

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales



Práctica Supervisada

Inspección de obra puente sobre Río
Ascochinga y verificación de obras de arte en "El
Tropezón"

Autor: Cavanagh, Martin

Tutor Interno: Ing. Oscar Milton Dapás.

Supervisor Externo: Ing. Leonardo Hernández

Fecha:

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

En este informe se detalla las actividades realizadas durante el transcurso de la práctica supervisada realizada en la dirección provincial de vialidad en las obras de "Cierre de avenida de circunvalación de la ciudad de Córdoba. Nudo vial "Tropezón" y el puente *Jesús María - Ascochinga*.

En el caso de la primera obra la práctica fue realizada durante la última etapa, abarcando desde la finalización de la construcción de las calzadas hasta la entrega final de la obra con la ejecución de obras complementarias, como la totalidad de la red de desagüe que da un funcionamiento integral correcto a esta obra de gran magnitud.

En el caso de la obra del puente, a lo largo del trabajo realizado se ejecutaron tareas de inspección de obra, tanto control técnico "insitu" como tareas de laboratorio correspondientes a los diferentes requerimientos. Además de los controles de topografía necesarios.

Para finalizar este trabajo se presentará la descripción del proceso de verificación de la evacuación de los caudales de escurrimiento urbano de la zona S-E del nudo, que abarca el Barrio "Los Robles" y "Villa El Tropezón". Además, se verifican las obras de desagüe proyectadas para la correcta evacuación de los excedentes hídricos de la obra hacia el arroyo "El infiernillo" además de la conducción realizada para el encause del arroyo y las obras de disipación correspondiente.

ÍNDICE GENERAL

- AGRADECIMIENTOS**
- RESUMEN**
- INDICE DE CONTENIDO.**
- INDICE DE FIGURAS.**
- INDICE DE TABLAS.**
- 1. INTRODUCCIÓN.**
 - 1.1. GENERAL**
- 2. PUENTE SOBRE RÍO ASCOCHINGA Y ACCESOS EN RP E-66.**
 - 2.1. INTRODUCCIÓN**
 - 2.1.1. Ubicación.**
 - 2.1.2. Historia.**
 - 2.1.3. Descripción de la obra.**
 - 2.2. CONTROL DE OBRA.**
 - 2.2.1. In situ**
 - 2.2.1.1. Controles topográficos.**
 - 2.2.1.2. Controles de capas estructurales.**
 - 2.2.1.3. Hormigonado.**
 - 2.2.2. Ensayos De Laboratorio.**
 - 2.2.2.1. Plasticidad.**
 - 2.2.2.2. Granulometría.**
 - 2.2.2.3. Compactación De Suelos. Proctor.**
 - 2.2.2.4. Determinación de Valor Soporte e Hinchamiento de Suelos.**
- 3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA. (Tropezón)**
 - 3.1. INTRODUCCION.**
 - 3.1.1. Ubicación.**
 - 3.1.2. Historia.**
 - 3.1.3. Descripción General del Proyecto.**
 - 3.2. HIDRAULICA GENERAL.**
 - 3.2.1. Descripción General.**
 - 3.2.1.1. Obras Existentes.**
 - 3.2.1.2. Obras Proyectadas.**
- 4. INTRODUCCIÓN A LA PROBLEMÁTICA HIDROLÓGICA "A. INFIERNILLO".**
 - 4.1. DESCRIPCIÓN**
 - 4.1.1. Descarga De Alcantarillas.**
 - 4.1.2. Anegamiento B° Los Robles Y Va. El Tropezón.**

- 5. VERIFICACIÓN DE OBRAS PARA LA EVACUACIÓN DE EXCEDENTES HÍDRICOS.**
 - 5.1. CÁLCULO DE CAUDALES URBANOS.**
 - 5.1.1. Marco Teórico.
 - 5.1.2. Cálculo.
 - 5.2. VERIFICACION DE OBRAS.**
 - 5.2.1. Canales.
 - 5.2.2. Alcantarillas.
 - 5.2.2.1. Marco Teórico.
 - 5.2.2.2. Verificación.
 - 5.2.3. Conducto El Infiernillo.
 - 5.2.4. Cuenco Disipador.
- 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**
- 7. ANEXOS.**
 - REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.**

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. GENERAL

En el presente informe se describen las actividades realizadas durante la práctica supervisada en la dirección provincial de vialidad, en el área de obras. Las tareas realizadas se basaron principalmente en la ejecución del control técnico de ejecución de obra, con todo lo que esto implica, abarcando desde controles topográficos hasta los diferentes ensayos requeridos para el correcto control de la obra tanto in situ como en laboratorio.

A lo largo del trabajo se controlaron las actividades en dos obras diferentes ubicadas a 60Km de distancia una de otra. Se trata de:

1. "Cierre de avenida de circunvalación de la ciudad de Córdoba. Nudo vial "Tropezón"
2. Puente sobre el Río Ascochinga (Ruta E66).

