUCHAS OCASIONES SE DESPLAZA EL MATERIAL POR ESTAR FLOJO. ESTA PASADA GENERALMENTE ES LLAMADA *A TODA MAQUINA*.

LAS SIGUIENTES PASADAS SE ACOSTUMBRAN DARLAS EN LA MISMA FORMA, DE LAS ORILLAS AL CENTRO, DESPLAZANDO LA MAQUINA UN ANCHO IGUAL A LA MITAD DEL ANCHO DEL RODILLO, ES DECIR, TRASLAPANDO LA PASADA ANTERIOR. SE ACOSTUMBRA LLAMAR A ESTA OPERACION *PASADAS A MEDIA MAQUINA*, Y SEGUN SEA EL CASO Y EL ESTADO DEL SUELO NO SIEMPRE SE AFECTUA.

EN LAS DOS OPERACIONES ANTERIORES ES NECESARIO MANTENER LA HUMEDAD SUPERFICIAL E IMPEDIR QUE SE EVAPORE EL AGUA DE LA CAPA POR COMPACTAR; SE DAN RIEGOS SUPERFICIALES DE AGUA. PARA ESTO SE UTILIZAN PIPAS QUE TIENEN QUE IR A UNA VELOCIDAD TAL QUE NO SE ENCHARQUE EL AGUA EN LA SUPERFICIE, Y LA MANGUERA SE TIENE QUE MOVER DE UN LADO A OTRO DE LA SUPERFICIE PARA DISTRIBUIR UNIFORMEMENTE EL AGUA.

CUANDO SE TIENE MAS AGUA DE LA NECESARIA, ES CONVENIENTE ESPERARSE A QUE SE EVAPORE UN POCO, PUES SI LOS COMPACTADORES ENTRAN AL TRAMO EN ESAS CONDICIONES, PARTE DEL MATERIAL SE PEGA EN LOS RODILLOS Y SE PUEDE DEJAR LA SUPERFICIE MUY IRREGULAR.

UNA VEZ QUE ESTAS OPERACIONES SE TERMINAN, ES NECESARIO REVISAR LOS NIVELES Y LA PENDIENTE TRANSVERSAL, POR POSIBLES DEFECTOS DEL TENDIDO CON LA MOTOCONFORMADORA.

LA SIGUIENTE OPERACION, ES LA DE PASAR LAS MAQUINAS EN LA MISMA FORMA DESCRITA, DE LAS ORILLAS AL CENTRO, DESPLAZANDO LA MAQUINA EL ANCHO DE LA RUEDA TRASERA DEL RODILLO, PROCURANDO QUE EL OPERADOR BORRE LA ANTERIOR PASADA. SE LLAMA GENERALMENTE A ESTA OPERACION PASADAS *A UNA RUEDA*. A PARTIR DE ESTA OPERACION YA NO ES CONVENIENTE HACER NINGUN ARREGLO A LA SUB-BASE CON LA MOTOCONFORMADORA, YA QUE CUALQUIER ESCARIFICACION O REMOCION QUE SE HAGA A LA CAPA, QUEDARA SEMI-SUELTA Y NO SE ANCLARA BIEN CON LAS LOSAS DE CONCRETO, PROVOCANDO VACIOS ENTRE ESTAS Y LOS EFECTOS NEGATIVOS DESCRITOS CON ANTERIORIDAD.

LAS PASADAS SUBSECUENTES SE EFECTUAN DE LA MISMA MANERA, NADA MAS QUE EN VEZ DE DESPLAZAR LA MAQUINA EL ANCHO TOTAL DE LA RUEDA TRASERA SE DESPLAZA LA MITAD DE LA MISMA. A ESTA OPERACION SE LE LLAMA COMUNMENTE PASADAS *A MEDIA RUEDA*, Y SE DAN EL NUMERO NECESARIO HASTA ALCANZAR LA COMPACTACION REQUERIDA.

GENERALMENTE CASI TODOS LOS MATERIALES PUEDEN COMPACTARSE *A MEDIA RUEDA* CON UN NUMERO DE PASADAS QUE VARIAN ENTRE 2 y 5.

SE HACE INCAPIE EN QUE ESTAS SON RECOMENDACIONES QUE PUEDEN VARIAR SEGUN SEAN LAS CONDICIONES DEL CAMPO Y DE LA EXPERIENCIA PROPIA QUE SE TENGA AL RESPECTO

PRESION DE CONTACTO DE LAS APLANADORAS NEUMATICAS APROPIADAS PARA LA COMPACTACION DE DIFERENTES TIPOS DE SUELOS

CLASE DE SUELO	PRESION DE CONTACTO EN kg/cm^2 Y EN lbs/plg.^2
ARENAS LIMPIAS Y ARENAS CON GRAVILLA	DE 1.4 A 2.8 kg/cm^2 (20 a 40 lbs/plg.^2) DE PRESION EN LOS NEUMATICOS
ARENAS SUELTAS CENOGOSAS Y ARCILLAS	DE 1.4 A 4.55 kg/cm^2 (40 a 65 lbs/plg.^2) DE PRESION EN LOS NEUMATICOS
SUELOS ARCILLOSOS Y MUY GRAVILLOSOS	4.65 kg/cm^2 (65 lbs/plg.^2) DE PRESION EN LOS NEUMATICOS.

V.4.- COLOCACION DE CIMBRAS

DENTRO DE LA CONSTRUCCION DE LAS LOSAS DE CONCRETO, EL CIMBRADO REPRESENTA UNA PARTE MUY IMPORTANTE DE LA MISMA. A CONTINUACION SE DARAN UNA SERIE DE RECOMENDACIONES EN CUANTO A SUS CARACTERISTICAS Y AL MODO DE SU IMPLEMENTACION.

CIMBRAS ESTACIONARIAS

MATERIALES Y DIMENSIONES: DEBEN UTILIZARSE CIMBRAS CAPACES DE SOPORTAR LAS CARGAS IMPUESTAS POR EL EQUIPO DE CONSTRUCCION. LA PRUEBA PARA EVALUAR LA CAPACIDAD DE CARGA DE CIMBRAS METALICAS RECTAS EXIGE QUE LAS CIMBRAS NO TENGAN UNA DEFLEXION MAYOR DE 6.4 mm, CUANDO SE LA PRUEBA COMO VIGA SENCILLA CON CLARO DE 3m Y CARA IGUAL A LA DE LA MAQUINA DE ACABADO U OTRO EQUIPO DE CONSTRUCCION QUE OPERA SOBRE ELLAS. LOS DOS ESPESORES DE CIMBRA DE USO GENERAL, SON 6.4 y 8 mm. CUANDO LAS CIMBRAS VAN A SOPORTAR EQUIPO PESADO DE PAVIMENTACION, DEBEN TENER UN ESPESOR NO MENOR DE 8 mm. SE RECOMIENDA QUE LAS CIMBRAS TENGAN UNA PROFUNDIDAD IGUAL AL GROSOR ESPECIFICADO DEL CONCRETO Y UN ANCHO DE BASE IGUAL A 0.75 DE LA PROFUNDIDAD, PERO NO MENOR DE 20 cm. LAS CIMBRAS DEBEN ESTAR PROVISTAS DE DISPOSITIVOS ADECUADOS DE FIJACION PARA QUE, CUANDO ESTEN EN SU SITIO, PUEDAN SOPORTAR SIN FLEXION O ASENTAMIENTO VISIBLE EL IMPACTO Y LA VIBRACION DE LOS EQUIPOS DE COMPACTACION Y DE ACABADO. LOS PUNTALES DE PESTAÑA DEBEN EXTENDERSE HACIA AFUERA SOBRE LA SUB-BASE, NO MENOS DE DOS TERCIOS DE LA ALTURA DE LA CIMBRA. EL EMPLEO DE CIMBRA ENSAMBLADA, HECHA DE TAMAÑOS MENORES, NO ES ADECUADA EN PROYECTOS EN LOS QUE EL AREA TOTAL DE LAS LOSAS DE CONCRETO SEA MAYOR DE 1670 m². AL VERIFICAR SU ALINEAMIENTO, LA VARIACION DE LA CIMBRA NO DEBE SER MAYOR DE 3.2 mm EN 3.05 m, EN LA SUPERFICIE PLANA EN LA PARTE SUPERIOR Y NO MAYOR DE 6.4 mm EN 3.05 m, A LO LARGO DE LA CARA DE LA CIMBRA. LA CIMBRAS DEBEN TENER MEDIOS PARA FIJAR FIRMEMENTE LOS EXTREMOS LINDANTES DE LAS SECCIONES DE CIMBRA. SE RECOMIENDA EL EMPLEO DE CIMBRAS FLEXIBLES O CURVAS CUANDO SE TENGA UNA CURVA CON UN RADIO DE 30.5 m O MENOS.

FIJACION DE LAS CIMBRAS: ES INDISPENSABLE QUE LA CIMENTACION DEBAJO DE LAS CIMBRAS ESTE COMPACTADA Y CORTADA A NIVEL, PARA QUE AL FIJAR LAS CIMBRAS ESTAS QUEDEN APOYADAS DE MANERA UNIFORME Y A LA ALTURA APROPIADA; ES PREFERIBLE ESTABLECER EL NIVEL MEDIANTE CORTES.

LAS CIMBRAS DEBEN FIJARSE A SUFICIENTE DISTANCIA DELANTE DEL SITIO EN QUE SE ESTA COLANDO EL CONCRETO, PARA PERMITIR EL AVANCE Y LA INSPECCION DEL TRABAJO. DESPUES DE QUE LAS CIMBRAS SE HAN COLOCADO AL NIVEL CORRECTO, LA SUB-BASE DEBE COMPACTARSE POR COMPLETO, MANUAL O MECANICAMENTE EN AMBOS BORDES, INTERIOR Y EXTERIOR, DE LA BASE DE LAS CIMBRAS. LAS CIMBRAS DEBEN FIJARSE MEDIANTE ESTACAS, CON NO MENOS DE TRES POR CADA SECCION DE 3.05 m. LAS SECCIONES DE CIMBRA DEBEN AJUSTARSE FIRMEMENTE, LIBRES DE

MOVIMIENTO EN CUALQUIER DIRECCION. EN NINGUN PUNTO DEBEN DESVIARSE LAS CIMBRAS DE LA LINEA RECTA, POR MAS DE 6.4 mm. ANTES DE COLAR EL CONCRETO, LAS CIMBRAS DEBEN LIMPIARSE Y ACEITARSE.

RETIRO DE LAS CIMBRAS: LAS CIMBRAS DEBEN DEJARSE EN SU SITIO AL MENOS DURANTE 8 horas DESPUES DEL COLADO DEL CONCRETO. EL CURADO DE LOS BORDES EXPUESTOS DEL PAVIMENTO DE CONCRETO DEBE INICIARSE INMEDIATAMENTE DESPUES DE RETIRAR LAS CIMBRAS.

ESTABLECIMIENTO DE LA SUPERFICIE DE LA SUB-BASE: LA SUPERFICIE DE LA MISMA DEBE LLEVARSE AL PERFIL LONGITUDINAL APROPIADO. SI LA DENSIDAD DE LA SUB-BASE SE ALTERA POR LAS OPERACIONES DE NIVELACION, DEBE CORREGIRSE POR COMPACTACION ADICIONAL, ANTES DE COLAR EL CONCRETO. LA SUPERFICIE DE LA SUB-BASE DEBE CONSTRUIRSE CON SUFICIENTE ANTICIPACION AL COLADO DEL CONCRETO PARA QUE LAS DOS OPERACIONES NO SE OBSTACULICEN. CUANDO SE PERMITE EL PASO DE TRANSITO SOBRE LA SUPERFICIE PREPARADA, ESTA DEBE REVISARSE Y CORREGIRSE INMEDIATAMENTE ANTES DEL COLADO DEL CONCRETO.

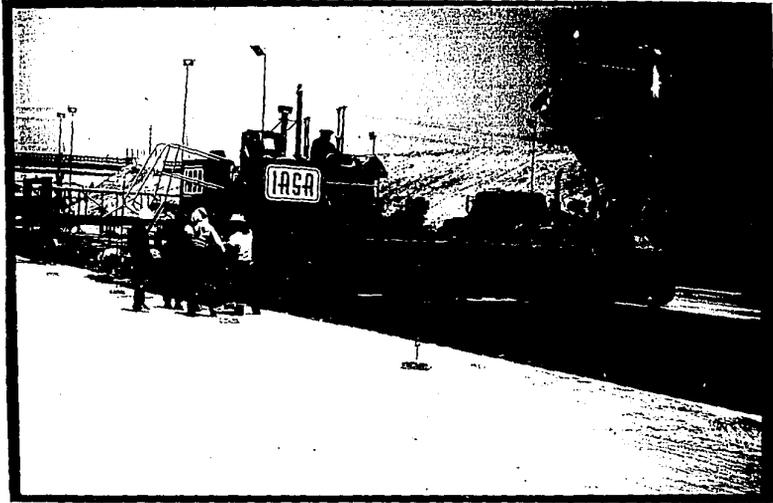
V.5.- COLOCACION DEL ACERO DE REFUERZO

CUANDO SE EMPLEA ACERO DE REFUERZO PARA LOSAS DE CONCRETO, EL REFUERZO DEBE CONSISTIR, COMO YA SE MENCIONO, DE MALLA DE ALAMBRE SOLDADA O EMPARRILLADOS DE VARILLAS, DE ACUERDO CON LAS ESPECIFICACIONES DE LA ASTM MENCIONADAS. EL ANCHO DE LA TELA DE ALAMBRE O DE LOS EMPARRILLADOS DE VARILLAS DEBE SER TAL, QUE AL COLOCARLOS EN LA OBRA LOS ELEMENTOS LONGITUDINALES EXTREMOS DE LA TELA O EL EMPARRILLADO QUEDEN SITUADOS A NO MENOS DE 5 cm NI A MAS DE 15 cm DE LOS BORDES DE LA LOSA. EL ACERO DE REFUERZO DEBE LIBRAR TODAS LAS JUNTAS TRANSVERSALES DE CONTRACCION POR NO MENOS DE 15 cm, MEDIDOS DESDE EL CENTRO DE LA JUNTA HASTA LOS EXTREMOS DE LOS ELEMENTOS LONGITUDINALES DEL EMPARRILLADO.

SI EN LOS PLANOS SE MUESTRAN ENSAMBLES DE VARILLAS DE ACERO DE REFUERZO, ESTAS DEBEN ESTAR SUJETAS CON FIRMEZA A TODAS LAS INTERSECCIONES. LOS EXTREMOS ADYACENTES DEBEN TRASLAPARSE NO MENOS DE 30 diámetros.

CUANDO SE FABRICAN EMPARRILLADOS CON VARILLAS SOLDADAS EN TODAS LAS INTERSECCIONES, LOS TRASLAPES PARA VARILLAS LONGITUDINALES DEBEN SER DE 30 diámetros COMO MINIMO. CUANDO EL PATRON DEL EMPARRILLADO ES TAL QUE LAS VARILLAS LONGITUDINALES DEL BORDE, O LAS VARILLAS TRANSVERSALES FINALES DE LOS EMPARRILLADOS SE TRASLAPEN, ESTE DEBE HACERSE DE MANERA QUE CADA VARILLA SE TRASLAPE 5 cm COMO MINIMO, PARA QUE EL CONCRETO PUEDA COMPACTARSE.

ES NECESARIO QUE CUANDO EL CONCRETO REFORZADO SE VACIA EN DOS COLADOS LA CAPA INICIAL DEBA TERMINARSE DE MANERA UNIFORME A NO MENOS DE 5 cm POR DEBAJO DE LA SUPERFICIE TERMINADA, NI A MAS DEL ESPESOR MEDIO DE LA LOSA POR DEBAJO DE LA SUPERFICIE DISEÑADA PARA LAS LOSAS, Y EL ACERO DE REFUERZO DEBE COLOCARSE SOBRE ESOS 5 cm. EL CONCRETO DEBE TERMINARSE A TODO EL ANCHO DEL COLADO Y A UN LARGO SUFICIENTE PARA PERMITIR COLOCAR LA TELA METALICA, O EL EMPARRILLADO DE ACERO DE REFUERZO, A TODO LO LARGO DEL CONCRETO EN SU POSICION FINAL, SIN MANIPULACION ADICIONAL DEL ACERO DE REFUERZO. LAS MALLAS DE ALAMBRE ADYACENTES DEBEN AMARRARSE PARA EVITAR QUE SURJAN ABERTURAS. EL RESTO DEL CONCRETO REQUERIDO DEBE COLOCARSE SOBRE EL ACERO DE REFUERZO. LA PRIMERA CAPA DEL CONCRETO NO DEBE QUEDAR EXPUESTA, PARTICULARMENTE EN CLIMA CALIDO Y CON VIENTO, DURANTE PERIODOS LARGOS. ES RECOMENDABLE QUE 30 min. SEA UN MAXIMO RAZONABLE. DEBE REVISARSE LA POSICION DEL ACERO DE REFUERZO DURANTE LAS OPERACIONES DE COLADO, Y CORREGIRSE SI ES NECESARIO ANTES DE SU COLOCACION FINAL.