En la primera mencionada se realizaron mayormente actividades de control de ejecución de obra, como control de armaduras, control de las características especificadas en los materiales y capas estructurales del pavimento. Además de controles topográficos para la verificación de asentamientos en las fundaciones del viaducto (Av. Colón) (Realizadas con el sistema de "tierra armada"). Y por último la verificación de obras de arte propias del nudo.

Con respecto a la obra del puente sobre el río Ascochinga se realizaron tareas de control de ejecución de la obra en general desde de capas estructurales de pavimento, tanto topográfico como de los materiales, hasta la ejecución de las obras de protección de erosión en la base de los estribos del puente (Gaviones). También controles de la armadura en las losas del puente y hormigonado de los diferentes tramos.

A continuación, se detallarán las diferentes obras mencionadas, se hablará de su historia y de la necesidad de su ejecución, también se hará una descripción de sus características técnicas para completar este apartado de introducción a este informe.

2. PUENTE SOBRE RÍO ASCOCHINGA Y ACCESOS EN RP E-66.

2.1. INTRODUCCIÓN.

2.1.1. Ubicación.

Esta obra se ubica en la provincia de Córdoba, en el departamento Colón a unos 60Km de la ciudad de Córdoba entre las ciudades de Ascochinga y Jesús María, sobre el río Ascochinga en la ruta provincial E66 como se puede ver en las figuras.

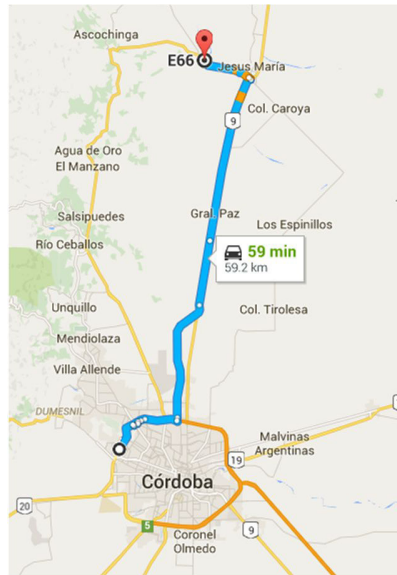


Ilustración 1: Ubicación Puente 1

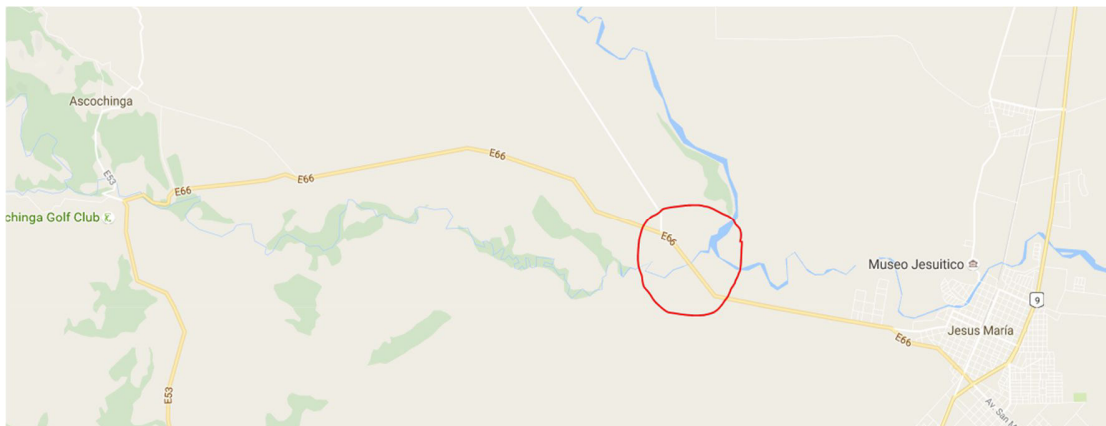


Ilustración 2: Ubicación puente 2

2.1.2. Historia.

Hasta principio del año 2015 en el tramo de análisis se encontraba un puente viga de un tramo que sorteaba el río Ascochinga. A principios de febrero de ese año se vivió en Córdoba un temporal con grandes precipitaciones, provocando graves repercusiones en la zona de cierras chicas, con consecuencias catastróficas. Este fenómeno climático produjo la crecida del río Ascochinga, que generó en el tramo del puente existente un proceso de erosión en ambas márgenes del río, que ocasionó la socavación y el transporte hacia aguas abajo de los sedimentos, lo que llevó al colapso del puente sobre la ruta E66.