COLOCADORA DE MALLAS DE ACERO DE REFUERZO EN LAS LOSAS DE CONCRETO

V.6.- EXTENDIDO Y ACABADO DEL CONCRETO HIDRAULICO

COLADO

EQUIPO: EL EQUIPO DE COLADO DEBE SER CAPAZ DE TRANSPORTAR EL CONCRETO MEZCLADO DESDE LA MEZCLADORA O EL EQUIPO DE ACARREO HASTA EL LUGAR MAS CERCANO A SU POSICION FINAL, SOBRE LA SUB-BASE, CON UNA SEGREGACION MINIMA Y SIN CAUSAR DAÑO A ESTA CAPA. EN LAS OBRAS GRANDES ES RECOMENDABLE USAR EXTENDEDORAS DE GUSANO, DE BANDA O DE TOLVA. ESTOS OPERAN POR LO GENERAL DESDE EL ACOTAMIENTO Y LLEVAN EL CONCRETO A TODO LO ANCHO DEL FIRME DE LA SUB-BASE. CUANDO SE EMPLEAN CAMIONES MEZCLADORES QUE SOLO CUENTAN CON CANALONES PARA DEPOSITAR EL CONCRETO SOBRE EL FIRME, ES RECOMENDABLE PAVIMENTAR DE CARRIL EN CARRIL.

PAVIMENTADORAS QUE TRABAJAN COMO CIMBRA DESLIZANTE (CONCRETO DESLIZADO).

CUANDO SE CONSTRUYEN PAVIMENTOS SIMPLES SIN BARRAS DE ANLAJE O ACERO DISTRIBUIDO LA MAYORIA DE LAS VECES SIMPLEMENTE SE DESCARGA EL CONCRETO DEL CAMION DE VOLTEO COMUN, SOBRE LA SUB-BASE Y FRENTE A LA PAVIMENTADORA DESLIZANTE, (SI SE PREVEE EL USO DE ACERO SE EXPLICA BREVEMENTE EN LA SIGUIENTE PAGINA EL METODO DE COLADO DEL CONCRETO A SEGUIR). OTRAS OCASIONES SE OPTA POR UTILIZAR DOS PAVIMENTADORAS, LA PRIMERA DE LAS CUALES SOLO ES ESPARCIDORA, DA FORMA Y NIVELA EL CONCRETO PERO NO LE DA LA COMPACTACION FINAL O ACABADO. A ESTA SIGUE UNA PAVIMENTADORA CONVENCIONAL DESLIZANTE QUE COMPACTA Y DA ACABADO AL CONCRETO, SIN PROPORCIONAR TEXTURA ANTIDERRAPANTE. ACTUALMENTE SE ESTAN USANDO FRECUENTEMENTE EN LA CONSTRUCCION DE TRAMOS CARRETEROS DE LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO MAQUINAS LLAMADAS " FINISHERS ", QUE REUNEN TODAS LAS CARACTERISTICAS MENCIONADAS ARRIBA, EN UNA SOLA MAQUINA FIG. (5.2) GENERALMENTE LAS PAVIMENTADORAS DESLIZANTES PUEDEN PAVIMENTAR ANCHOS DE 4 m HASTA 15 m. DE UNA SOLA VEZ. LAS PAVIMENTADORAS DESLIZANTES PUEDEN COLAR ESPESORES DE 10 HASTA 60 cm.

EL PUNTO IMPORTANTE DE LA PAVIMENTACION DESLIZANTE ES EL VIBRADO INTERNO. UNA SERIE DE CABEZAS VIBRADORAS SE COLOCAN TRANSVERSALMENTE A LA PAVIMENTADORA DESLIZANTE PARA ACTUAR SOBRE EL CONCRETO JUSTAMENTE DEBAJO DE LA PLACA DE NIVELADO. ESTAS CABEZAS VIBRADORAS TIENEN DESDE 0.3 HASTA 0.6 m DE DISTANCIA ENTRE SI Y ES COMUN QUE FUNCIONEN A VELOCIDADES ENTRE 8000 y 12000rpm.

CUANDO SE EMPLEAN PAVIMENTADORAS QUE SOLAMENTE TIENDEN EL CONCRETO Y NO DAN ACABADO A LAS LOSAS, SE EMPLEA, PARA CERRAR LA SUPERFICIE DEL CONCRETO, UNA REGLA TUBULAR EN LA PARTE POSTERIOR DE LAS PAVIMENTADORAS DESLIZANTES. SE TRATA DE UN TUBO DE ALUMINIO, SIN ROTACION, CASI SIEMPRE DE UNOS 20 cm DE DIAMETRO SUSPENDIDO A DETERMINADO ANGULO EN RELACION CON EL PAVIMENTO, FIG. (5.4).

CUANDO SE INDIQUEN JUNTAS MACHIHEMBRADAS A LO LARGO DEL BORDE DE LA JUNTA DE CONSTRUCCION LONGITUDINAL, ESTAS GENERALMENTE SE FORMAN POR MEDIO DE MOLDES ESPECIALES FIJADOS EN LA PAVIMENTADORA DESLIZANTE. ESTOS MOLDES PUEDEN EXTRUIR EL DENTADO MACHO O FORMAR LA RANURA HEMBRA EN EL BORDE DE LA LOSA. EN EL ULTIMO CASO, UN MOLDE DE METAL QUE DA FORMA A LA RANURA SE INSERTA EN EL BORDE DE LA PAVIMENTADORA DESLIZANTE. ESTA DELGADA PIEZA DE METAL AYUDA A SOSTENER EL BORDE DE LA LOSA.

SI SE ESPECIFICAN VARILLAS CORRUGADAS DE AMARRE A TRAVES DE LAS JUNTAS DE CONSTRUCCION LONGITUDINAL, ESTAS SE INSERTAN A TRAVES DE AGUJEROS PERFORADOS EN EL MOLDE DE METAL QUE FORMA LAS RANURAS. SE INSTALA UNA VARILLA CORRUGADA DE AMARRE DOBLADA PARA PERMITIR LA COLOCACION DEL ACERO DE LA SUB-BASE ADYACENTE, DESPUES DE LO CUAL LA VARILLA DE AMARRE SE ENDEREZA Y QUEDA AHOGADA AL COLAR EL CARRIL SIGUIENTE.

CONSTRUCCION EN DOS COLADOS

EN CASO DE EMPLEARSE MALLA, Y SU COLOCACION ES MANUAL, SE COLOCA EL CONCRETO DEBAJO DE LA MALLA, SE PONE ESTA, SE AMARRA Y DESPUES DE EXTIENDE EL COLADO SUPERIOR. EN ALGUNAS OCASIONES SE FINALIZA EL COLADO EN SU ESPESOR TOTAL, Y DESPUES SE VIBRA LA MALLA HASTA SU POSICION FINAL.

COMPACTACION

TODA EL AREA DE LAS LOSAS DEBE COMPACTARSE DE LA MANERA MAS EFECTIVA POSIBLE. DEBE PRESTARSE ESPECIAL ATENCION A LOS BORDES, TANTO A LO LARGO DE LA LINEA CENTRAL COMO EN OTRAS JUNTAS. LA VIBRACION INTERNA GENERALMENTE ES LA MAS CONVENIENTE; LOS VIBRADORES INTERNOS SE OPERAN DESDE DENTRO DE LA MASA DE CONCRETO PARA ELIMINAR HUECOS GRANDES CONFORME LA PAVIMENTADORA AVANZA. EL VIBRADOR DEBE DETENERSE CUANDO SE DETIENE LA PAVIMENTADORA. LOS VIBRADORES MANUALES (CUANDO SE USEN) NO DEBEN EMPLEARSE PARA MOVER CONCRETO EN SENTIDO LATERAL, Y DEBE INSERTARSE Y QUITARSE VERTICALMENTE A INTERVALOS DE TIEMPO CERCANOS, ESTO ES, DEBE USARSE UN PATRON SISTEMATICO DE VIBRACION PARA ASEGURAR QUE TODO EL CONCRETO HAYA SIDO ADECUADAMENTE COMPACTADO.

PARA LOGRAR UNA COMPACTACION ADECUADA ES NECESARIO TENER ESPECIAL CUIDADO ALREDEDOR DE LAS VARILLAS DE ESPIGAS DE FIJACION Y DE LAS CANASTAS DE APOYO, EN LOS BORDES Y EN LAS ESQUINAS, O ALREDEDOR DE LOS DRENESES, ASI COMO EN SECCIONES IRREGULARES QUE TENGAN RELACION CON RAMPAS E INTERSECCIONES.

SUPERFICIES ANTIDERRAPANTES

ESTE TIPO DE SUPERFICIE SE LOGRA RANURANDO EN FORMA TRANSVERSAL LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS. LAS RANURAS FACILITAN EL DRENAJE DE AGUA FUERA DEL PAVIMENTO Y REDUCEN EL RIESGO DE HIDROPLAÑO. ESTAS RANURAS TRANSVERSALES SE PUEDEN CORTAR EN EL CONCRETO PLASTICO (CUANDO TODAVIA NO ALCANZA SU ENDURECIMIENTO DE 28 DIAS) MEDIANTE UNA ESPECIE DE PEINE EQUIPADO CON DIENTES DE ACERO.

LOS DIENTES DE ACERO NORMALMENTE TIENEN UN ANCHO DE 3.2 mm Y ESTAN ESPACIADOS A INTERVALOS DE ALREDEDOR DE 1.9 cm. LOS DIENTES TIENEN UN LARGO DE 12.5 a 15 cm. LA PROFUNDIDAD ESTABLECIDA DE LAS RANURAS PUEDE SER DE 3.2 ó de 5 mm.

SE PUEDEN APLICAR GRAN VARIEDAD DE PATRONES DE TEXTURA RESISTENTE AL DERRAPE EN LAS SUPERFICIES DE CONCRETO. EN DIFERENTES UBICACIONES DE UN MISMO PROYECTO, PUEDEN CONVENIR DIFERENTES TEXTURAS. EL TIPO DE SUPERFICIE DEBE SER COMPATIBLE CON EL MEDIO AMBIENTE, LA VELOCIDAD Y DENSIDAD DEL TRANSITO, Y LA TOPOGRAFIA Y GEOMETRIA DEL PAVIMENTO.

TAMBIEN SE PUEDE DAR UNA TEXTURA DESEADA A LAS LOSAS DE CONCRETO ARRASTRANDO YUTE FIG. (5.3), ESCOBETEANDO, CEPILLANDO CON REVES DE ALFOMBRAS, PEINES DE PLASTICO, ETC.

UNA SUPERFICIE CON RESISTENCIA SUPERIOR AL DERRAPE PUEDE SER NECESARIA PARA PROPORCIONAR SEGURIDAD ADICIONAL EN AREAS CRITICAS, COMO INTERSECCIONES CONFLICTIVAS, LUGARES DONDE SEAN FRECUENTES LAS FRENADAS O ACELERADAS. ESTA SEGURIDAD PUEDE LOGRARSE PROPORCIONANDO AL PAVIMENTO TEXTURA O RANURADO MAS PROFUNDO QUE LO NORMAL O, SI ES NECESARIO, INTRODUCIENDO EN LA SUPERFICIE DEL CONCRETO PARTICULAS DE OXIDO DE ALUMINIO, CARBURO DE SILICON Y OTRAS QUE TAMBIEN SEAN RESISTENTES AL DESGASTE.

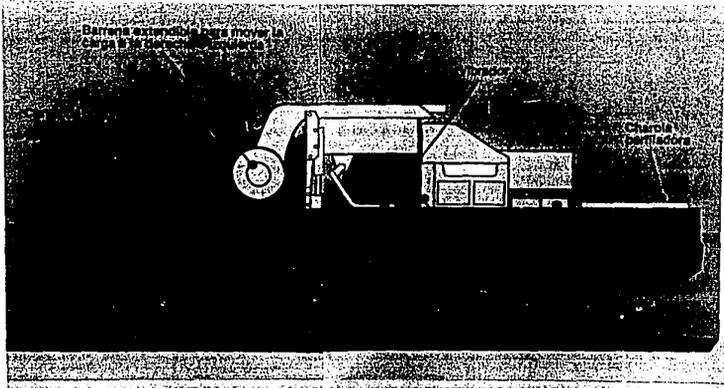


FIG. (5.2)- ESQUEMA DE UNA MAQUINA DE CONCRETO DESLIZADO (FINISHERS)

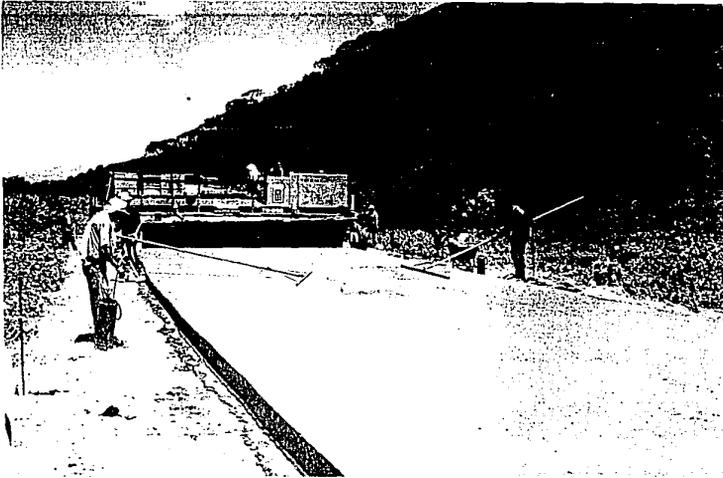


FIG. (5.3)- EN ESTA FOTOGRAFIA SE APRECIA PARTE DE LA MANTA DE YUTE QUE SE ARRASTRA SOBRE LA LOSA DE CONCRETO PARA DARLE UNA TEXTURA ANTIDERRAPANTE A LAS MISMAS.

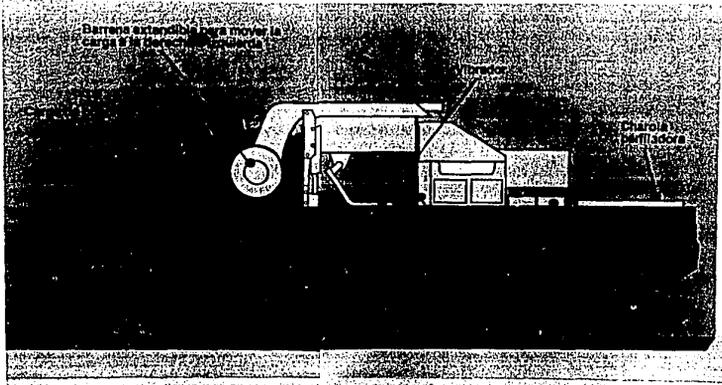


FIG. (5.2) - ESQUEMA DE UNA MAQUINA DE CONCRETO DESLIZADO (FINISHERS)

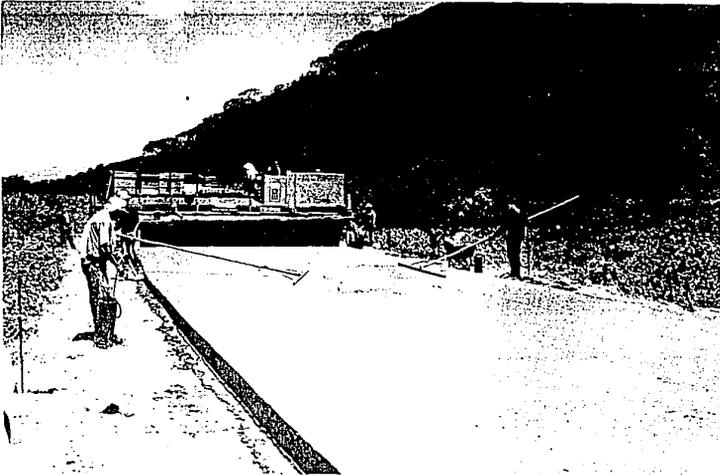


FIG. (5.3) - EN ESTA FOTOGRAFIA SE APRECIA PARTE DE LA MANTA DE YUTE QUE SE ARRASTRA SOBRE LA LOSA DE CONCRETO PARA DARLE UNA TEXTURA ANTIDERRAPANTE A LAS MISMAS.

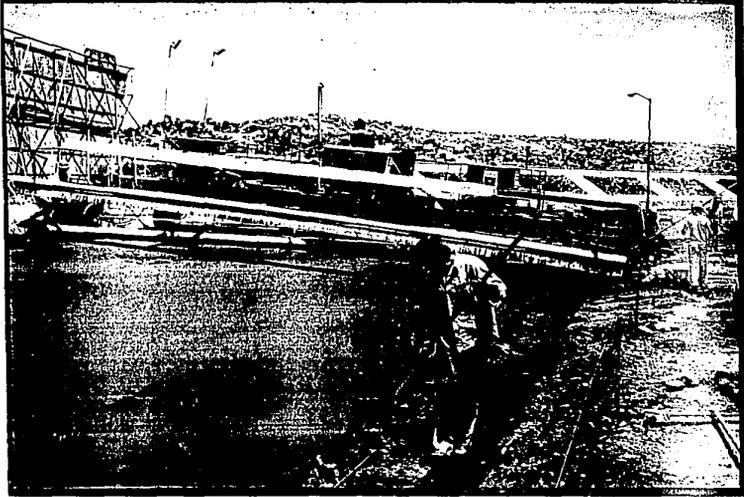


FIG. (5.4)- MAQUINA " PERFILADORA ", APRECIESE EL TUBO PARA DICHA OPERACION

V.7.- CURADO DE LAS LOSAS DE CONCRETO

PARA PODER LOGRAR UN CONCRETO DE BUENA CALIDAD, LA COLOCACION ADECUADA DE LA MEZCLA DEBERA DE IR SEGUIDA DEL CURADO, EN UN MEDIO AMBIENTE PROPICIO DURANTE LAS ETAPAS TEMPRANAS DEL FRAGUADO. SE LLAMA CURADO AL PROCEDIMIENTO QUE SE UTILIZA PARA MEJORAR LA HIDRATACION DEL CEMENTO.