Ilustración 3: Puente Viejo

La semana posterior al suceso, la DPV realizó las tareas de reparación de los terraplenes de acceso al puente existente, logrando así habilitar el puente provisoriamente para el tránsito liviano. Luego se colocó sobre el puente existente un puente "Bailey" con apoyo fuera de la sección de los terraplenes, provisorio hasta la ejecución de la obra definitiva. Debido a que el temporal continuó se sucedieron varias crecientes que derivaron en un proceso de erosión aun mayor que provocó el colapso total, tanto del puente existente como el puente Bailey colocado en el tramo.

Inspección de obra puente sobre río Ascochinga y verificación de obras de arte en "El Tropezón"



Ilustración 4: Puente Tipo Bailey



Ilustración 5: Destrucción del Puente

Inspección de obra puente sobre río Ascochinga y verificación de obras de arte en "El Tropezón"



Ilustración 6: Puente tipo Bailey arrasado por las crecidas

A raíz de este problema se proyectó la obra del puente que actualmente está en ejecución y cuya descripción se hará en el próximo apartado.

2.1.3. Descripción de la obra.

La obra consiste en un puente que cruza perpendicularmente el río Ascochinga cercano al encuentro con el río Santa Catalina., donde se forma el río Los dos Ríos, que atraviesa la ciudad de Jesús María.

Es un puente tipo viga de 84m de largo compuesto de 3 tramos con luces de 28m entre apoyos, y un ancho total de 12,5m.

La estructura está compuesta por vigas principales prefabricadas de 1.60m de alto y con un peso de 22tn, que apoyan en los estribos del puente construidos sobre pilas de 21m de altura desde el nivel del suelo. Cada una de las 4 pilas tiene 1m de diámetro y una distancia entre ejes de 3.5m. Se completa el sistema de apoyo con una fundación profunda por medio de pilotes con una cota de fundación de 11m de profundidad.

Luego encontramos las vigas secundarias perpendiculares a las anteriores de 1.55m de altura hormigonada in situ solidaria con la losa, que junto con las vigas principales forman un sistema estructural sobre el cual se apoya un sistema de prelosas. Luego por encima de estas se coloca la amadura que formará parte del paquete estructural del pavimento del puente.



Ilustración 7: Puente Nuevo sobre Río Ascochinga

El pavimento es del tipo rígido de Hormigón reforzado con armaduras, con juntas de dilatación transversales al eje de la calzada. En las secciones posteriores se describirá el procedimiento constructivo acompañado de imágenes ilustrativas.

Además, la obra cuenta con estructuras de protección de los estribos del puente contra socavación y posibles futuros problemas de erosión de las márgenes, mediante un sistema de gaviones ubicados en las márgenes del río a lo largo de la sección del puente. Cuya ejecución fue acompañada por un trabajo de control mediante actividades de mensura.



Ilustración 8: Ejecución de gaviones.

Otros elementos del puente que se pueden mencionar son las cenefas laterales ubicadas en ambas caras del puente que protegen la estructura y le dan una buena terminación, además de las barreras flexibles o Flex-beam también conocidos como guardarraíl que protegen a los vehículos de una caída potencial.

2.2. CONTROL DE OBRA.

En las obras de este tipo se realizan controles tanto periódicos de las actividades que se realizan a diario, por ejemplo, controles de topografía, material empleado para las diferentes capas del paquete estructural, etc. Como particulares de actividades críticas de estas estructuras como el hormigonado de una calzada con todos los ensayos que esto requiere para garantizar una correcta ejecución, desde el control de las armaduras dispuestas, los ensayos pertinentes a la calidad del hormigón, y el *modus operandi* de la mano de obra.

2.2.1. In situ

Estos controles son tareas o ensayos que se realizan directamente en la obra, por su sencillez o por necesidad de hacerlo en el mismo lugar y de obtener un resultado rápido. En el caso del presente informe se describirán tareas del área de topografía, control de capas estructurales, y lo referido a las actividades de hormigonado de losas del pavimento en cuanto a materiales y mano de obra.

2.2.1.1. Controles topográficos.

De los controles topográficos resultan datos que luego deben ser procesados y analizados con la ayuda de un software de computadora específico, o manualmente dependiendo de los instrumentos de medición empleados y del tipo de control que se trate. Los más utilizados son: la estación total, el nivel, y el dispositivo GPS.

Estos controles son fundamentales para el control periódico de las actividades realizadas en obra, ya que hay etapas de la obra que requieren una gran precisión, y una falla en estos estudios podría generar grandes consecuencias en el resultado de una tarea específica o del resultado final de la obra. Lo que implicaría una gran pérdida de tiempo y dinero. Por ende, es fundamental que el avance de la obra valla acompañado de un control topográfico periódico, abarcando todas las etapas de la ejecución, desde el relevamiento topográfico del terreno previo a la realización de la obra, hasta el control de la distancia entre estribos para el apoyo de una viga, o el asentamiento de una estructura. Que son tareas que requieren una gran precisión.



Para este tipo de controles siempre se debe tener una posición absoluta definida por la posición de puntos fijos cercanos a la obra, visibles desde una posición arbitraria dentro de la obra que desde el cual nos sea posible hacer las mediciones necesarias. Esta condición que parece sencilla a veces se torna compleja, ya que debido a la dinámica de la obra es común que puntos fijos que un día están otro día pueden estar tapados o haber sido removidos.

En esta práctica supervisada tuve la oportunidad de presenciar un gran número de tareas referidas al área de topografía, con diferentes requerimientos en cuanto a la precisión, de acuerdo a este grado de precisión deseado se utiliza el instrumental adecuado. Se utilizó en mayor medida la estación total, y en el caso de requerirse mayor precisión se trabajó con nivel.

Por nombrar algunas de las actividades que tuve participación en esta área puedo mencionar el relevamiento de la superficie del terraplén de la losa de aproximación del puente. Se coloca la estación total en un punto conveniente, donde se puedan divisar todos los puntos a relevar, y que se pueda asociar a un sistema de apoyo de puntos fijos propios de la obra, a su vez este sistema de apoyo está ligado a un punto fijo de la red de DNV, ubicado en el entorno de la obra.

Una vez colocada la estación total se describe una malla de puntos a lo largo y ancho de la superficie a relevar, ubicados equidistantes a una distancia medida en pasos por el operador de la mira.



Ilustración 9: Terraplén preparado para relevamiento topográfico.

2.2.1.2. Controles de capas estructurales. "Control de compactación por el método de la arena"

Este tipo de controles hace referencia al control in-situ de las características de una capa de la estructura del pavimento realizado, terraplén, sub-rasante, sub-base. Las características obtenidas por los ensayos deben cumplir con valores determinados en el pliego particular de especificaciones técnicas del proyecto, teniendo un rango de aceptación dentro del cual se considerará que el trabajo es aceptable.

Para la ejecución de una capa del paquete se debe primero evaluar el material que se va a emplear para realizar la misma. En este caso la empresa busca un material que se encuentre en la zona, tratando de minimizar en costo de transporte, que pueda cumplir con las características requeridas por pliego dependiendo de la capa a la que pertenezca en cuanto a granulometría, contenido de sales solubles, relación de finos, densidad de obra, valor soporte, etc. Y la dependencia encargada del control verifica que este material cumpla con dichas propiedades de acuerdo a como se lo especifique el Pliego particular de especificaciones. Estas propiedades son determinadas en los ensayos de laboratorio descritos en el apartado **2.2.2. Ensayos de laboratorio.**

Una vez que se han aceptado los materiales, cumpliendo con las especificaciones de acuerdo al pliego se hacen los controles de ejecución de las diferentes capas, también según pliego particular de especificaciones, el cual nos determina cada cuanto se deben realizar los controles, de densidades, Humedad, grado de compactación, etc. Por ejemplo, en el caso del puente sobre el río Ascochinga se requería que los controles en los terraplenes se efectúen cada 0,20 metros de espesor ejecutado.

Para estos controles se realiza el ensayo de "Control de compactación por el método de la arena", (Norma de ensayo VN-E8-66) que determina el grado de compactación de la capa realizada, cuya densidad no debe ser inferior al valor máximo obtenido del Ensayo Proctor (VN-E5-93).

Describiremos a continuación la ejecución del ensayo conocido como "Cono de arena" realizado en la obra, tratando de respetar al pie de la letra lo que especifica la norma de ensayo, acompañando la descripción con un conjunto de imágenes tomadas en la obra.

Para realizar los controles periódicos es fundamental que haya comunicación y coordinación entre la empresa encargada de la ejecución de la obra y el ente de control, de esta forma se tendrá un avance fluido del proyecto.

Antes de la realización del ensayo el inspector recorre la cancha presentada por el contratista para control, la recorre y analiza en busca de alguna irregularidad detectable a simple vista, alguna zona heterogénea. Se buscan baches en la cancha, en primer lugar, mediante una inspección visual de la misma buscando zonas con mayor humedad visible o alguna irregularidad en la superficie. Luego se camina la cancha dando golpes con un caño de hierro y sintiendo el golpe, de esta forma uno puede percibir si el grado de compactación es adecuado o requiere más trabajo en alguna zona.



Ilustración 10: Cancha preparada para control

Una vez analizada la superficie se procede a la ejecución del ensayo de “Control de compactación por el método de la arena”, (Norma de ensayo VN-E8-66). Este ensayo busca determinar in situ el peso unitario de un suelo compactado, y así establecer si el grado de compactación logrado cumple las condiciones previstas.

Para su realización se debe contar con todos los implementos necesarios descritos en la norma de la DNV, recordando que se debe contar con una arena especial, de densidad conocida, obtenida en el laboratorio a partir del tamizado de un árido, utilizando solo lo pasante por el Tamiz N°20 y retenido en el N°30. Además, se debe conocer la constante del embudo mediante el procedimiento descrito en la norma.