EL OBJETO DEL CURADO ES MANTENER EL CONCRETO SATURADO, O LO MAS PROXIMO POSIBLE A LA SATURACION, HASTA EL MOMENTO EN QUE LOS ESPACIOS DE CEMENTO FRESCO QUE ORIGINALMENTE ESTABAN SATURADOS DE AGUA SE LLENEN A UN NIVEL DESEADO CON LOS PRODUCTOS DE HIDRATACION DEL CEMENTO. EL CONCRETO FRESCO CONTIENE MAS AGUA DE LA QUE NECESITA PARA UNA HIDRATACION COMPLETA DEL CEMENTO, PERO MUCHA DE DICHA AGUA SE PIERDE POR EVAPORACION.

COMO PUEDE NOTARSE, EL CONCRETO DEBE SER PROTEGIDO DE TAL MANERA QUE LA HUMEDAD NO SE PIERDA DURANTE EL COMIENZO DEL ENDURECIMIENTO DEL MISMO.

EN LA FIG. (5.5) SE PUEDE MEDIR EL ORDEN DE INFLUENCIA DEL CURADO HUMEDO EN LA RESISTENCIA, EL CUAL HA SIDO OBTENIDO EN CONCRETO CON UNA RELACION AGUA-CEMENTO DE 0.50. LAS RESISTENCIAS A LA TENSION Y A LA COMPRESION SE VEN AFECTADAS SI EL CONCRETO NO ES ADECUADAMENTE CURADO.

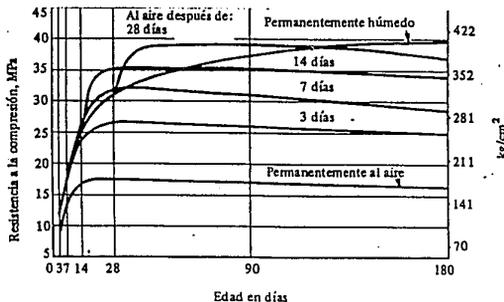


FIG. (5.5)

LA EVAPORACION DE AGUA DEL CONCRETO CERCA DEL MOMENTO DE SU COLOCACION DEPENDE DE LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD RELATIVAS DEL AIRE DEL MEDIO AMBIENTE, Y DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO, QUE EFECTUA UN CAMBIO EN EL AIRE DE LA SUPERFICIE DEL CONCRETO. EN BASE EN LAS FIGURAS (5.6, 5.7 y 5.8) , PUEDE TENER UNA IDEA DE LA INFLUENCIA DE ESTOS TRES FACTORES.

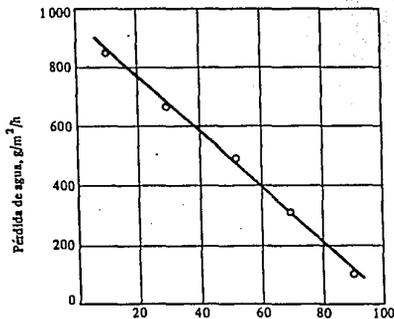


FIG. (5.6).- Humedad Ambiente Relativa, porcentaje

INFLUENCIA DE LA HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE EN LA PERDIDA DE AGUA DEL CONCRETO EN LAS ETAPAS INICIALES DESPUES DEL COLADO (TEMPERATURA AMBIENTE 21 °C , VELOCIDAD DEL VIENTO 4.5 m/seg.)

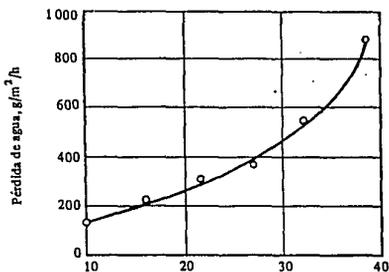


FIG. (5.7).- Temperatura del concreto y del aire, °C

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA AMBIENTE Y DEL CONCRETO EN LA PERDIDA DE AGUA DEL CONCRETO EN LAS ETAPAS INICIALES DESPUES DEL COLADO (HUMEDAD AMBIENTE RELATIVA DEL 70%, VELOCIDAD DEL VIENTO 4.5 m/seg.)

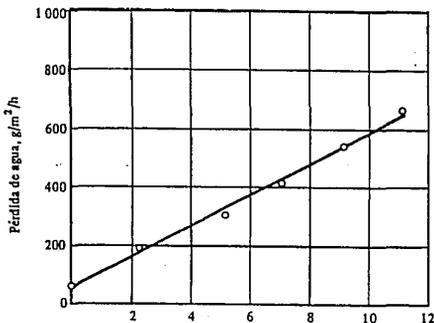


FIG. (5.8).- Velocidad del viento, m/s.

INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO EN LA PERDIDA DE AGUA DEL CONCRETO EN LAS ETAPAS INICIALES DESPUES DEL COLADO (HUMEDAD AMBIENTE RELATIVA DEL 70%, TEMPERATURA 21 °C).

METODOS DE CURADO

EXISTEN VARIOS PROCEDIMIENTOS QUE PUEDEN SER UTILIZADOS PARA MANTENER HUMEDO EL CONCRETO, COMO PUEDEN SER. DEJAR FORMAS DE MADERA EN SU LUGAR, ES DECIR. SE PUDIERA DEJAR LAS MADERAS QUE CUBREN LOS COSTADOS DE LAS LOSAS. ESTAS SON DE MUCHA AYUDA PARA MANTENER LA HUMEDAD. EN CLIMAS SECOS ESTAS DEBEN DE MANTENERSE HUMEDAS MEDIANTE ROCIADO A LAS MISMAS.

EL ROCIADO FIG. (5.9) ES OTRA MANERA DE MANTENER HUMEDO EL CONCRETO; DEBE DE PROCURARSE QUE NO SE SEQUE LA SUPERFICIE ENTRE LAS DISTINTAS APLICACIONES DE AGUA YA QUE LOS CICLOS ALTERNOS DEL MOJADO Y SECADO DEL CONCRETO FRESCO ORIGINAN AGRIETAMIENTOS IRREGULARES. UN FINO ROCIADO DE AGUA APLICADO EN FORMA CONTINUA, ES MUCHO MEJOR QUE EXCESIVAS APLICACIONES DE AGUA CON PERIODOS DE SECADO ENTRE ELLAS.

UNO DE LOS METODOS MAS UTILIZADOS EN EL CURADO DE LAS LOSAS DE CONCRETO ES EL DE INUNNDAR LA SUPERFICIE DE LA MISMA. RODEANDO EL PERIMETRO DE LA SUPERFICIE CON PEQUEÑOS CAMELLONES DE TIERRA SE PUEDE ANEGAR FACILMENTE LA SUPERFICIE CIRCUNDADA. SI SE LLEGAN A EMPLEAR CUBIERTAS RETENEDORAS DE HUMEDAD, COMO TELA DE YUTE O MANTA DE ALGODON, HAY QUE TENER CUIDADO DE CUBRIR TODA LA SUPERFICIE DEL CONCRETO INCLUYENDO LOS

LADOS EXPUESTOS DEL PAVIMENTO TALES COMO LOS COSTADOS DE LOS MISMOS EN LOS CUALES LAS CIMBRAS HAN SIDO REMOVIDAS. ESTAS CUBIERTAS DEBEN DE MANTENERSE LO SUFICIENTEMENTE HUMEDAS PARA PROPORCIONAR UNA LAMINA DE AGUA SOBRE LA SUPERFICIE DEL CONCRETO. TAMBIEN SE PUEDE PROPORCIONAR HUMEDAD A LA SUPERFICIE DEL CONCRETO CUBRIENDOLA CON TIERRA, ARENA, ASERRIN O PAJA MOJADOS.

OTRO MEDIO DE CURADO ES UTILIZAR UNA MEMBRANA IMPERMEABLE O PAPEL A PRUEBA DE AGUA. LA MEMBRANA, SIEMPRE Y CUANDO NO ESTE PERFORADA O DAÑADA, EVITARA EFICAZMENTE LA EVAPORACION DEL AGUA DEL CONCRETO, PERO NO PERMITIRA QUE ENTRE AGUA PARA REPONER LA QUE SE HA PERDIDO POR AUTODESECACION. LA MEMBRANA SE FORMA CON COMPUESTOS SELLANTES, GENERALMENTE SE APLICAN EN UNA SOLA MANO, PERO DOS MANOS BRINDAN MEJORES RESULTADOS. LA APLICACION DE ESTOS COMPUESTOS SELLANTES DEBE HACERSE INMEDIATAMENTE DESPUES DE QUE EL CONCRETO HAYA SIDO TERMINADO, O CUANDO EL AGUA LIBRE HA DESAPARECIDO DE LA SUPERFICIE DEL MISMO. SI POR ALGUNA RAZON OCURRE ALGUNA DEMORA EN LA APLICACION DEL COMPUESTO SELLANTE, EL CONCRETO DEBE MANTENERSE HUMEDO HASTA QUE SE HAGA LA APLICACION REQUERIDA. LA MEMBRANA PUEDE SER TRANSPARENTE, BLANCA O NEGRA. LOS COMPUESTOS OPACOS TIENEN LA CARACTERISTICA DE SOMBRLEAR EL CONCRETO, Y LOS DE COLOR MAS CLARO PROPORCIONAN MENOS ABSORCION DEL CALOR SOLAR Y, EN CONSECUENCIA, MENOR AUMENTO DE TEMPERATURA EN EL CONCRETO Y MENOR EVAPORACION DEL AGUA.

SOLO CUANDO SE USAN EN CONCRETO CON UNA ALTA RELACION AGUA-CEMENTO, LOS COMPUESTOS DE SELLADO REDUCEN EL GRADO Y LA VELOCIDAD DE HIDRATACION EN COMPARACION CON UN CURADO A BASE DE AGUA. NO OBSTANTE, EL CURADO HUMEDO O CON AGUA SE SUELE APLICAR DE MANERA INTERMITENTE, DE MANERA QUE LA PRACTICA DEL SELLADO PUEDE SER LA QUE DE MEJORES RESULTADOS. EL PAPEL IMPERMEABLE, UNA VEZ QUE SE HA RETIRADO, NO INTERFIERE EN LA ADHERENCIA DE LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS. SIN EMBARGO, CUBRIR CON HOJAS LAS LOSAS PUEDE CAUSAR DECOLORACION O MANCHAS DEBIDO A QUE LA CONDENSACION DE AGUA BAJO EL PAPEL NO ES UNIFORME.

EL PERIODO DE DURACION DEL CURADO GENERALMENTE SE ESPECIFICA EN UN TIEMPO DE 7 DIAS PARA CONCRETO FABRICADO CON CEMENTO PORTLAND NORMAL. CON CEMENTOS DE FRAGUADO LENTO, ES CONVENIENTE QUE EL PERIODO DE CURADO DURE MAS.

EN EL CASO DE QUE SE CONSTRUYAN LOSAS CON CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA, ESTE SE DEBE CURAR A EDAD TEMPRANA, YA QUE UNA HIDRATACION PARCIAL IMPIDE UNA ADECUADA CONTINUIDAD EN LOS ESPACIOS DEL CEMENTANTE Y, AL VOLVER A CURAR, EL AGUA NO PODRA PENETRAR EN EL CONCRETO Y NO HABRA UNA HIDRATACION SUBSECUENTE. SIN EMBARGO, SI EL CONCRETO TIENE UNA ALTA RELACION AGUA-CEMENTO NO TENDRA ESTE TIPO DE PROBLEMA.

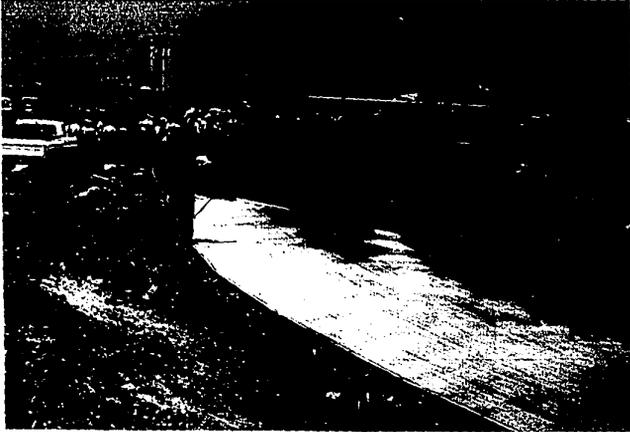


FIG. (5.9).- CURADO DE LOSAS DE CONCRETO POR MEDIO DE "ROCIADO"

V.8.- SELLADO DE JUNTAS

LA PARTE SUPERIOR DE LAS JUNTAS DE EXPANSION, ASI COMO TODAS LAS JUNTAS BORDEADAS Y ASERRADAS, DEBEN SELLARSE CON EL MATERIAL SELLADOR ESPECIFICADO EN EL INFORME ACI 504R, ANTES DE PERMITIR EL TRANSITO SOBRE LAS LOSAS DE CONCRETO. ANTES DE COLOCAR EL MATERIAL SELLADOR, LA ABERTURA DE LA JUNTA DEBE LIMPIARSE BIEN, HASTA ELIMINAR TODA MATERIA EXTRAÑA. TODAS LAS CARAS DE CONTACTO DE LA JUNTA DEBEN LIMPIARSE PARA REMOVER EL MATERIAL SUELTO, Y LA SUPERFICIE DEBE ESTAR SECA CUANDO SE EMPLEE MATERIAL SELLADOR VERTIDO EN CALIENTE. CUANDO SE REQUIERE O SE PERMITE EL ASERRADO DEL CONCRETO FRESCO, DEBE TENERSE ESPECIAL CUIDADO DE ELIMINAR LA CUBIERTA DE LECHADA DEPOSITADA A LO LARGO DE LOS LADOS DEL CORTE DE LA SIERRA.

EL MATERIAL SELLADOR DEBE COLOCARSE DENTRO DE LA ABERTURA DE LA JUNTA. LA COLOCACION DEBE HACERSE DE MANERA QUE EL MATERIAL NO SE DERRAME SOBRE LAS SUPERFICIES EXPUESTAS DEL CONCRETO; DEBE QUITARSE DE INMEDIATO TODO EL MATERIAL EXCEDENTE SOBRE LA SUPERFICIE DE LA LOSA DE CONCRETO, Y SE DEBE DE LIMPIAR ESE MATERIAL.

EL MATERIAL SELLADOR QUE SE VAYA A VERTER DENTRO DE LAS JUNTAS NO DEBE VACIARSE CUANDO LA TEMPERATURA IMPIDA SU COLOCACION APROPIADA. ES IMPORTANTE TENER EN CUENTA LAS ESPECIFICACIONES QUE PARA ESTE CASO HACE EL FABRICANTE.

CUANDO SE EMPLEAN MATERIALES PREFORMADOS PARA EL SELLADO DE JUNTAS, COMO EL NEOPRENO (SELLADOR PREFORMADO A PRESION), EL ANCHO SIN COMPRESION DEL SELLADOR DEBE CORRESPONDER A LA ABERTURA DE LA JUNTA, LA CUAL, A SU VEZ, DEBE TENER ANCHO COMPATIBLE CON EL LARGO DE LA LOSA Y CON LAS VARIACIONES DE TEMPERATURA PREVISTAS. EL DISPOSITIVO DE INSTALACION DEBE GARANTIZAR QUE EL MATERIAL PREFORMADO NO SE ESTIRE MAS DEL 5% DURANTE SU INSERCIÓN DENTRO DE LA ABERTURA DE LA JUNTA, YA QUE SI SE ESTIRA PUEDE RESULTAR EN UN ACORTAMIENTO DRASTICO DE LA VIDA UTIL DEL MATERIAL. TANTO EL SELLADOR COMO EL LUBRICANTE PARA LA INSTALACION DEBEN AJUSTARSE A LO ESPECIFICADO EN LAS SIGUIENTES NORMAS:

ASTM D 1751

ASTM D 1752

ASTM D 994

ES IMPORTANTE HACER NOTAR QUE ALGUNOS MATERIALES PARA JUNTAS SON INCOMPATIBLES SI SE PONEN EN CONTACTO DIRECTO CON OTRO, SIN UN SEPARADOR QUE NO LOS PERJUDIQUE, ES DECIR, INERTE. POR EJEMPLO, ALGUNOS MATERIALES BITUMINOSOS NO DEBEN ESTAR EN CONTACTO CON UN SELLADOR DE JUNTAS DEL TIPO DEL POLISULFURO DE DOS COMPONENTES. PUEDEN SEPARARSE POR UNA CINTA DE NEOPRENO O ALGUN MATERIAL RELATIVAMENTE INERTE.

VI

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

DEL PRESENTE TRABAJO PODEMOS EXTRAER ALGUNAS CUESTIONES INTERESANTES PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE LOSAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTOS.

1.- LA SUB-BASE SOLO SERA TENDIDA EN EL CASO DE QUE LA GRANULOMETRIA DE LA CAPA SUBBRASANTE NO GARANTICE UNA EFECTIVA SEPARACION GRANULOMETRICA ENTRE LOS SUELOS DE LAS TERRACERIAS, LA SUBBRASANTE Y LAS LOSAS DE CONCRETO; LO ANTERIOR REPERCUTE DE UNA MANERA MUY ESPECIAL EN EL PROBLEMA DEL BOMBEO, QUE ES CAUSA PRINCIPAL DE LAS FALLAS MECANICAS DE DICHAS LOSAS, YA QUE ESTO SUCEDE POR QUE EL SUELO DE APOYO DE LAS LOSAS NO ESTA COMPACTADO ADECUADAMENTE Y EN TODO CASO LA GRANULOMETRIA DE ESA CAPA NO ES LA ADECUADA PARA IMPEDIR EL PROBLEMA.

2.- EL ANALISIS DE ESFUERZOS DE CARGAS PARA EL DISEÑO DE LAS LOSAS DE CONCRETO TIENE QUE SER LO SUFICIENTEMENTE EXACTO PARA QUE POSTERIORMENTE NO SE PRESENTEN FALLAS ATRIBUIBLES A ESFUERZOS EXCESIVOS EN LAS LOSAS. LA ZONA CRITICA PARA NIVELES DE ESFUERZOS MAXIMOS PERMISIBLES EN LAS LOSAS ES EN LAS ESQUINAS, POR LO TANTO ES POR DONDE SE PRESENTAN LA MAYORIA DE LAS FALLAS.