Buscamos en la cancha un lugar en donde se quiera obtener la densidad, necesitamos que sea una superficie lisa para realizar la medición, por lo tanto, si no es lo suficientemente lisa se trabaja la superficie con una pala ancha. Una vez alisada se limpia el material suelto con un pincel. Se asienta la bandeja agujereada en el punto, se puede clavar la misma al piso para evitar que se mueva.

Se vierte uno de los recipientes con arena tamizada en el embudo y se abre el robinete, se recoge la arena sobrante en el receptáculo superior y se la guarda. Esto se utilizará para determinar el volumen de arena necesario para determinar la cara superior.

Se limpia toda la bandeja y la arena que paso por el cono.

Se retira el artefacto y en el orificio de la bandeja se realiza un hueco con un barreno, cortafrió, cuchara, o cualquier herramienta adecuada, guardando directamente el material excavado en un recipiente hermético para conservar su humedad, asegurándose de no perder nada del material.

Colocamos el embudo sobre el agujero con el robinete cerrado y vertemos la arena tamizada en el receptáculo superior y abrimos el robinete logrando así que fluya la arena hacia el agujero realizado. Hay que asegurarse que nunca se interrumpa el flujo de arena hasta que no se llene, por lo tanto, si vemos que se está terminando la arena en el receptáculo superior se debe cerrar el robinete, agregar más arena y luego volver a abrirlo hasta llenarlo.

Una vez que la arena del recipiente superior permanece en reposo se cierra el robinete y se coloca la arena sobrante en recipiente original. Guardamos la arena del pozo para reutilizarla luego de un re tamizado, ya que esta arena es muy difícil de obtener.

Se pesa el suelo extraído en el recipiente hermético, se lo seca y se calcula su humedad. Este parámetro no se utiliza para el cálculo de la densidad del suelo, pero es útil para seguir el avance de los trabajos.

Se pesa la arena sobrante y por diferencia de peso se calcula la cantidad de arena que entro en el agujero. Conocido este valor se puede determinar el volumen del agujero, ya que conocemos la densidad de la arena seca.

Al tener el peso del suelo y el volumen del agujero podemos calcular la densidad del suelo en ese punto.

Por ultimo calculamos el grado de compactación logrado como la relación entre la densidad lograda en obra y la densidad requerida por pliego. Este valor es un parámetro determinante para la aceptación o rechazo de un trabajo de compactación. Dependiendo el pliego y la capa que se trate, pero este valor oscila entre 95 y 100.

En esta práctica supervisada tuve la posibilidad de realizar algunos de estos ensayos en el terraplén de la losa de aproximación, verificando los valores de densidad establecidos por pliego en todos los casos, la capa fue aceptada y se pudo continuar con los trabajos, en caso contrario se debería haber notificado a la empresa y continuar los trabajos de compactación.

DENSIDAD DEL TERRENO - METODO DE LA ARENA

Densid. Arena 1,36

Peso Espec. Reten. 3/4= 2,66

Progresiva	Nro. Muestra	Lado	Espes.	SUELO				ARENA				VOLUM. POZO	RETIENE 3/4			DENSIDAD S	PESO Correg	VOLUMEN Correg	DENSIDAD SECA Correg	PROCTOR pasa 3/4	PROCTOR Correg	%
				Humedo	Seco	Agua	% hume	Frasco	Reman.	Cono	Diferen.		Peso	%	Volum.							
		I	20	4319	4044	275	6,8	6000	2394	1125	2481	1824	887	21,9	333		3157	1491	2,118	2,165		97,8
		C	20	3834	3676	158	4,3	6000	2638	1125	2237	1645	710	19,3	267		2966	1378	2,152	2,165		99,4

Inspector D.P.V.

2.2.1.3. Hormigonado.

Estas actividades son una etapa crucial en la realización de cualquier estructura, son actividades puntuales que requieren un seguimiento total de personal especializado, estos trabajos deben estar acompañados tanto por controles topográficos como controles a pie de obra y de laboratorio, además de los controles de armaduras dispuestas conforme a pliego y sobre la técnica constructiva utilizada.

En cuanto a los controles topográficos ya fueron descriptos en el apartado anterior, remitirse a "**2.2.1.1. Controles Topográficos**".

La inspección para este tipo de actividades se realiza durante todo el proceso de hormigonado, debiendo controlar, una vez verificadas las armaduras dispuestas, el hormigón utilizado y la técnica constructiva.

Se describirán a continuación las actividades realizadas relativas al colado de hormigón de las losas del puente sobre el río Ascochinga, acompañándola con imágenes capturadas en la obra.

En este caso para la realización de las losas se utilizó hormigón elaborado, provisto por camiones hormigoneros desde una planta a 15km de la zona de obra, el hormigón no se coló directamente sobre las armaduras previamente dispuestas, sino que se requirió el bombeo del mismo mediante una pluma como se aprecia en la figura.