3.- EL DISEÑO DE LAS JUNTAS PARA LAS LOSAS DE CONCRETO REPRESENTA UNA DE LA PARTES MAS IMPORTANTES DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS MISMAS. DEBEMOS CONSIDERAR QUE EL CONCRETO SUFRIRA CAMBIOS EN SU ESTRUCTURA DEBIDO A SU COMPOSICION, A POSIBLES ASENTAMIENTOS DE LOS SUELOS QUE SIRVEN DE APOYO Y POR DIFERENCIALES DRASTICOS DE TEMPERATURA, DE ALLI LA IMPORTANCIA DE LAS JUNTAS, SOBRE TODO LAS DE CONTRACCION Y EXPANSION PARA PERMITIRLE A LAS LOSAS DESPLAZAMIENTOS Y NO CONFINARLAS Y PROVOCAR SU FALLA.

PARA TENER UNA MEJOR VISION DE LAS LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO EN PAVIMENTOS COMO ALTERNATIVA DE CONSTRUCCION, SE MENCIONARAN VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE ESTE SISTEMA COMPARANDOLO CON UN PAVIMENTO ASFALTICO.

VENTAJAS:

A) UNA MAYOR RAPIDEZ EN EL TENDIDO DE LA CARPETA DE RODAMIENTO, EN ESTE CASO DE LAS LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO, CON EL SISTEMA DE CONCRETO DESLIZADO O CIMBRAS DESLIZANTES.

B) SE EVITA EL TENDIDO DE LA CAPA DE BASE HIDRAULICA QUE ES INDISPENSABLE PARA LOS PAVIMENTOS ASFALTICOS, Y, COMO SE MENCIONO ANTERIORMENTE, ES POSIBLE TAMBIEN EVITAR PONER LA CAPA DE SUB-BASE, LO QUE SIGNIFICA MENOR TIEMPO DE REALIZACION DE LA ESTRUCTURA DE TODO EL PAVIMENTO.

C) MAYOR RESISTENCIA AL TRAFICO PESADO E INTENSO DE VEHICULOS, DEBIDO A LAS CARACTERISTICAS MECANICAS DEL CONCRETO.

D) POSIBLEMENTE EL PUNTO EN EL QUE RADICA LA MAYOR VENTAJA ES EN EL MANTENIMIENTO DE UN PAVIMENTO A BASE DE LOSAS DE CONCRETO, PORQUE A LO LARGO DE LA VIDA UTIL DEL CONCRETO, AQUEL ES MUY BAJO EN COMPARACION CON UN PAVIMENTO ASFALTICO Y DE POR SI, LOS TRABAJOS QUE SE LLEGAN A HACER EN EL PRIMERO SON MUCHO MAS SENCILLOS EN COMPARACION CON LOS QUE SE REALIZAN EN LOS PAVIMENTOS ASFALTICOS.

E) LA VIDA UTIL DE UN PAVIMENTO CON LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO ES MAYOR QUE EL DE UN PAVIMENTO ASFALTICO.

DESVENTAJAS

A) SU COSTO INICIAL DE CONSTRUCCION, PERO AQUI VALE MENCIONAR QUE, ESTE COSTO SE COMPENSA CON EL MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA A BASE DE LOSAS DE CONCRETO Y SI CONSIDERAMOS EL COSTO A LARGO PLAZO ES INDUDABLEMENTE MENOR EL DE ESTE.

EL CONCRETO HIDRAULICO EN CARRETERAS - PAVIMENTOS RIGIDOS - PROPORCIONA, SI SE TIENE UN METODO DE CONSTRUCCION ADECUADO Y CUIDADOSO, EXCELENTES RESULTADOS PARA CAMINOS CON INTENSO Y PESADO TRAFICO VEHICULAR Y TAMBIEN DONDE NO SE PUEDE DAR UN MANTENIMIENTO CONTINUO A LA CARRETERA.

ES IMPORTANTE QUE PARA LA BUENA REALIZACION DE UNA CARRETERA CON CONCRETO HIDRAULICO, SE TOMEN EN CUENTA TODOS LOS ASPECTOS MENCIONADOS EN ESTE TRABAJO, CLARO ESTA, QUE, NO SE PRETENDE HACER DE ESTE TRABAJO UN RECETARIO, SINO UNA GUIA UTIL PARA DICHOS PROYECTOS, TOMANDO EN CUENTA QUE LOS AVANCES TECNICOS Y DE CONSTRUCCION SIEMPRE SERAN LOS QUE MARQUEN EL CAMINO FINAL, PERO LAS BASES PARA EL DISEÑO PODRAN SER LAS MISMAS.

BIBLIOGRAFIA

1. ZANIEWSKI, J.P., " EFECTO DE LOS PAVIMENTOS EN EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE ", CONSTRUCCION Y TECNOLOGIA, IMCYC, VOL. II No. 18, NOV. 1989 pp. 27-29.
2. McINTOSH, B; " DO CONCRETE STREETS REALLY REFLECT UP ", CONCRETE INTERNATIONAL DESIGN & CONSTRUCTION, VOL. 9, No. 7 JULIO 1987, pp. 24-25.
3. SCT. " ESPECIFICACIONES GENERALES DE CONSTRUCCION " PARTE OCTAVA (LIBRO I). 1971.
4. PORTLAND CEMENT ASSOCIATION. " THICKNESS DESIGN FOR CONCRETE PAVEMENTS, SUBGRADES, SUBBASES AND SHOULDER FOR CONCRETE PAVEMENT ", P.C.A., CONCRETE INFORMATION PAVING BUREAU, CHICAGO ILL. 1966.
5. YODER, E. J. " PUMPING OF HIGHWAY AND AIRFIELD PAVEMENTS ". PROC. HRB. VOL. 36, 1957.
6. HIGHWAY RESEARCH BOARD. " PERFORMANCE OF GRANULAR SUB-BASES UNDER CONCRETE "; HRB. BULL. No. 202, 1958.
7. CHILDS, L. D. y KAPERNICK, J. W. " TEST OF CONCRETE PAVEMENT ON GRAVEL SUB-BASES ". PROC. ASCE. HIGHWAY DIVISION. VOL. 84, HW3. 1958.
8. CRESPO VILLALAZ CARLOS, " VIAS DE COMUNICACION ", LIMUSA, SEGUNDA EDICION, MEXICO, 1989.
9. JUAREZ BADILLO y RICO RODRIGUEZ, " MECANICA DE SUELOS " TOMO I, LIMUSA, TERCERA EDICION, MEXICO, 1990.
10. ALFONSO RICO y DEL CASTILLO HERMINIO, " LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAS VIAS TERRESTRES ", VOLUMEN 2 , LIMUSA, MEXICO 1992.
12. WRIGHT, H. PAUL y PAQUETTE J. RADNOR, " INGENIERIA DE CARRETERAS ", LIMUSA, QUINTA EDICION, MEXICO 1993.

13. ACI. " GUIDE FOR THE USE FOR EPOXY COMPOUNDS WITH CONCRETE " ACI JOURNAL, PROCEEDINGS. VOL. 59 No. 9, 1962.

14. LARRALDE, JESUS. " ANALISIS DE PAVIMENTOS DE CONCRETO POR MEDIO DE ELEMNTOS FINITOS " REVISTA IMCYC VOL. 23 No. 173, SEPT. 1985.

15. " DISEÑO Y TECNICAS DE CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS DE CONCRETO ". REVISTA IMCYC. VOL. 23, No. 168, abril de 1985.

16. " PRACTICA RECOMENDABLE PARA EL DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO" (ACI 325-58) IMCYC.

17. GOMEZ, D. J. " DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS ". CONSTRUCCION Y TECNOLOGIA, ABRIL 1991, IMCYC.

ANEXOS

A.- TIPOS DE REHABILITACION A BASE DE SOBRE-CARPETAS DE CONCRETO HIDRAULICO

EN LA ACTUALIDAD, LA REHABILITACION DE CARRETERAS REPRESENTA UNA PARTE IMPORTANTE EN LAS ESTRATEGIAS GUBERNAMENTALES, DADO EL ALTO COSTO PARA LA CONSTRUCCION DE NUEVAS CARRETERAS; POR ESTA RAZON EL REHABILITAR CAMINOS ES MUY IMPORTANTE, Y DADO QUE LAS LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO TIENEN UNA VIDA UTIL MAYOR QUE EL ASFALTO PUEDE RESULTAR MAS ATRACTIVO DICHA REHABILITACION A BASE DE LAS MISMAS.

PARA LA REHABILITACION DE LOSAS DE CONCRETO PODEMOS TENER TRES CASOS DE SOLUCIONES PARA ESTE TIPO DE MANTENIMIENTO:

1.- CUANDO ENTRE LAS LOSAS DE CONCRETO ANTIGUAS Y LAS NUEVAS EXISTE UNA LIGA O NEXO PARCIAL.

ESTA CONDICION SE DEBE CONSIDERAR CUANDO ENTRE LAS DOS LOSAS NO EXISTE NINGUN ELEMENTO DE SEPARACION, DE TAL MANERA QUE EL REFUERZO O LA SOBRE-CARPETA SE APOYA DIRECTAMENTE SOBRE LA LOSA ANTIGUA. PARA CALCULAR EL ESPESOR DE LA SOBRE-CARPETA DE CONCRETO HIDRAULICO SE UTILIZA GENERALMENTE LA SIGUIENTE FORMULA:

$$c_r = [h_r^{1.4} - C (h_c^{1.4})]^{1/1.4}$$

DONDE:

c_r , ES EL ESPESOR DE UNA NUEVA LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO REQUERIDO COMO REFUERZO, EN cm.

h_r , ES EL ESPESOR REQUERIDO DE TODA LA ESTRUCTURA DE UN PAVIMENTO RIGIDO, PARA GARANTIZAR UN BUEN COMPORTAMIENTO SOBRE LA SUB-BASE Y EL TERRENO DE APOYO EXISTENTE, EN cm.

h_c , ES EL ESPESOR EXISTENTE DEL PAVIMENTO RIGIDO AL CUAL SE LE PONDRÁ UNA SOBRE-CARPETA DE CONCRETO HIDRAULICO, EN cm.

C, ES UN COEFICIENTE QUE DEPENDE DE LA CONDICION ESTRUCTURAL EXISTENTE. VALE 1.0 CUANDO EL PAVIMENTO EXISTENTE ESTA EN BUENAS CONDICIONES GENERALES; 0.75 CUANDO TIENE GRIETAS EN LAS ESQUINAS DE LAS LOSAS, PERO NO MUESTRA FALLAS PROGRESIVAS O RECIENTES; Y, 0.35 CUANDO LAS LOSAS DE CONCRETO EXISTENTE ESTA EN MALAS CONDICIONES GENERALES Y DEMASIADO AGRIETADAS.

2.- UN SEGUNDO CASO PUEDE SER EL QUE ENTRE LAS LOSA ANTIGUAS Y LAS NUEVAS NO EXISTE UNA CONTINUIDAD CONFIABLE.

EN CASO DE QUE SE TENGA QUE COLOCAR EN LA CARPETA EXISTENTE UN RIEGO ASFALTICO, CONCRETO ASFALTICO, CAPAS DE SUELOS, ETC. (NECESARIOS SI LA LOSA EXISTENTE PRESENTA MUCHAS IRREGULARIDADES);, OCASIONARA UNA DISCONTINUIDAD POCO CONFIABLE. EL PERALTE DE LA NUEVA LOSA LO PODEMOS CALCULAR CON LA SIGUIENTE FORMULA:

$$e_r = [h_r^2 - C (h_c^2)]$$

DONDE LAS LITERALES TIENEN EL MISMO SENTIDO QUE PARA LA FORMULA DEL CASO ANTERIOR. COMO ES DE ESPERARSE, EN ESTA SITUACION, LAS LOSAS NUEVAS TENDRAN ESPESORES MAYORES POR LA SITUACION DE LA DISCONTINUIDAD.

3.- CUANDO ENTRE LAS LOSAS ANTIGUAS Y LAS NUEVAS EXISTE UNA UNION COMPLETA.

DICHA UNION SE CONSIGUE CON UNA DETALLADA PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS EXISTENTES Y CON LA IMPREGNACION DE UNA CAPA DE LIGA EFECTIVA ENTRE AMBAS LOSAS; ESTA CAPA PUEDE SER DE LECHADA DE CEMENTO Y ARENA O DE RESINAS EPOXICAS REF.(8). PARA ESTE CASO EL ESPESOR DE LA SOBRE-CARPETA SE PUEDE CALCULAR CON LA SIGUIENTE FORMULA:

$$e_r = h_r - h_c$$

DONDE LAS LITERALES TIENE EL MISMO SIGNIFICADO QUE PARA LOS CASOS ANTERIORES.

LOS TRES CASOS MENCIONADOS SON TIPICOS PARA REHABILITAR CARRETERAS CON LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO. ES IMPORTANTE SEÑALAR QUE PREVIO AL ESTUDIO SOBRE LA FACTIBILIDAD DE COLOCAR UNA LOSA DE CONCRETO SOBRE LA CARPETA EXISTENTE, DEBE HACERSE LO MISMO PARA SABER SI EL SUELO DE APOYO, ES DECIR, TERRACERIAS, SUBRASANTE Y SUB-BASE TIENEN LAS CONDICIONES MECANICAS PARA PODER TRABAJAR ADECUADAMENTE CON LA SOBRE - CARPETA DE CONCRETO HIDRAULICO YA QUE SI NO FUERA ASI ESTA FALLARIA TARDE O TEMPRANO Y NO SE TENDRIAN LOS NIVELES DE SERVICIO ADECUADOS PARA EL CONJUNTO DEL PAVIMENTO RIGIDO.

B.- TRABAJOS DE MANTENIMIENTO EN LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO.

ES DE SUMA IMPORTANCIA EL TENER UNA CARRETERA DE LOSAS DE CONCRETO HIDRAULICO EN MUY BUENAS CONDICIONES, PARA JUSTIFICAR LA INVERSION INICIAL DE SU CONSTRUCCION; PARA LOGRAR LO ANTERIOR SE REQUIEREN TRABAJOS DE MANTENIMIENTO ADECUADOS Y ESPECIFICOS SOBRE LAS LOSAS. LOS TRABAJOS DE MANTENIMIENTO MAS COMUNES Y A LA VEZ MAS NECESARIOS SON LOS SIGUIENTES: A) CALAFATEO DE GRIETAS Y JUNTAS, B) BACHEADO EN AREAS FALLADAS, C) CORRECCION DE LOSAS AFECTADAS POR BOMBEO, O ASENTAMIENTOS DEL TERRENO DE APOYO, D) MANTENIMIENTO O TRATAMIENTO DE LOSAS ALABEADAS, E) CORRECCION DE LAS AREAS DESCASCARADAS, FRAGMENTADAS O CON MUCHAS GRIETAS.

EL CALAFATEO DE LAS GRIETAS Y LAS JUNTAS TIENE COMO OBJETIVO PRIMORDIAL EVITAR LA FILTRACION DE AGUA HACIA LA SUB-BASE O AL SUELO QUE EXISTA DEBAJO DE LA LOSA DE CONCRETO, Y DE QUE LAS JUNTAS DE DICHAS LOSAS MANTENGAN SU SEPARACION INICIAL; ES INDISPENSABLE QUE PREVIAMENTE AL CALAFATEO DE LAS JUNTAS, LAS LOSAS DEBEN ESTAR COMPLETAMENTE SECAS Y LAS JUNTAS LIBRES DE POLVO, BASURA U OTRO TIPO DE SUCIEDAD, UNA BUENA TECNICA PARA REALIZAR LO ANTERIOR ES UTILIZAR CHORROS DE AIRE COMPRIMIDO ; PREVIO A ESTA OPERACION SE TIENE QUE CORTAR LA JUNTA CON CORTADORAS ESPECIALES COMO LA QUE SE MUESTRA EN EL APARTADO DE JUNTAS.

UNO DE LOS PROBLEMAS MAS COMUNES QUE SE PRESENTAN EN LAS LOSAS DE CONCRETO EN LAS CARRETERAS ES EL DEL AGRIETAMIENTO, DESCASCARAMIENTO O FRAGMENTACION DE SUPERFICIES DE AQUELLAS. POR LO GENERAL, LOS AGRIETAMIENTOS MENORES EN LAS LOSAS SE CORRIGEN RELLENANDOLAS CON UN COMPUESTO IGUAL O SIMILAR AL QUE SE UTILIZA EN LAS JUNTAS; EN CASO DE QUE LAS GRIETAS, ASTILLADURAS O DESPOSTILLAMIENTOS SEAN DEMASIADO GRANDES, SE RECOMIENDA REPARLOS CON CONCRETO O ALGUN MATERIAL EPOXICO. EN CASO DE QUE SOLAMENTE EXISTIERAN GRIETAS FINAS, ES RECOMENDABLE USAR ACEITE DE LINAZA A MANERA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EVITAR POSTERIORES DESCASCARAMIENTOS. SI SE ENCUENTRAN AREAS SUMAMENTE DESGASTADAS O DESCASCARADAS LO QUE PROCEDE ES APLICAR LECHAS DE MORTERO CEMENTO-ARENA CON LO CUAL SE PUEDE SOLUCIONAR EL PROBLEMA SATISFACTORIAMENTE.