Ilustración 11: Bombeo de H° Elaborado mediante pluma

Describiremos en primer lugar los controles referidos a las características del hormigón. Todos los camiones que se reciben en la obra deben ser aceptados mediante la firma del responsable en la obra del remito de entrega.

Ni bien llega el camión se realizan los ensayos a pie de obra, Cono de Abrams y medición de temperatura, y se preparan las probetas a las que se les realizará el ensayo de resistencia a la compresión en el laboratorio, y algún otro si se lo considera necesario, como por ejemplo resistencia a los sulfatos.

Se procede de la siguiente manera. Antes de sacar el hormigón para realizar los ensayos, se debe mezclar bien el hormigón dentro del camión haciendo girar el trompo, luego se vierte el primero "Chorro" de hormigón al suelo, para poder extraer una mezcla homogénea. Luego se vierte la cantidad a utilizar en una carretilla.

El ensayo de cono de Abrams se utiliza para medir la trabajabilidad del hormigón mediante la medición del descenso de una masa de hormigón en estado fresco, cuando se quita el molde como se puede ver en la imagen.

En estas prácticas supervisadas tuve la oportunidad de realizar un ensayo de cono de Abrams, con su medición del asentamiento. En este caso no hubo ningún problema en los ensayos realizados, entrando todos los camiones dentro del rango determinado por el pliego y no fue necesaria la utilización de ningún aditivo.



Ilustración 12: Ensayo Cono de Abrams

Este ensayo es determinante para la aceptación del camión, ya que esta propiedad es fundamental para la realización de los trabajos de colado. Es importante destacar que, para poder bombear el hormigón, la mezcla debe tener cierta consistencia, de modo que se requieren asentamientos mayores que para un hormigón común.

En este caso se requería de un asentamiento de 13cm en el ensayo, en el caso de no llegar a este valor se debe proceder a volver más fluida la mezcla, esto se debe hacer mediante la incorporación de un aditivo, que debe traer el camión, bajo ningún motivo se debe lograr

la consistencia mediante la incorporación de agua, ya que esto modifica la relación agua-cemento y perjudica la calidad del hormigón, modificando sus propiedades mecánicas.

De la misma mezcla se conforman tres probetas normalizadas para los ensayos de laboratorio que se realizarán sobre el hormigón endurecido a los 28 días.

Una vez aceptado el camión se procede al bombeo de la mezcla. Antes de realizar el colado del primer camión de hormigón se debe purgar la pluma, bombeando una lechada cementicia que prepare a la cañería para el flujo de hormigón. Esta lechada limpia el conducto y recubre las paredes para lograr una mejor circulación del hormigón. Una vez que se empieza a bombear el hormigón la primera parte se desecha, ya que esta no estará limpia y puede modificar las propiedades de la estructura.



Ilustración 13: Colado de H° sobre prelosas.

Cuando se ve que el flujo de hormigón empieza a salir limpio se comienza con el colado del hormigón sobre las prelosas ya dispuestas. El trabajo se realizará por tramos, tres paños en total de tres tramos cada uno, completan un tercio del puente. Sobre las armaduras dispuestas en la estructura del puente espera la cuadrilla de obreros como se ve en la imagen, respetando las medidas de seguridad que corresponden.



Ilustración 14: Colado de H°.

A medida que se vierte el hormigón, este es debidamente distribuido sobre las prelosas, mientras es vibrado para asegurar su correcta distribución, mediante vibradores manuales. Además, se lo enrasa con una regla hasta una altura determinada por un perfil de acero colocado sobre las armaduras, de esta forma queda determinado el espesor necesario. Luego del alisado con la regla metálica se colocan varillas de hierro de 8mm dobladas en forma de "U" para lograr solidaridad entre la losa y la carpeta de rodamiento, como se ve en la figura, estos hierros quedarán perdidos en el hormigón una vez terminado el puente.



Ilustración 15: Cuadrilla trabajando en colado de H°

2.2.2. Ensayos De Laboratorio.

Como se ha descrito anteriormente los ensayos de laboratorio que se han realizado corresponden a los necesarios para clasificar los materiales y determinar las características mecánicas de interés para los trabajos a realizar. Con el fin de aceptar o rechazar el uso de un material para la ejecución de cierta capa de la estructura del pavimento.

Estos ensayos ya habían sido realizados por mí en el transcurso de la carrera, por lo tanto, ya estaba familiarizado con estos, en estas prácticas tuve la oportunidad de realizarlos y poder aprender las pequeñas claves que se adquieren con la práctica y llevan a que estas actividades se realicen con mayor facilidad, como por ejemplo calcular "a ojo" el punto de humedad requerido para cada ensayo. Fue una parte muy interesante de este trabajo

2.2.2.1. Índice de Plasticidad. (VN-E2-65; VN-E3-65)

El índice de plasticidad es un parámetro del material que nos permite saber el rango de humedad en el que un suelo se comporta de forma plástica, debajo del valor mínimo de humedad de este rango el material se comporta como un sólido, y por encima del valor máximo el material se comporta como un líquido. Existen 2 ensayos para determinar los límites de humedad de este intervalo, y con estos el índice de plasticidad, que nos permitirá determinar por último el tipo de suelo con el que estamos tratando.

2.2.2.1.1. Límite líquido: VN-E2-65

Este ensayo se realiza para determinar el porcentaje de humedad para el cual el material comienza a comportarse como un líquido. Esto se determina mediante un proceso descrito en las normas de ensayo de Vialidad nacional.

Para este ensayo la norma define al límite líquido como: "...el contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una pasta de suelo de 1 cm. de espesor fluya y se unan en una longitud de 12 mm, aproximadamente, en el fondo de la muesca que separa las dos mitades, cuando la cápsula que la contiene golpea 25 veces desde una altura de 1 cm., a la velocidad de 2 golpes por segundo." Como vemos es una definición muy específica, ya que el ensayo se realiza en condiciones controladas, mediante el uso de artefactos normalizados.

Para realizar este ensayo se utiliza el material pasante del tamiz N°40. Al material obtenido se le agrega agua hasta obtener la humedad que la lleve a un esta plástico que le permita moldearla, luego se forma una pastilla dentro del aparato de Casagrande. Una vez moldeada la muestra se la divide en 2 mitades con el acanalador y se hace funcionar el aparato de Casagrande a una velocidad de 2 golpes por segundo hasta que se junten las 2 mitades. Si se unen las 2 mitades entre los 20 y los 30 golpes se toma una muestra de la zona donde se unieron las mitades y se calcula la humedad, en el caso que se junten antes de los 20 golpes se desecha la muestra y se le agrega menos agua que antes. En cambio, en el caso que tome más de 30 golpes, se desecha la muestra y se debe subir el porcentaje de humedad de la pastilla. Se repite el procedimiento hasta obtener 3 muestras dentro del rango deseado. Finalmente se calcula la humedad de las muestras y se las corrige de acuerdo al número de golpes como indica la norma. Y se grafican en abscisas el logaritmo del número de golpes y en ordenadas el porcentaje de humedad y se interpola

la recta que forman los 3 puntos para un valor de 25 número de golpes. Y se obtiene el Límite Líquido.

En resumen, consiste en encontrar el porcentaje de humedad necesario para unir las dos mitades de una pastilla de suelo colocada en el aparato de Casagrande, descrito en la norma, previamente dividida mediante el acanalador, sometiendo a la muestra dividida a 25 sucesivas caídas desde 12mm a una velocidad de 2 golpes por segundo.

Las especificaciones y procedimiento de este ensayo se presentan en el anexo de este trabajo respecto a las normas de ensayo de vialidad nacional.

2.2.2.1.2. Límite plástico: VN-E3-65

Este ensayo se realiza para obtener el límite plástico de un suelo, que es la humedad expresado en porcentaje de suelo seco que debe tener un suelo para comenzar a comportarse plásticamente y salir del estado sólido del mismo.

Este límite se define en la norma arbitrariamente como " el más bajo contenido de humedad con el cual el suelo, al ser moldeado en barritas cilíndricas de menor diámetro cada vez, comienza a agrietarse cuando las barritas alcanzan a tener 3mm. de diámetro."

La realización de este ensayo consiste en encontrar la humedad para la cual un rollito moldeado a mano comienza a agrietarse al llegar a un diámetro de 3mm.

Al igual que para el límite líquido se utiliza el material pasante del tamiz N°40, al cual se le da la humedad deseada tratando de llegar al objetivo del ensayo explicada anteriormente, ni demasiada para que sea muy plástico ni muy poca para que no se pueda unir la muestra.

Una vez se le haya agregado agua, se realizan rollitos con el material, haciéndolo girar sobre una superficie porosa, se hacen los rollitos hasta que los mismos sean de 3mm de diámetro, si en este punto el cilindro comienza a agrietarse, esta en humedad de límite Plástico, por lo tanto, se guarda en un pesafiltro. Se debe tener cuidado que dichas muestras no pierdan humedad antes de ser pesadas para obtener un resultado confiable, por ello se los tapa hasta que se toma el peso húmedo. Y luego se seca calcula la humedad por medio de la diferencia de pesos.

Se desecha la muestra si no se llega al objetivo deseado y se vuelve a comenzar con otro porcentaje de humedad. Este procedimiento puede llegar a ser muy tedioso y frustrante si no se tiene la practica suficiente en el moldeado de los pequeños cilindros.