EL BOMBEO EN LOS PAVIMENTOS RIGIDOS ES EL QUE CAUSA LOS MAYORES PROBLEMAS DE MANTENIMIENTO EN LOS MISMOS. ESTE PROBLEMA SE MANIFIESTA DE DIFERENTES FORMAS EN LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS DE CONCRETO: A) ROTURA DE LAS LOSAS, B) APARICION DE BURBUJAS DE LODO EN LAS ORILLAS DE LAS LOSAS, C) SALIDA DE AGUA A TRAVES DE GRIETAS Y JUNTAS, D) MANCHAS EN LA SUPERFICIE DE LAS LOSAS DEBIDO AL SUELO DE APOYO DEBAJO DE ESTAS.

ESTE PROBLEMA PUEDE SER PREVENIDO DE DIFERENTES MANERAS Y DE ACUERDO A LA GRAVEDAD DEL MISMO; POR MEDIO DE UN MANTENIMIENTO Y CORRECCION DE FALLAS ADECUADOS DEL DRENAJE DE LA CARRETERA, O POR MEDIO DEL SELLADO DE GRIETAS Y JUNTAS DE LAS LOSAS DE CONCRETO. SI EL PROBLEMA ES MAS GRAVE LA SOLUCION ADECUADA ES LA DE INYECCION O SELLADO DEBAJO DE AQUELLAS. LA OPERACION SE EFECTUA DE LA SIGUIENTE MANERA: PRIMERO SE PERFORA UN AGUJERO EN LA PARTE MAS BAJA DEL PAVIMENTO ASENTADO; EL AGUJERO ES DE MAS O MENOS 3.8 CMS. DE DIAMETRO, COMUNMENTE SE PERFORA A UNAS 30 CMS. DEL LUGAR ASENTADO. ES IMPORTANTE SEÑALAR QUE ANTES DE LA OPERACION DE INYECCION HAY QUE REMOVER MEDIANTE AIRE COMPRIMIDO EL AGUA Y ARENA DEL AGUJERO, PARA EVITAR LA DILUCION DE LA LECHADA QUE SE INYECTA Y SE FUERZA A ENTAR A TRAVES DEL PAVIMENTO. LA LECHADA SE BOMBEA HASTA QUE LOS HUECOS DEBAJO DE LAS LOSAS ASENTADAS VAN QUEDANDO LLENOS Y ESTAS SE ELEVAN HASTA SU POSICION CORRECTA, POSTERIORMENTE SE TAPAN LOS AGUJEROS QUE SE ABRIERON. LAS LECHADAS PUEDEN TENER LAS SIGUIENTES MEZCLAS:

a) 77% DE SUELO. 16% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I o II, y 7% ASAFALTO REBAJADO (FL-250, FM-70, FR-250).

b) 60% A 84% DE SUELO Y CEMENTO DE 16% A 40%.

LA REPARACION DE AREAS FALLADAS DE LOSA SE HACE MEDIANTE EL PREVIO RECONOCIMIENTO DE DICHAS AREAS, PARA, POSTERIORMENTE ROMPERLAS CON HERRAMIENTAS MANUALES O CON MARTILLOS NEUMATICOS, DEPENDIENDO DE LA EXTENSION DE ESAS AREAS; LAS ORILLAS DEL BACHE DE LA LOSA QUE SE VA A REPARAR SE SOCAVA PARA EL NUEVO CONCRETO PENETRE Y SE ADHIERA BIEN CON EL EXISTENTE. EL CONCRETO CON EL QUE SE REPARARA LA FALLA TIENE QUE SER DE ALTA RESISTENCIA RAPIDA PARA QUE EN UN MINIMO DE TIEMPO PUEDA SER ABIERTO AL TRAFICO EL AREA DAÑADA. ES IMPORTANTE SEÑALAR QUE LA PROFUNDIDAD DEL PARCHO NUNCASERA MENOR QUE EL ESPESOR DE LA LOSA EXISTENTE, Y QUE, ES RECOMENDABLE EN ALGUNAS OCASIONES USAR ACERO DE REFUERZO O MALLA ELECTROSOLDADA EN EL NUEVO CONCRETO. SI LOS PARCHO LLEGARAN A QUEDAR JUNTO A LAS JUNTAS DE EXPANSION ES NECESARIO QUE ESTAS SEAN REEMPLAZADAS; EN DADO CASO DE QUE LOS PARCHOS QUEDARAN JUNTO A LAS JUNTAS DE CONTRACCION O CONSTRUCCION NO SERA NECESARIO SU REEMPLAZO O NUEVA CONSTRUCCION SI EL PARCHO SE ENCUENTRA EN TODA LA ANCHURA DE LAS LOSAS.

SI EXISTIERAN PROTUBERANCIAS EN LAS LOSAS DE CONCRETO, ES DECIR, CONCRETO QUE SE QUEDO SOBRE ELLAS SE PUEDEN QUITAR POR MEDIO DE MAQUINAS ESPECIALES QUE LLEVAN DISCOS DE DIAMANTE QUE GIRAN PARALELOS A LAS LOSAS Y QUE VAN ELIMINANDO ESAS IRREGULARIDADES, Y TAMBIEN DAN UNA TEXTURA ANTIDERRAPANTE AL CONCRETO.

C.- OBRAS COMPLEMENTARIAS DE DRENAJE

EN EL PROYECTO DE UNA CARRETERA, SEA DE PAVIMENTO RIGIDO O FLEXIBLE, EL DRENAJE REPRESENTA UNA PARTE MUY IMPORTANTE PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE LA MISMA. EN LAS SIGUIENTES PAGINAS SE MENCIONARAN BREVEMENTE LAS OBRAS DE DRENAJE MAS IMPORTANTES EN LAS CARRETERAS Y ALGUNOS CRITERIOS PARA SU CORRECTA UBICACION Y CONSTRUCCION.

EL BOMBEO (NO CONFUNDIR CON EL PROBLEMA QUE SE PRESENTA EN LAS SUB-BASES).

LOS BORDILLOS.

LOS LAVADEROS.

LAS BAJADAS.

LAS BERMAS.

LOS BORDOS.

LAS CUNETAS.

LAS CONTRACUNETAS.

LAS ALCANTARILLAS.

DRENES

EL BOMBEO.

SE DENOMINA A LA PENDIENTE TRANSVERSAL QUE SE DA EN LAS CARRETERAS PARA PERMITIR QUE EL AGUA QUE DIRECTAMENTE CAE SOBRE SU SUPERFICIE ESCURRA HACIA SUS DOS HOMBROS. EN LOS PAVIMENTOS RIGIDOS EL BOMBEO ES DEL ORDEN DEL 1.5% DE PENDIENTE DESDE EL EJE DEL CAMINO HASTA EL HOMBRO CORRESPONDIENTE; EN LAS SECCIONES EN CURVA, EL BOMBEO SE SUPERPONE CON LA SOBREELEVACION NECESARIA, DE MANERA QUE SEGUN SE ENTRA A LA CURVA, ESTA ULTIMA DOMINA RAPIDAMENTE, DE MANERA QUE LA PENDIENTE TRANSVERSAL OCURRE SIN DISCONTINUIDADES, DESDE EL HOMBRO MAS ELEVADO AL MAS BAJO; EN ESTE CASO Y DENTRO DE LA TRANSICION DE LA SECCION EN TANGENTE A LA DE PLENA CURVA, SUELE HABER UN TRECHO EN EL QUE SE COMPLICA UN POCO LA CONFORMACION DE UNA PENDIENTE TRANSVERSAL ADECUADA, SIENDO ESTE UN PROBLEMA QUE DEBE RESOLVERSE EN CADA CASO, PERO AL QUE AYUDA SIEMPRE LA EXISTENCIA DE PENDIENTE LONGITUDINAL.

ES COMUN QUE EN LAS CURVAS SE PRODUZCA UNA ZONA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA EN LA PARTE DEL ACOTAMIENTO QUE LINDA CON LA LOSA DE CONCRETO EN EL HOMBRO MAS ALTO CUANDO, COMO SUCEDE A VECES, DICHA LOSA TIENE UN NIVEL ALGO MAS ALTO QUE EL DEL ACOTAMIENTO. PARA EVITAR ESTA ZONA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA E INFILTRACION ES RECOMENDABLE TERMINAR LA ORILLA DE LA LOSA EN BISEL, FIG (C.1).

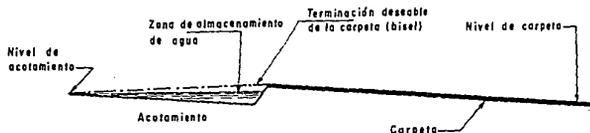


FIG. (C.1)

LOS BORDILLOS

LOS BORDILLOS SON ESTRUCTURAS QUE SE COLOCAN EN EL LADO EXTERIOR DEL ACOTAMIENTO EN LAS SECCIONES EN TANGENTE, EN EL BORDE OPUESTO AL CORTE EN LAS SECCIONES EN BALCON O EN LA PARTE INTERIOR DE LAS SECCIONES DE TERRAPLEN EN CURVA. SON PEQUEÑOS BORDOS QUE FORMAN UNA BARRERA PARA CONDUCIR EL AGUA HACIA LOS LAVADEROS Y LAS BAJADAS, EVITANDO EROSIONES EN LOS TALUDES Y SATURACION DE ESTOS POR EL AGUA QUE CAE SOBRE LA CORONA DEL CAMINO.

EN LA PRACTICA SE UTILIZA GENERALMENTE BORDILLOS DE SECCION TRAPEZIAL DE CONCRETO ASFALTICO O HIDRAULICO FIG.(C.2).

LA ALTURA DEL BORDILLO DEBE SER SUFICIENTE PARA QUE NO SEA REBASADO POR EL AGUA ALMACENADA, PERO NO DEBE REBASAR CIERTOS LIMITES, ARRIBA DE LOS CUALES CREA UNA SENSACION PSICOLOGICA DE CONFINAMIENTO PARA EL VEHICULO QUE HA DE ESTACIONARSE EN EL ACOTAMIENTO O EVENTUALMENTE CIRCULAR POR EL; LOS BORDILLOS DEMASIADO ALTOS TAMBIEN PUEDEN IMPEDIR LA APERTURA DE PUERTAS DE LOS VEHICULOS ESTACIONADOS. NO DEBE PASARSE DE 25cm EN SU ALTURA , PERO FUNCIONAN MUY BIEN EN LA GRAN MAYORIA DE LOS CASOS ESTRUCTURAS CON 12 ó 15 cm.

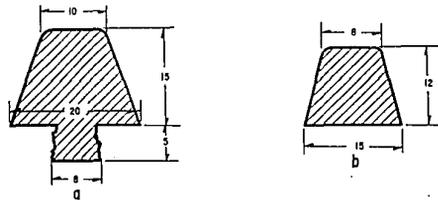
LOS BORDILLOS DE CONCRETO HIDRAULICO REQUIEREN JUNTAS DE EXPANSION, QUE SUELEN DISPONERSE CADA 10m.

EL GASTO QUE DEBE ESPERARSE PARA SER CANALIZADO POR UN BORDILLO PUEDE CALCULARSE EN FUNCION DEL AREA DRENADA (ENTRE LAVADEROS). DE LA PRECIPITACION MAXIMA POR HORA Y DE LA DURACION DE ESTA

AL AUMENTAR LA PENDIENTE LONGITUDINAL DE LA CARRETERA AUMENTA LA VELOCIDAD DE ESCURRIMIENTO DEL AGUA CONFINADA POR LOS BORDILLOS Y, POR CONSIGUIENTE, DISMINUYEN EL REQUERIMIENTO DE AREA HIDRAULICA, EL TIRANTE Y EL ANCHO DE LA LAMINA DE AGUA.

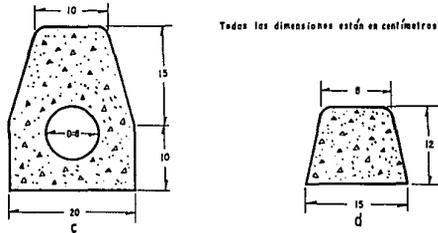
PARA UNIR EL BORDILLO CON LOS LAVADEROS SE USAN DOS CURVAS, CONFINANDO LA ZONA DEPRIMIDA DEL ACOTAMIENTO. LA CURVA CORRESPONDIENTE AL LADO AGUAS ARRIBA DEL BORDILLO RESPECTO AL LAVADERO SUELE HACERSE MAS AMPLIA QUE LA DE AGUAS ABAJO, PARA FACILITAR EL PASO DEL AGUA.

EN PRINCIPIO UN BORDILLO ES UN OBSTACULO A LA RAPIDA ELIMINACION DEL AGUA EN LA DIRECCION TRANSVERSAL; POR ENDE RESULTARA CONTRAPRODUENTE DESDE ESE PUNTO DE VISTA. SOLO DEBERAN UTILIZARSE, POR LO TANTO, EN AQUELLOS LUGARES EN QUE EL ESCURRIMIENTO SOBRE LOS TERRAPLENES CAUSE TRANSTORNOS, PORQUE EL MATERIAL QUE FORME LOS TALUDES SEA REALMENTE EROSIONABLE Y ESTE DESPROTEGIDO.



Bordillo con anclaje

Bordillos de concreto asfáltico, elaborado con material pétreo de tamaño máximo de 3/4" y cemento asfáltico No. 6 en proporción aproximada de 100 kg/m³ de material pétreo



Todas las dimensiones están en centímetros

Bordillos de concreto hidráulico, con $f'_c = 150 \text{ kg/cm}^2$

FIG.(C.2)

LOS LAVADEROS

LOS LAVADEROS SON CANALES QUE SE CONECTAN CON LOS BORDILLOS Y BAJAN TRANSVERSALMENTE POR LOS TALUDES, CON LA MISION DE CONDUCIR EL AGUA DE LLUVIA QUE ESCURRE POR LOS ACOTAMIENTOS HASTA LUGARES ALEJADOS DE LOS TERRAPLENES, EN DONDE YA SEA INOFENSIVA. EN GENERAL SON ESTRUCTURAS DE MUY FUERTE PENDIENTE Y EN ESTA CIRCUNSTANCIA RADICA LA MAYORIA DE LOS PELIGROS QUE LOS AQUEJAN.

LOS LAVADEROS ESTAN SOBRE LOS TERRAPLENES, SOBRE LOS LADOS EN TERRAPLEN DE CORTES EN BALCON (GENERALMENTE A LA ENTRADA Y A LA SALIDA) O EN LOS LADOS INTERIORES DE CURVAS, CUANDO CORRESPONDEN A SECCIONES TAMBIEN EN TERRAPLEN. EN TRAMOS EN TANGENTES SUELEN DISPONERSE CADA 60 ó 100 m, PERO ESTA SEPARACION PUEDE SER VARIABLE, DEPENDIENDO DE LA PENDIENTE LONGITUDINAL DE LA VIA TERRESTRE Y DEL REGIMEN DE PRECIPITACION PLUVIAL EN LA ZONA. LA FIG. (C.3) MUESTRA LA PLANTA TIPICA DE UN LAVADERO CONSTRUIDO EN MAMPOSTERIA, UN CORTE SEGUN SU EJE LONGITUDINAL Y UNA PERSPECTIVA DE SU DISPOSICION EN UNA CARRETERA.

LA CAPACIDAD DEL UMBRAL DE ENTRADA DEL LAVADERO DEPENDERA DE LA SEPARACION ENTRE ELLOS, DEL GASTO TOTAL QUE ESCURRE POR EL BORDILLO Y DEL TIRANTE EN UNA SECCION INMEDIATAMENTE ANTES DEL UMBRAL.

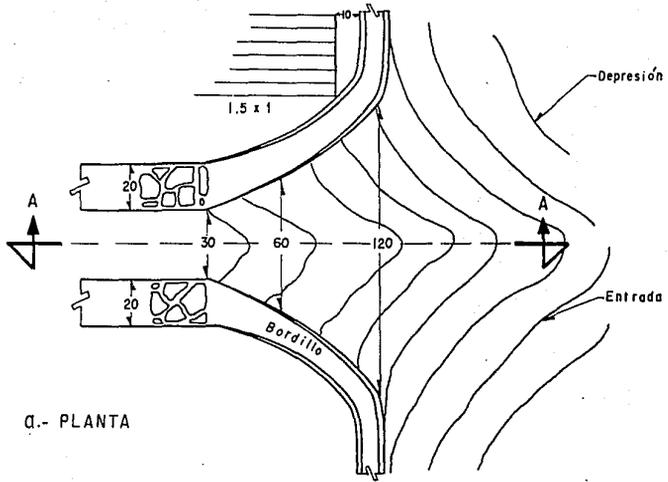
POR LO DIFICIL QUE ES DE LOGRAR QUE TODO EL GASTO QUE BAJA CONFINADO POR EL BORDILLO SEA CAPTADO POR EL LAVADERO, DADO EL BRUSCO VIRAJE QUE EL AGUA HA DE HACER, ES USUAL ACEPTAR QUE UNICAMENTE ENTRE EL 80 y 90% DEL AGUA SEA ACEPTADA.

EL LAVADERO PROPIAMENTE DICHO ES LA RAPIDA REVESTIDA QUE VA DESDE EL UMBRAL DE ENTRADA EN LA PARTE ALTA DEL TERRAPLEN HASTA LOS CEROS DEL MISMO O, YENDO AUN MAS ADELANTE, HASTA DONDE SE EFECTUE LA DESCARGA FINAL DEL AGUA PARA QUE ESTA SEA INOFENSIVA. ES USUAL QUE LA BAJADA TENGA UNA SECCION ESTANDAR Y EL DIMENSIONAMIENTO HIDRAULICO SE HACE VERIFICANDO, A PARTIR DEL GASTO DE ENTRADA, LA ALTURA EN LOS BORDOS DEL LAVADERO.

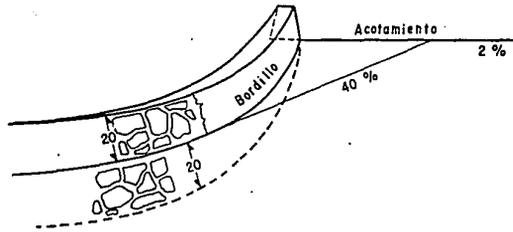
LAS FUERTES VELOCIDADES CON QUE EL AGUA BAJA POR EL LAVADERO HARIAN EN PRINCIPIO NECESARIA LA CONSTRUCCION DE UNA CAJA DISIPADORA DE ENERGIA AL PIE DEL MISMO, CON OBJETO DE EVITAR EROSIONES DEL PROPIO LAVADERO AL PIE DEL TERRAPLEN; LA ALTERNATIVA SERIA LA PROLONGACION DEL LAVADERO EN UN ABANICO DE AMORTIGUACION Y EN LA LONGITUD SUFICIENTE. LA CONSTRUCCION DE LA CAJA DISIPADORA SERIA QUIZA TODAVIA MAS IMPERATIVA SI EN LUGAR DE UTILIZAR BAJADA ABIERTA SE DOTASE AL LAVADERO DE UN TUBO DE CAIDA.

LOS LAVADEROS SE CONSTRUYEN MUY FRECUENTEMENTE DE MAMPOSTERIA CON JUNTEO DE LECHADA DE CEMENTO EN PROPORCION 1:4. TAMBIEN SE HACEN DE CONCRETO, Y DE MEDIA SECCION DE TUBO DE LAMINA GALVANIZADA CORRUGADA CON JUNTAS ATORNILLADAS.

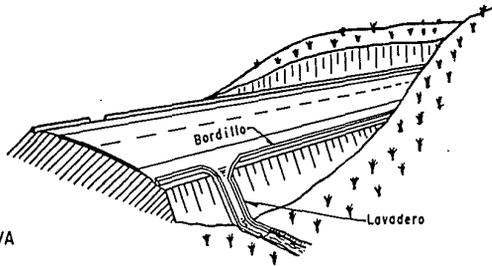
EN TERRAPLENES MUY ALTOS PUEDE CONVENIR COLOCAR LOS LAVADEROS TRANSVERSAL Y LONGITUDINALMENTE, COLOCANDO ALGUNAS SECCIONES EN LA DIRECCION LONGITUDINAL SOBRE LA SUPERFICIE DEL TALUD, PARA CAPTAR Y ELIMINAR LAS AGUAS QUE CAEN DIRECTAMENTE SOBRE ESTE.



a.- PLANTA



b.- CORTE A-A



c.- PERSPECTIVA

FIG. (C.3)- LAVADERO

LAS BAJADAS

SE DENOMINA ASI A ESTRUCTURAS DE FUNCION ANALOGA A LOS LAVADEROS, PERO CONSTITUIDAS POR UN TUBO APOYADO EN LA SUPERFICIE INCLINADA DEL TERRENO O ENTERRADO EN EL.

LA TUBERIA QUE SE HA EMPLEADO CON MAS EXITO ES LA DE LAMINA, PROVISTA DE ALGUNA JUNTA CAPAZ DE ABSORBER PEQUEÑOS MOVIMIENTOS POR TEMPERATURA O POR ASENTAMIENTO DEL TERRAPLEN O DEL TERRENO EN QUE SE COLOQUE EL TUBO.

UNO DE LOS USOS MAS FRECUENTES DE LAS BAJADAS SE TIENE CUANDO DENTRO DE LA LONGITUD DE UN CORTE QUEDA COMPRENDIDO UN TALWEG EN EL CORONAMIENTO; EL AGUA QUE AHI CAE NO PUEDE DEJARSE ESCURRIR LIBREMENTE SOBRE EL TALUD DEL CORTE, PORQUE ES DEMASIADA, NI PUEDE SER CANALIZADA A LA CUNETA POR LA MISMA RAZON. LA BAJADA ES LA SOLUCION TIPICA AL PROBLEMA, CON UN TUBO QUE ATRAVIESE LA CORONA DEL CAMINO Y CONDUZCA EL AGUA A DONDE NO DAÑE.

EL DIAMETRO MINIMO EN LOS TUBOS DE LA BAJADA DEBERA SER DE 45 cm , PERO NO ES DIFICIL VER DIAMETROS MAYORES, 60 cm O MAS, EN LUGARES EN DONDE SE PREVE LA NECESIDAD DE ELIMINAR GRANDES GASTOS.

LAS BERMAS

LAS BERMAS PUEDEN SER ELEMENTOS QUE CONSTITUYAN A LA ESTABILIDAD DE LOS CORTES. TAMBIEN PUEDEN CUMPLIR FUNCIONES DE DRENAJE SUPERFICIAL, DE CONTROL DE AGUAS Y DE CONDUCCION Y ELIMINACION.

LAS BERMAS CONSTRUIDAS EN LOS TERRAPLENES CON FINES DE DRENAJE SUELEN TENER UNA RELACION PERALTE:HUELLA EN EL ORDEN DE 1:1 a 1:1.5 Y SON DE DIMENSIONES PEQUEÑAS. LAS BERMAS EN LOS CORTES, CUANDO SE CONSTRUYEN PARA INTERRUMPIR LA TRAYECTORIA DE BAJADA DE LAS AGUAS SUELEN TENER UNA RELACION PERALTE:HUELLA GOBERNADA POR LA INCLINACION GENERAL DEL CORTE, POR LO QUE ESTA DIFICILMENTE PODRA PASAR DE 0.75:1 a 1:1.

EL EFECTO DE LA BERMA ES DISMINUIR LA FUERZA EROSIVA DEL AGUA QUE ESCURRE SUPERFICIALMENTE POR LOS TALUDES DE UN TERRAPLEN O UN CORTE O POR EL TERRENO NATURAL. DICHOS ELEMENTOS PUEDEN ENCAUZAR MAS APROPIADAMENTE EL AGUA COLECTADA SI SE LES DA UNA PENDIENTE APROPIADA HACIA LAVADEROS, BAJADAS, ETC.; ESTA AGUA EROSIONARIA DE OTRA MANERA LOS TALUDES CAUSANDO ARRASTRES QUE PROVOCARIAN PROBLEMAS EN LAS CUNETAS O SE INFILTRARIAN EN EL PROPIO TALUD CON EFECTOS NEGATIVOS SOBRE SU ESTABILIDAD.

EN OCASIONES SE APROVECHAN LAS BERMAS PARA PLANTAR PEQUEÑOS ARBUSTOS QUE, UNA VEZ DESARROLLADOS PROTEGEN ADECUADAMENTE LA SUPERFICIE DEL TALUD CONTRA LA EROSION.

LOS BORDOS.

LOS BORDOS DE TIERRA O MAMPOSTERIA SE CONSTRUYEN PARA ENCAUZAR LAS AGUAS, SEAN EN EL TERRENO NATURAL CERCANO A LA CARRETERA, PARA QUE EL AGUA LLEGUE A GARGANTAS, CAUCES NATURALES, ETC., O EN LA ENTRADA DE LAS ALCANTARILLAS O PUENTES, CON EL FIN DE QUE EL AGUA CRUCE APROPIADAMENTE POR TALES ESTRUCTURAS.

LOS BORDOS SE CONSTRUYEN GENERALMENTE CON MATERIAL PRODUCTO DE EXCAVACION.

LOS BORDOS DE TIERRA SUELEN CONSTRUIRSE CON TALUDES 2:1 ò 3:1, EN ALTURAS QUE RARA VEZ REBANAN LOS 2 m. Y CON UN ANCHO DE CORONA DE 50cm. SI SE TIENE CONTEMPLADO QUE EL AGUA SE MUEVA CON CIERTA VELOCIDAD A LO LARGO DEL TALUD AGUAS ARRIBA, PODRA PENSARSE EN PROTEGER ESTE CON PIEDRA O EN SUSTITUIR EL BORDO POR UN MURETE DE MAMPOSTERIA.

LAS CUNETAS

LAS CUNETAS SON CANALES QUE SE ADOSAN A LOS LADOS DE LA CORONA DE LA CARRETERA, EN CORTES EN BALCON HAY CUNETAS EN UN SOLO LADO Y EN CORTES EN CAJON, EN LOS DOS. LA CUNETA SE DISPONE EN EL EXTREMO DEL ACOTAMIENTO, EN CONTACTO INMEDIATO CON EL CORTE. SU UBICACION LE PERMITE RECIBIR LOS ESCURRIMIENTOS DE LAS LLUVIAS PROPIOS DEL TALUD Y LOS DEL AREA COMPRENDIDA ENTRE LA CORONA DEL CORTE Y LA CONTRACUNETA. TAMBIEN PUEDE RECIBIR AGUA QUE HAYA CAIDO SOBRE LA CORONA DE LA CARRETERA, CUANDO LA PENDIENTE TRANSVERSAL DE ESTA TENGA LA INCLINACION APROPIADA PARA ELLO.

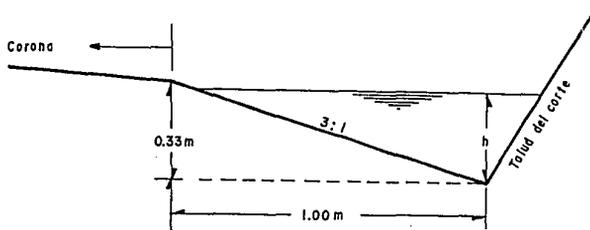
LA CAPACIDAD HIDRAULICA DE LA CUNETA COMO CANAL DEFINE PRINCIPALMENTE LA POSIBILIDAD DE CUMPLIR SU FUNCION DE CANALIZAR Y ELIMINAR CON RAPIDEZ EL AGUA QUE COLECTE.

LA PENDIENTE LONGITUDINAL MINIMA QUE DEBE EXISTIR EN UNA CUNETA ES DE 0,5%. LA VELOCIDAD CON LA QUE EL AGUA CIRCULE SOBRE ELLA DEBE QUEDAR COMPRENDIDA ENTRE LOS LIMITES DE DEPOSITO Y EROSION. PARECE CONVENIENTE LIMITAR LA VELOCIDAD DEL AGUA EN LAS CUNETAS A 3.00 m/seg. EN ZAMPEADOS Y A 4.00 m/seg. EN CONCRETO.

LAS CUNETAS SE CONSTRUYEN GENERALMENTE DE SECCION TRIANGULAR. EL TALUD HACIA LA CARRETERA ES COMO MINIMO 3:1, PREFERENTEMENTE 4:1 Y EL DEL LADO DEL CORTE SIGUE SENSIBLEMENTE LA INCLINACION DE ESTE. LA LAMINA DE AGUA NO DEBE SER MAYOR DE 30cm.

CUANDO LAS CUNETAS SE REVISTEN, USUALMENTE ELLO SE HACE CON MAMPOSTERIA O CONCRETO HIDRAULICO. EN EL PRIMER CASO SUELE UTILIZARSE MORTERO CON PROPORCION 1:4 (90 kg. DE CEMENTO POR CADA METRO CUBICO DE MAMPOSTERIA), Y EN EL SEGUNDO CASO PUEDEN UTILIZARSE LOSAS COLADAS EN EL SITIO O PRECOLADAS. LAS LOSAS UTILIZADAS SUELEN TENER ALREDEDOR DE 1m DE LONGITUD Y TENER JUNTAS SELLADAS, PARA EVITAR FUGAS DE AGUA.

AL FINAL DE SU RECORRIDO LAS CUNETAS DESCARGAN POR LAVADEROS Y BAJADAS A ALCANTARILLAS, CAÑADAS, CAUCES NATURALES, ETC.



SECCION TRIANGULAR TIPICA EN UNA CUNETA

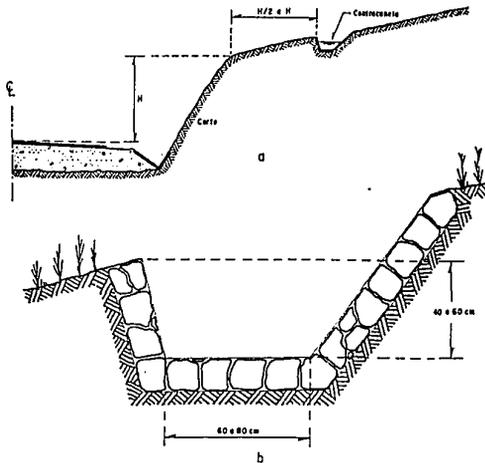
LAS CONTRACUNETAS

SE DENOMINA CONTRACUNETETA A LOS CANALES, EXCAVADOS EN EL TERRENO NATURAL O FORMADOS CON PEQUEÑOS BORDOS. QUE SE LOCALIZAN AGUAS ARRIBA DE LOS TALUDES DE LOS CORTES. CERCA DE ESTOS. CON LA FINALIDAD DE INTERCEPTAR EL AGUA SUPERFICIAL QUE ESCURRE LADERA ABAJO DESDE MAYORES ALTURAS, PARA EVITAR LA EROSION DEL TALUD Y EL CONGESTIONAMIENTO DE LAS CUNETETAS Y LA CORONA DE LA CARRETERA POR EL AGUA Y SU MATERIAL DE ARRASTRE.

EL DESARROLLO DE LA CONTRACUNETETA DEBE SER SENSIBLEMENTE PARALELO AL PROPIO CORTE; DE ESTA MANERA EL CANAL SE VA DESARROLLANDO CON PENDIENTE LONGITUDINAL.

LA CONTRACUNETETA DEBE CONDUCIR EL AGUA CAPTADA A CAÑADAS O CAUCES NATURALES EN QUE EXISTAN OBRAS QUE CRUCEN LA CARRETERA Y ES NORMAL QUE PARA EVITAR EXCESIVO DESARROLLO DEL CANAL LOS EXTREMOS LLEGUEN A TENER PENDIENTES MUY CONSIDERABLES, FUNCIONANDO COMO AUTENTICOS LAVADEROS.

LA SECCION DEL CANAL ESTA DEFINIDA POR SU CAPACIDAD HIDRAULICA.



CONTRACUNETETA

LAS ALCANTARILLAS

LAS OBRAS DE CRUCE, QUE SON LLAMADAS TAMBIEN DE DRENAJE TRANSVERSAL, TIENEN POR OBJETO DAR PASO RAPIDO AL AGUA QUE, POR NO PODER DESVIARSE DE OTRA FORMA, TENGAN QUE CRUZAR DE UN LADO A OTRO DE LA CARRETERA. EN ESTAS OBRAS DE CRUCE ESTAN COMPRENDIDAS LAS ALCANTARILLAS. UNA ALCANTARILLA CONSTA DE DOS PARTES: EL CAÑON Y LOS MUROS DE CABEZA. EL CAÑON FORMA EL CANAL DE LA ALCANTARILLA Y ES LA PARTE PRINCIPAL DE LA ESTRUCTURA. LOS MUROS DE CABEZA SIRVEN PARA IMPEDIR LA EROSION ALREDEDOR DEL CAÑON, PARA GUIAR LA CORRIENTE Y PARA EVITAR QUE EL TERRAPLEN INVADA EL CANAL. SIN EMBARGO, SI SE ALARGA EL CAÑON, LOS MUROS DE CABEZA SE PUEDEN OMITIR. SEGUN LA FORMA DEL CAÑON LAS ALCANTARILLAS SE DIVIDEN EN *ALCANTARILLAS DE TUBO, ALCANTARILLAS DE CAJON, Y ALCANTARILLAS DE BOVEDA.*

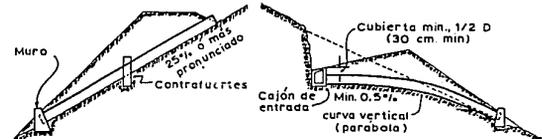
LAS ALCANTARILLAS SE COLOCAN, GENERALMENTE, EN EL FONDO DEL CAUCE QUE DESAGUAN, AUNQUE EN ALGUN CASO EN PARTICULAR PUEDE CAMBIARSE ESA LOCALIZACION.

AL LOCALIZAR UNA ALCANTARILLA DEBE PROCURARSE NO FORZAR LOS CRUCES PARA HACERLOS NORMALES CUANDO LA LOCALIZACION RAZONABLE Y NATURAL ES ESVAJADA.

CUANDO LA FORMA DEL CAUCE SE AJUSTA A LA DIRECCION DE LA ALCANTARILLA, BASTA PONER MUROS DE CABEZA PARA ENCAUZAR EL AGUA. CUANDO EL CAUCE ES IRREGULAR O SE ENCUENTRA CUBIERTO DE PIEDRAS O DE MALEZA, ES NECESARIO CANALIZAR UN TRECHO A LA ENTRADA Y A LA SALIDA DE LA ALCANTARILLA PARA QUE EL AGUA TOMA SU CAUSE.

ES RECOMENDABLE QUE LA PENDIENTE EN LAS ALCANTARILLAS SEA LA MISMA QUE LA DEL LECHO DE LA CORRIENTE. SI LA PENDIENTE DE LA ALCANTARILLA ES MAYOR, EL EXTREMO DE LA MISMA TIENDE A AZOLVARSE, Y POR EL CONTRARIO, SI LA PENDIENTE ES MENOR QUE LA DEL CAUCE, ES EL EXTREMO SUPERIOR EL QUE SE OBSTRUYE.

LA LONGITUD DE LAS ALCANTARILLAS DEPENDE DEL ANCHO DE LA CORONA DE LA CARRETERA, DE LA ALTURA DEL TERRAPLEN, DEL TALUD DEL MISMO Y DEL ANGULO DE ESVAJAMIENTO. EL CAÑON DE LAS ALCANTARILLAS DEBE SER LO SUFICIENTEMENTE LARGO PARA QUE NO CORRA EL PELIGRO DE OBSTRUIRSE EN SUS EXTREMOS CON MATERIAL DEL TERRAPLEN QUE SE DESLAVE DURANTE LAS LLUVIAS.

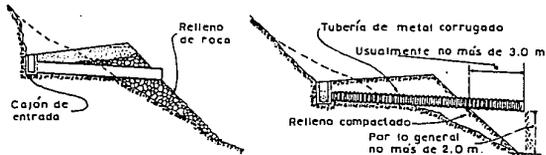


Cuando la línea de flujo excede de 25%, use muro de cabeza y contrafuertes para evitar que la tubería se resbale ladera abajo llegando a desarticularse.

Pendiente convexa usamos curva vertical. También se pueden usar dos pendientes rectas que se intersectan en una caja de derivación.



Tome el perfil de la corriente a suficiente distancia aguas arriba y aguas abajo para establecer la pendiente promedio. Ponga la línea de flujo de la alcantarilla en la pendiente promedio.



Las alcantarillas pequeñas pueden descargarse con seguridad sobre taludes de relleno de rocas. Si el talud fuera de tierra, se usarán bastones de concreto para proteger el talud de la erosión.

Las alcantarillas de tubo de metal corrugado en suelos desmenuados se debe colocar sobre bastones de concreto para proteger el talud de relleno, con un tampeado.

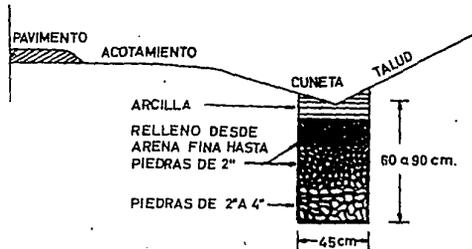
DIVERSOS PERFILES DE ALCANTARILLAS

DRENES CIEGOS

LOS DRENES CIEGOS SON ZANJAS RELLENAS DE PIEDRA QUEBRADA O GRAVA. CUANDO SE USAN DRENES CIEGOS PARALELOS AL CAMINO, LA PRACTICA COMUN ES LA DE COLOCAR UNO EN CADA LADO DEL CAMINO, PRECISAMENTE BAJO LAS CUNETAS.

LOS DRENES CIEGOS SON DE 0.45 m DE ANCHO Y DE 0.60 m a 0.90 m DE PROFUNDIDAD.

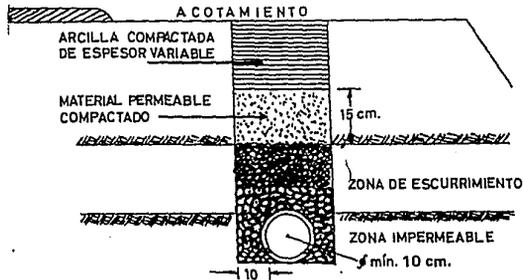
PARA QUE SEAN EFECTIVOS DEBEN TENER UNA PENDIENTE UNIFORME E IR A DESFOGAR A UNA SALIDAD ADECUADA.



DREN CIEGO

DRENES DE TUBO

EN GENERAL, PARA EL DRENAJE SUBTERRANEO EN CARRETERAS, LOS DRENES CON TUBO DE BARRO O DE CONCRETO SON MUY SUPERIORES A LOS FORMADOS POR ZANJAS ABIERTAS Y A LOS DRENES CIEGOS. LOS TUBOS PARA SUBDRENAJE DEBEN SATISFACER UNA SERIE DE REQUISITOS PARA QUE FUNCIONEN DURANTE UN PERIODO LARGO. ESTOS REQUISITOS SE REFIEREN AL APLASTAMIENTO, FLEXION . PRESION HIDRAULICA, CAPACIDAD DE INFILTRACION Y DURABILIDAD.



DREN DE TUBO

D.- ESTUDIOS PRELIMINARES

BANCOS DE MATERIALES.

UNO DE LOS COSTOS MAS IMPORTANTES EN LA CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DE LAS CARRETERAS CORRESPONDE A LOS MATERIALES, ROCA, ARENA, GRAVA, Y OTROS MATERIALES, POR LO QUE SU LOCALIZACION Y SELECCION SE CONVIERTEN EN UNO DE LOS PROBLEMAS BASICOS PARA EL INGENIERO PROYECTISTA DE CARRETERAS.

SE MUESTRA LA TABLA (E.1) QUE PUEDE SERVIR PARA PROPORCIONAR UNA VALUACION PRELIMINAR DE LAS DIFERENTES CLASES DE ROCAS, EN CUANTO A SUS CARACTERISTICAS COMO MATERIALES DE CONSTRUCCION; CLARO QUE UN BUEN DIAGNOSTICO DEPENDE DE OTRAS CARACTERISTICAS Y FACTORES QUE DEBEN DE COMPLETARSE EN EL LABORATORIO.

LOCALIZACION DE BANCOS

LOCALIZAR UN BANCO ES MAS QUE DESCUBRIR UN LUGAR DONDE EXISTA UN VOLUMEN SUFICIENTE Y EXPLOTABLE DE SUELOS O ROCAS QUE PUEDAN EMPLEARSE EN LA CONSTRUCCION DE UNA DETERMINADA PARTE DE UNA CARRETERA, SATISFACIENDO LAS ESPECIFICACIONES DE CALIDAD REQUERIDAS. TAMBIEN HA DE GARANTIZARSE QUE LOS BANCOS ELEGIDOS SON LOS MEJORES ENTRE TODOS LOS DISPONIBLES. LOS BANCOS TIENEN QUE SER LOS MAS FACILMENTE ACCESIBLES Y LOS QUE SE PUEDAN EXPLOTAR POR LOS PROCEDIMIENTOS MAS EFICACES Y MENOS COSTOSOS. TIENEN QUE SER LOS QUE PRODUZCAN LAS MINIMAS DISTANCIAS DE ACARREO DE LOS MATERIALES A LA OBRA. DEBE DE TOMARSE EN CUENTA EL QUE LOS BANCOS ESTEN LOCALIZADOS DE TAL MANERA QUE SU EXPLOTACION NO GENERE PROBLEMAS LEGALES DE DIFICIL O LENTA SOLUCION Y QUE NO PERJUDIQUEN A LOS HABITANTES DEL LUGAR. OTRO PUNTO IMPORTANTE PARA SU LOCALIZACION ES EL QUE SE REFIERE A QUE SE TENGAN LOS PROCEDIMIENTOS MAS SENCILLOS Y ECONOMICOS DURANTE SU TENDIDO Y COLOCACION FINAL EN LA OBRA Y QUE REQUIERAN LOS MINIMOS TRATAMIENTOS.

LA BUSQUEDA Y LOCALIZACION DE BANCOS DE MATERIALES PUEDE HACERSE PRINCIPALMENTE POR FOTINTERPRETACION O POR RECONOCIMIENTOS TERRESTRES DIRECTOS.

EL RECONOCIMIENTO TERRESTRE DEL FUTURO BANCO RESULTA INDISPENSABLE. EN EL DEBERA DEFINIRSE NO SOLO LA POSIBILIDAD DE LA EXPLOTACION, SINO TAMBIEN EL GRADO DE DIFICULTAD DE LA MISMA, LOS PROBLEMAS QUE PUDIERAN ACARRERAR LAS AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRANEAS, LOS VOLUMENES NECESARIOS, LOS PROBLEMAS LEGALES, ETC.

GENERALMENTE, ES NECESARIO LOCALIZAR BANCOS PARA MATERIALES DE TERRACERIAS, SUB-RASANTES, SUB-BASES Y CONCRETO.

LOS BANCOS DE TERRACERIAS CONVIENE FIJARLOS NO DEMASIADO ESPACIADOS, PARA EVITAR DISTANCIAS DE ACARREO EXCESIVAS. SE RECOMIENDA QUE LAS DISTANCIAS NO EXCEDAN LOS 5 km.

LOS BANCOS PARA SUBRASANTES COMUNENTE SE ENCUENTRAN EN OTEROS BAJOS Y EXTENDIDOS, EN FORMACIONES DE ROCA MUY ALTERADA, EN LAS ZONAS LIMOARENOSAS DE LOS RIOS, EN ZONAS DE DEPOSITOS VOLCANICOS, ETC. LAS DISTANCIAS COMUNES ENTRE BANCOS PUEDE LLEGAR A SER DEL ORDEN DE LOS 10 km.

LOS MATERIALES PARA SUB-BASE, DEBIDO A LOS REQUISITOS GRANULOMETRICOS, SUELEN ESTAR CONDICIONADOS EN FORMA IMPORTANTE POR LOS TRATAMIENTOS MECANICOS QUE LLEGAN A REQUERIR PARA SATISFACER ESA GRANULOMETRIA ESPECIFICADA POR LAS NORMAS DE CALIDAD, Y POR LO TANTO SE NECESITA DE INSTALACIONES ESPECIALES. ES POR ESTO QUE LOS BANCOS SUELEN ESTAR MUY ESPACIADOS HASTA POR 50 km.

EXPLORACION Y MUESTREO DE BANCOS

LA EXPLORACION DE UNA ZONA EN LA QUE SE PRETENDA ESTABLECER UN BANCO DE MATERIALES DEBE DE TENER LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS:

1.- DETERMINACION DE LA NATURALEZA DEL DEPOSITO, DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOLOGICO E HIDROLOGICO.

2.- ESPESOR, PROFUNDIDAD, EXTENSION Y COMPOSICION DE LOS ESTRATOS DE SUELO O ROCA QUE SE PRETENDAN EXPLORAR.

3.- UBICACION DEL AGUA SUBTERRANEA, INCLUYENDO LA REFERENTE AL NIVEL FREATICO.

LA INVESTIGACION DE LOS BANCOS ESTA FORMADA POR TRES ETAPAS:

A) RECONOCIMIENTO PRELIMINAR DEL BANCO.

B) LA EXPLORACION PRELIMINAR POR MEDIO DE PROCEDIMIENTOS SIMPLES Y RAPIDOS.

C) LA EXPLORACION DEFINITIVA HECHA POR MEDIO DE SONDEOS Y PRUEBAS DE LABORATORIO.

PRUEBAS DE LABORATORIO QUE SE EFECTUAN A LOS SUELOS QUE SE EXTRAEN DE BANCOS SEGUN SU UTILIZACION

I.- TERRACERIAS

- a) CLASIFICACION: LIMITES DE PLASTICIDAD
GRANULOMETRIA
- b) CALIDAD : PESO VOLUMETRICO MAXIMO.
A VECES, VALOR RELATIVO DE SOPORTE .

II.- CAPA SUBRASANTE.

- a) CLASIFICACION: LIMITES DE PLASTICIDAD.
GRANULOMETRIA
- b) CALIDAD: PESO VOLUMETRICO MAXIMO.
VALOR RELATIVO DE SOPORTE.
EXPANSION.
EQUIVALENTE DE ARENA.
- c) DISEÑO : DETERMINACION DEL MODULO DE REACCION

III.- SUB-BASE

- a) CLASIFICACION: LIMITES DE PLASTICIDAD.
GRANULOMETRIA.
- b) CALIDAD: PESO VOLUMETRICO MAXIMO.
VALOR RELATIVO DE SOPORTE V.R.S.
EQUIVALENTE DE ARENA.
EXPANSION.
- c) DISEÑO: MODULO DE REACCION DE LA SUB-BASE CONOCIDO EL DE LA SUBRASANTE

CARACTERISTICAS DE ALGUNAS ROCAS COMO MATERIALES DE CONSTRUCCION EN CARRETERAS

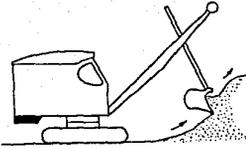
<i>Roca</i>	<i>Método de Excavación requerido</i>	<i>Fragmentación</i>	<i>Susceptibilidad a la meteorización</i>
Granito Diorita	Explosivos	Fragmentos irregulares, que dependen del uso de los explosivos.	Probablemente resistente.
Basalto	Explosivos	Fragmentos irregulares, que dependen de las juntas y grietas.	Probablemente resistente.
Toba	Equipo o explosivos	Fragmentos irregulares, muchas veces con finos en exceso.	Algunas variedades se deterioran rápidamente.
Arenisca	Equipo o explosivos	En lajas, dependiendo de la estratificación.	Según la naturaleza del cementante.
Conglomerado	Equipo o explosivos	Exceso de finos, dependiendo del cementante.	Algunos se alteran para formar arenas limosas
Limonita Lutita	Equipo	Desde pequeños bloques a lajas.	Muchas se desintegran rápidamente para formar arcillas; debe considerárselas sospechosas, a menos que las pruebas indiquen otra cosa.
Caliza Masiva	Explosivos	Fragmentos irregulares; muchas veces, lajas.	Las vetas pizarrosas se deterioran, pero las otras son resistentes.
Coquina Creta	Equipo	Fragmentos porosos, usualmente con exceso de finos.	Algunas formas porosas se alteran por humedecimiento; otras se cementan con procesos alternados de humedecimiento y secado.
Cuarcita	Explosivos	Fragmentos irregulares, muy angulosos.	Probablemente resistente.
Pizarras Esquistos	Explosivos	Fragmentos irregulares o lajeados, según la foliación.	Algunas se deterioran con procesos de humedecimiento y secado.
Gneis	Explosivos	Fragmentos irregulares, muchas veces alargados.	Probablemente resistente.
Desechos industriales y de minas	Equipo	Depende del material, pero en la mayoría de los casos es irregular.	La mayoría de las variedades (excepto las ígneas de mina) deben considerarse deteriorables, en tanto las pruebas no indiquen otra cosa.

Equipo común para explotación de bancos y transporte de materiales

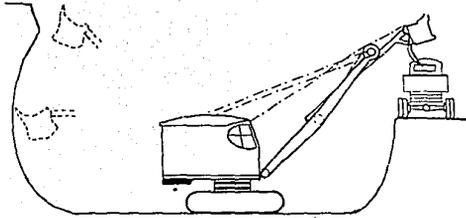
Tipo de material	Despalme y limpieza (Si se requiere)	Preparación del banco	Excavación y carga		Transporte	
			Tamaño máximo (m)	Equipo	Distancia (m)	Equipo
ROCAS						
Roca sana (Superficialmente alterada)	Tractor de orugas con cuchilla frontal, inclinable	Barrenación y tronado de acuerdo al tipo de roca y al tamaño máximo por obtener	$0.75 < X < 2.00$	Pala mecánica	Menos de 150	Volquete o camión
			$0.30 < X < 0.75$	Pala mecánica o cargador frontal	De 150 a 2,500	Vagoneta o camión
			$0.075 < X < 0.30$	Pala mecánica o cargador frontal	De 2,500 a 100,000	Camión o remolque
					Más de 100,000	F. C. (si disponible), camión o remolque
Roca alterada (Superficialmente muy alterada)	Tractor de orugas o neumáticos con cuchilla frontal inclinable	Barrenación y tronado, escarificación y monco o sólo escarificación	$0.30 < X < 0.75$	Pala mecánica o cargador frontal	Menos de 150	Volquete o camión
			$0.075 < X < 0.30$	Pala mecánica o cargador frontal	De 150 a 2,500	Vagoneta o camión
					Más de 2,500	Camión o remolque
Roca muy alterada (Suelo y fragmentos chicos superficiales)	Tractor de orugas o neumático, con cuchilla frontal inclinable o escropa halada con tractor de orugas	Escarificación y monco o sólo escarificación	$0.075 < X < 0.75$	Pala mecánica o Cargador frontal	Menos de 150	Volquete o camión
					De 150 a 2,500	Camión o vagoneta
					Más de 2,500	Camión o remolque
		Escarificación	$X < 0.075$	Escropa	Menos de 150	Escropa halada con tractor de orugas o motoescrepa
De 150 a 2,500	Escropa halada con tractor neumático o motoescrepa					

SUELOS

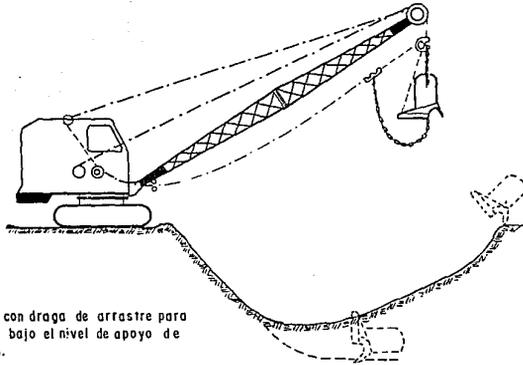
	Tractor de orugas o neumático con cuchilla frontal inclinable	Escarificación y mono	$0.30 < X < 0.75$	Pala mecánica o cargador frontal	Menos de 150	Volquete o camión
		Escarificación	$0.075 < X < 0.30$		De 150 a 2,500	Camión o vagoneta
	Draga	Ninguno	$X < 0.075$ Bajo el N. A. F.	Draga de almeja o de arrastre	Más de 2,500	Camión o remolque
Aluviones	Tractor de oruga o neumático con cuchilla frontal inclinable o escrepa halada con tractor de oruga	Escarificación	$X < 0.075$ Sobre N. A. F.	Escrepa	Menos de 150	Escrepa halada con tractor de orugas o motoescrepa
					De 150 a 2,500	Escrepa halada con tractor neumático o motoescrepa
Arenas, limos y arcillas	Tractor de orugas o neumático con cuchilla frontal inclinable	Escarificación cuando compacto, cementado o duro	$X < 0.005$	Pala mecánica Motoelevadora Cargador frontal	Menos de 150 De 150 a 2,500 Más de 2,500	Camión o volquete Camión o vagoneta Camión o remolque
	Escrepa halada con tractor de oruga o motoescrepa tractor	Escarificación cuando compacto, cementado o duro	$X < 0.005$	Escrepa	Menos de 150	Escrepa halada con tractor de oruga o motoescrepa
					De 150 a 250	Escrepa halada con tractor neumático o motoescrepa
	Draga de arrastre o de almeja	Ninguno	$X < 0.005$ Bajo el N. A. F.	Draga de arrastre o almeja	Menos de 150 De 150 a 2,500	Camión Camión o vagoneta
Draga marina	Ninguno		Draga marina	Conducción hidráulica al tanque de sedimentación		



a) Operación normal en un depósito de voladura.

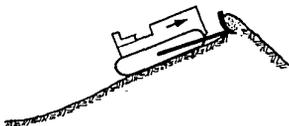


b) Operación en frente vertical.

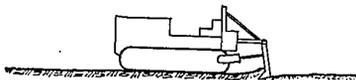


c) Operación con draga de arrastre para materiales bajo el nivel de apoyo de la máquina.

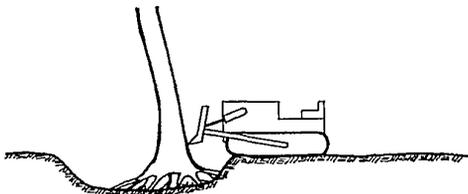
LIMPIEZA Y PREPARACION DE UN BANCO DE MATERIALES



a) Limpieza del banco con tractor provisto de cuchilla frontal.

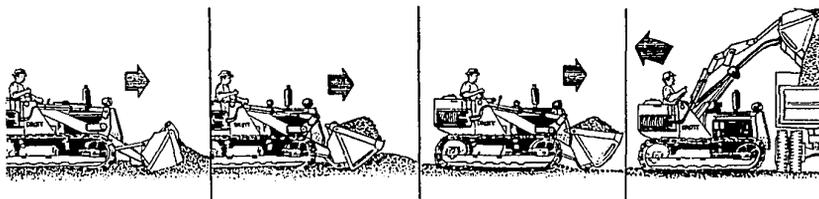


b) Preparación y afloje del banco con arado.



c) Desmonte.

EXPLOTACION DE UN BANCO CON PALA MECANICA



TRABAJO DE UN CARGADOR FRONTAL EN LA EXPLOTACION DE UN BANCO DE MATERIALES

E.- ESTUDIOS GEOTECNICOS

RESULTA DE VITAL IMPORTANCIA PARA LA BUENA CONSTRUCCION DE UNA CARRETERA DE CONCRETO HIDRAULICO EL CONTAR CON LOS ESTUDIOS DE GEOTECNIA QUE NOS DEN LOS PARAMETROS SOBRE LOS CUALES VAMOS A IMPLEMENTAR LOS MECANISMOS DE TRABAJO Y DE PROYECTO DE LAS DIFERENTES CAPAS QUE CONFORMAN AL PAVIMENTO RIGIDO.

AUNQUE ESTE TRABAJO COMO SU NOMBRE LO INDICA ES REFERENTE AL CONCRETO HIDRAULICO EN LAS CARRETERAS, NO DEJA DE SER IMPORTANTE EL MENCIONAR LAS CLASES DE ESTUDIOS QUE SE DEBEN DE LLEVAR A CABO EN MATERIA DE GEOTECNIA; SE MENCIONARAN ASPECTOS GENERALES SIN PRETENDER ADENTRARNOS EN UN ESTUDIO PROFUNDO PORQUE SE PERDERIA DE VISTA EL TEMA CENTRAL DE ESTE TRABAJO.

EL ESTUDIO GEOTECNICO DEBERA PONER A DISPOSICION DEL GRUPO ENCARGADO DEL PROYECTO, TODA LA INFORMACION RELEVANTE SOBRE EL TERRENO DE CIMENTACION, TIPOS DE MATERIALES A EMPLEAR Y LA VENTAJA QUE PUEDE OBTENERSE DE LOS DISPONIBLES, SEÑALANDO SU PROBABLE COMPORTAMIENTO FUTURO Y LOS TRATAMIENTOS QUE SE REQUIERAN EN TODOS LOS SUELOS Y ROCAS POR USAR, ASI COMO LOS PROCEDIMIENTOS IDONEOS DE CONSTRUCCION POR IMPLEMENTAR.

LA INFORMACION GEOTECNICA DEBERA PRESENTARSE DE MANERA SENCILLA, CLARA Y SISTEMATICA, TRADUCIENDO LAS CARACTERISTICAS DE LAS FORMACIONES EXISTENTES EN EL CAMPO Y TODOS LOS DATOS PERTINENTES, A VALORES NUMERICOS Y RECOMENDACIONES CLARAS.

EN LA EJECUCION DE UN ESTUDIO GEOTECNICO PUEDEN DISTINGUIRSE DOS ETAPAS. LA PRIMERA COMPRENDE RECONOCIMIENTOS, EXPLORACION, LEVANTAMIENTO DE DATOS Y LAS PRUEBAS DE LABORATORIO. EN LA SEGUNDA ETAPA SE RECOPILA LA INFORMACION DISPONIBLE, SE ANALIZA, SE PRODUCEN RECOMENDACIONES DETALLADAS Y CONCRETAS Y SE REDACTA EL INFORME CORRESPONDIENTE.

DATOS DE SUELOS PARA EL CALCULO DEL DIAGRAMA DE MASAS

EL CORRECTO CALCULO DE UN DIAGRAMA DE MASAS, DEPENDE EN MUCHO DE ESTUDIOS DE GEOTECNIA QUE PUEDAN OFRECER A LOS INGENIEROS ENCARGADOS DEL PROYECTO GEOMETRICO DE LA CARRETERA.

CADA ALTERNATIVA DE TRAZO EN ESTUDIO DEBERA TENER SU CORRESPONDIENTE PERFIL DE SUELOS, ESPECIFICANDO EL USO QUE DEBA DARSE A LOS MATERIALES Y LOS POSIBLES TRATAMIENTOS QUE CONVenga SOMETER A ESTOS.

1.- TABLA DE DATOS PARA EL CALCULO DEL DIAGRAMA DE MASAS.

LA TABLA (C.1) ES UTILIZADA COMUNMENTE COMO AUXILIAR PARA EL CALCULO DEL DIAGRAMA DE MASAS, SE DESCRIBIRA BREVEMENTE SU FORMA DE LLENADO Y SU USO:

LA CLASIFICACION QUE FIGURA EN LA TERCERA COLUMNA DE LA TABLA SE REFIERE A LA DE MATERIALES PETREOS Y SUELOS. ADEMAS DE PROPORCIONAR EL SIMBOLO DEL GRUPO AL QUE CORRESPONDA, SE DEBERA AÑADIR UNA MUY BREVE DESCRIPCION DE LOS MATERIALES QUE SE MENCIONEN.

LA COLUMNA QUE APARECE BAJO EL NOMBRE DE **TRATAMIENTO PROBABLE** SE REFIERE AL TRATAMIENTO MECANICO QUE SE RECOMIENDA PARA CADA UNO DE LOS MATERIALES ENCONTRADOS EN EL MOMENTO DE SER COLOCADOS EN EL TERRAPLEN. LOS TRATAMIENTOS MAS FRECUENTES SON LA COMPACTACION EN LOS SUELOS, EL BANDEADO CON TRACTOR O EQUIPO SIMILAR.

UNO DE LOS DATOS DE MAYOR INTERES QUE FIGURA EN LA TABLA (C.1) PARA EL DIAGRAMA DE MASAS SON LOS COEFICIENTES DE VARIACION VOLUMETRICA DE LOS MATERIALES QUE SE UTILIZARAN EN LA CONSTRUCCION DE TERRACERIAS. EL PESO VOLUMETRICO SECO DE UN MATERIAL EN EL LUGAR DE DONDE HA DE SER EXTRAIDO NUNCA SERA EL MISMO QUE EL DE ESE MISMO MATERIAL COLOCADO YA EN EL TERRAPLEN; CUANDO EL MATERIAL SE EXCAVA, ES FRECUENTE QUE SU VOLUMEN AUMENTE, PARA REDUCIRSE OTRA VEZ CUANDO ES COMPACTADO EN SU LUGAR FINAL. LA TABLA (C.2) NOS DA UNA MUY BUENA IDEA DE ESOS COEFICIENTES Y EL FACTOR DE ABUNDAMIENTO RESPECTIVO PARA CADA TIPO DE SUELO. EL COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA ES UN NUMERO QUE EXPRESA LA RELACION ENTRE EL PESO VOLUMETRICO SECO EN ESTADO NATURAL Y EL MISMO CONCEPTO CUANDO EL MATERIAL ESTA COMPACTADO A UN CIERTO GRADO DE COMPACTACION. SE RECOMIENDA EXPRESARLO COMO:

$$C_{vv} = \{ (g_{dn} / g_{d \max}) / G_c \}$$

DONDE:

g_{dn} = ES EL PESO VOLUMETRICO SECO DEL SUELO EN ESTADO NATURAL, EN EL LUGAR DE DONDE HA DE SER EXTRAIDO.

$g_{d \max}$ = ES EL MAXIMO PESO VOLUMETRICO SECO QUE PUEDE OBTENERSE PARA ESE SUELO CON LA PRUEBA DE CONTROL DE COMPACTACION QUE SE ESTE EMPLEANDO.

G_c = ES EL GRADO DE COMPACTACION QUE SE ESPECIFIQUE PARA TAL CASO.

EL COEFICIENTE DE VARIACION VOLUMETRICA PERMITE ESTABLECER LOS VOLUMENES DE MATERIALES QUE HAN DE SER EXCAVADOS Y OBTENIDOS EN LOS BANCOS DE PRESTAMOS, PARA LLEGAR AL VOLUMEN QUE SE REQUIERE EN LAS TERRACERIAS; ES UN DATO INDISPENSABLE PARA LLEGAR A LOS VERDADEROS COSTOS DE UN PROYECTO CARRETERO.

LA CLASIFICACION PARA PRESUPUESTO QUE FIGURA EN LA COLUMNA SIGUIENTE DE LA TABLA PARA EL CALCULO DEL DIAGRAMA DE MASAS RESPONDE A UNA POSIBLE NECESIDAD PRACTICA DE LAS INSTITUCIONES QUE SE DEDICAN A PROYECTAR Y CONSTRUIR CARRETERAS EN GRAN ESCALA; SE TRATA DE ESTABLECER UNA CLASIFICACION DE LOS MATERIALES QUE HAN DE MOVERSE, HECHA CON FINES DE PAGO DE LOS TRABAJOS CORRESPONDIENTES, JUZGANDO LA DIFICULTAD DE LAS OPERACIONES, LOS EQUIPOS Y METODOS QUE ES PRECISO USAR, CON EL FIN DE LLEGAR A DEFINIR UN PRECIO CONCRETO PARA CADA TIPO DE MATERIAL ENCONTRADO EN LA OBRA.

UNO DE LOS PUNTOS FUNDAMENTALES DE UN ESTUDIO GEOTECNICO PARA UNA CARRETERA SERA EL CONJUNTO DE RECOMENDACIONES QUE SE DAN PARA SEÑALAR LA INCLINACION QUE HAYA DE DARSE A CORTES Y TERRAPLENES.

DIAGRAMAS DE PRESTAMOS DE MATERIALES

LA SEGUNDA TABLA QUE SE MUESTRA PROPORCIONA LOS DATOS DE TODOS LOS BANCOS DE PRESTAMOS QUE SE UTILICEN PARA CONSTRUIR LA CARRETERA.

EN GENERAL, LOS MATERIALES QUE FORMAN LAS TERRACERIAS SE OBTIENEN DE TRES FUENTES DISTINTAS. SE UTILIZA EL OBTENIDO DE LA EXCAVACION DE UN CORTE PARA FORMAR UN TERRAPLEN CERCANO; ESTE PROCEDIMIENTO ES DENOMINADO COMO COMPENSACION LONGITUDINAL Y RESULTA ECONOMICO, PORQUE TIENDE A DISMINUIR LOS VOLUMENES DE DESPERDICIO Y A UTILIZAR TODO EL MATERIAL REMOVIDO.

EL SEGUNDO PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCION DE MATERIALES ES EL LLAMADO PRESTAMO LATERAL. CONSISTE EN QUE DE EL SE EXTRAE EL MATERIAL NECESARIO DE EXCAVACIONES PARALELAS AL EJE DE LA VIA Y JUNTO A ESTA, GENERALMENTE DENTRO DEL DERECHO DE VIA. CON ESTE PROCEDIMIENTO SE DISMINUYEN LOS ACARREOS DE LOS MATERIALES, QUE REPRESENTAN UN COSTO IMPORTANTE DENTRO DE LA CONSTRUCCION.

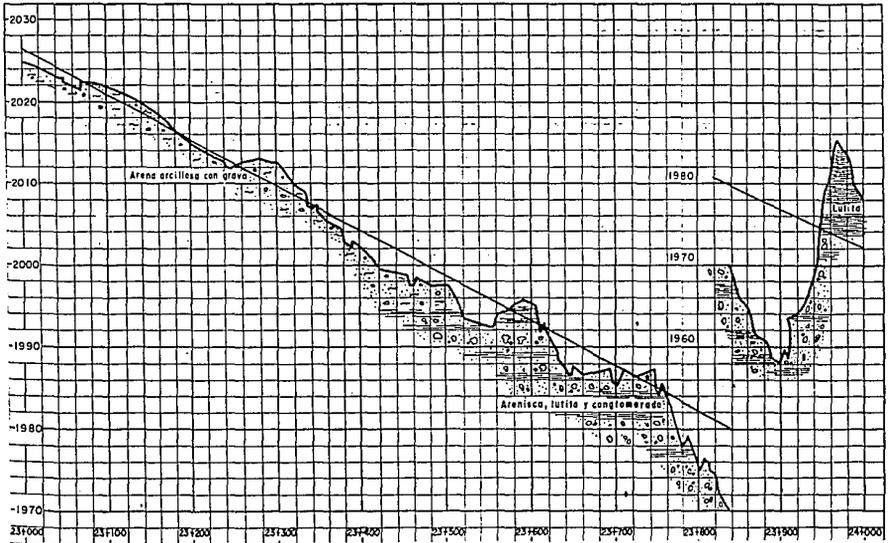
EL TERCER METODO PARA LA OBTENCION DE MATERIALES ES EL DE LA LOCALIZACION DE UN DEPOSITO O FORMACIONES NATURALES, CONSTITUIDO POR UN MATERIAL DE CARACTERISTICAS APROPIADAS PARA EXPLOTARLO EN FORMA MASIVA Y ACARRERALO Y TENDERLO EN LA CARRETERA. ESTOS SON LOS BANCOS DE PRESTAMO.

TABLA (C.2). VALORES TÍPICOS DE COEFICIENTES DE VARIACIÓN VOLEMÉTRICA

TIPO DE MATERIAL	COMPACTADO			BANDEADO	ABUNDA- MIENTO
	90 %	95 %	100 %		
ARENA					
SUELTA	0.87	0.82	0.78		1.00
MEDIANAMENTE COMPACTA	0.96	0.91	0.86		1.10
COMPACTA	1.03	0.98	0.93		1.20
MUY COMPACTA	1.11	1.05	1.00		1.28
LIMO NO PLÁSTICO					
MUY SUELTO	0.82	0.78	0.74		1.06
SUELTO	0.91	0.86	0.82		1.17
MEDIANAMENTE COMPACTO	0.99	0.94	0.89		1.27
COMPACTO	1.06	1.00	0.95		1.36
MUY COMPACTO	1.11	1.05	1.00		1.43
ARCILLA Y LIMO PLÁSTICO					
MUY BLANDA	0.78	0.74	0.70		1.08
BLANDA	0.87	0.82	0.78		1.20
MEDIA	0.95	0.90	0.85		1.30
FIRME	1.01	0.96	0.91		1.40
MUY FIRME	1.08	1.02	0.97		1.49
DURA	1.14	1.08	1.02		1.57
ROCAS					
MUY INTEMPERIZADAS. Rocas con alteración física y química muy avanzadas, poco cementadas, con grietas apreciables rellenas de suelo; se disgregan fácilmente. Podrán atacarse con tractor y se obtendrán fragmentos chicos, gravas, arenas y arcillas.				1.00	1.10
MEDIANAMENTE INTEMPERIZADAS. Rocas con alteración física y química medianamente avanzadas, medianamente cementadas, fracturadas. Para atacarlas se requerirá el empleo de arado y de explosivos de bajo poder y se obtendrán fragmentos chicos y medianos, gravas y arenas.				1.07	1.25
POCO INTEMPERIZADAS. Rocas con poca alteración física o química, bien cementadas, poco fracturadas. Para atacarlas se requerirá el empleo de explosivos de alto poder y se obtendrán fragmentos medianos, chicos y grandes y gravas.				1.15	1.50
SANAS. Rocas sin alteración física o química, poco o nada fisuradas, bien cementadas, densas. Para atacarlas se requerirá el empleo de explosivos de alto poder y se obtendrán fragmentos grandes y medianos.				1.25	1.75

CROQUIS DEL PERFIL DE SUELOS

LA GRAFICA QUE SE MUESTRA CONTIENE UN CROQUIS DEL PERFIL DE SUELOS DE CADA UNA DE LAS ZONAS QUE SE HAN IDO DEFINIENDO A LO LARGO DEL FUTURO TRAZO. ESTE CROQUIS DEBE PROPORCIONAR TODA LA INFORMACION RECOLECTADA EN LA OBSERVACION Y EXPLORACION DE CAMPO.



CROQUIS DE LA PLANTA

ESTA SE DEBE DIBUJAR PARA PROPORCIONAR EN FORMA GRAFICA LA UBICACION DEL PROYECTO, ASI COMO LOS PRINCIPALES ACCIDENTES TOPOGRAFICOS, GEOLOGICOS, DE POBLACION, ETC.