Limite Liquido, Limite Plástico e Índice de Plasticidad VN-E2-65 y VN-E3-65

Norma: **Limite liquido VN-E2-65 y Limite Plástico e Índice de Plasticidad VN-E3-65**

N° de Golpes	Peso filtro (Pf) N°	L.L (28)	L.P (20)
23	Pf + suelo húmedo (gr)	51,040	26,500
	Pf + suelo seco (gr)	42,020	23,700
	Peso del agua (gr)	9,020	2,800
	Peso del pesafiltro (gr)	13,900	13,500
	Peso del suelo seco (gr)	28,120	10,200
	Limites %	32,08	27,45
1,011	Limites % corregido	31,73	
	Índice de Plasticidad	4,3	

LIMITE LIQUIDO 31,7

LIMITE PLÁSTICO 27,5

ÍNDICE DE PLASTICIDAD 4,3

Tabla de factor de corrección para el Límite Líquido según N° de golpes

Golpes	Factor
20	1,029
21	1,023
22	1,017
23	1,011
24	1,005
25	1,000

Golpes	Factor
26	0,995
27	0,990
28	0,985
29	0,980
30	0,976

Observaciones:

2.2.2.2. Granulometría. (VN-E1-65)

Este ensayo es fundamental para caracterizar el material que se está analizando. Su objetivo principal es determinar la composición porcentual de las diferentes partículas que componen un material de acuerdo a su tamaño. Se debe realizar siguiendo las directivas de las normas de ensayo de la dirección nacional de vialidad. VN- E1-65 que se encuentra en el anexo de este informe, en este apartado se describe lo realizado durante las practicas supervisadas. Este ensayo es imprescindible para determinar el tipo de suelo con el que se está trabajando y su grupo según la clasificación H.R.B. (Highway Research Board).

Lo primero que se realiza es la extracción de la muestra a realizar, es importante que la muestra extraída sea representativa de todo el material que se vaya a utilizar, además se debe extraer una cantidad suficiente de material para poder realizar el ensayo, como lo indica la norma, de acuerdo al material puede llegar a 40Kg de material por ensayo.

Una vez se tiene el material a analizar en el laboratorio se extiende la cantidad necesaria sobre una lona y se la mezcla enérgicamente, para homogeneizar el material y evitar alteraciones en el ensayo. Una vez mezclado el material se procede a realizar un cuarteo del material, como se puede apreciar en la figura, siempre eligiendo los cuartos opuesto, consiguiendo la mayor homogeneidad. Como se puede ver en la figura.



Ilustración 16: Cuarteo de la muestra.

A continuación, se procede al tamizado de la mezcla por la serie de tamices que incluye 1 1/2", 1", 3/4 ", 3/8", N°4, N°10, N°40, N°200. El tamizado es un proceso manual en el cual se hace pasar el material por la serie de tamices de mayor a menor registrando el peso del material retenido en cada instrumento.



Ilustración 17: Tamizado de la muestra.

Teniendo la distribución porcentual granulométrica del material, lo primero que se determina es si estamos trabajando con materiales granulares o materiales Limosos-Arcillosos. Esto se define por el pasante del tamiz N°200 (75 micrómetros), si el pasante es superior al 35% entonces se tiene un material Limoso-Arcilloso, en cambio, si es inferior al 35% se trata de un material Granular. De esta clasificación inicial dependerán algunas especificaciones de nuestro ensayo, como por ejemplo el tamaño de la muestra a analizar. Para encontrar el retenido de este tamiz se lo hace por "Vía Húmeda", se lo denomina de esta forma ya que se realiza mediante el lavado del material sobre el tamiz, y el posterior secado del material retenido en estufa, obteniendo el peso del material retenido, y el pasante por diferencia de peso.



Ilustración 18: secado de la muestra fina.

Resulta muy interesante aprender las técnicas que se utilizan para realizar algunas tareas en el laboratorio, que por más que sean algo "rústicas" me parecieron muy ingeniosas y efectivas. Por ejemplo, en el secado de los materiales, para determinar que el material está completamente seco se verifica con un dispositivo compuesto por un vidrio y un alambre,

el cual se coloca sobre el material en proceso de secado, y si se detecta condensación en el vidrio se considera que el material todavía no está totalmente seco.



Ilustración 19: Dispositivo de Verificación de secado

Lo que nos interesa de este ensayo es verificar que la distribución granulométrica del material propuesto cumpla con las especificaciones dispuestas en el pliego de la obra. Para determinar esto, se grafican los porcentajes pasantes en escala semi-logarítmica, juntos con las curvas de los intervalos esperados para el material. Lo que se busca es que la curva del material analizado quede encerrada en las curvas del intervalo graficadas.

En estas prácticas tuve la posibilidad de participar en todas las instancias de este tipo de ensayos, desde la extracción de la muestra hasta el tamizado por vía húmeda a través el tamiz N° 200, que dicho sea de paso es un procedimiento muy laborioso.

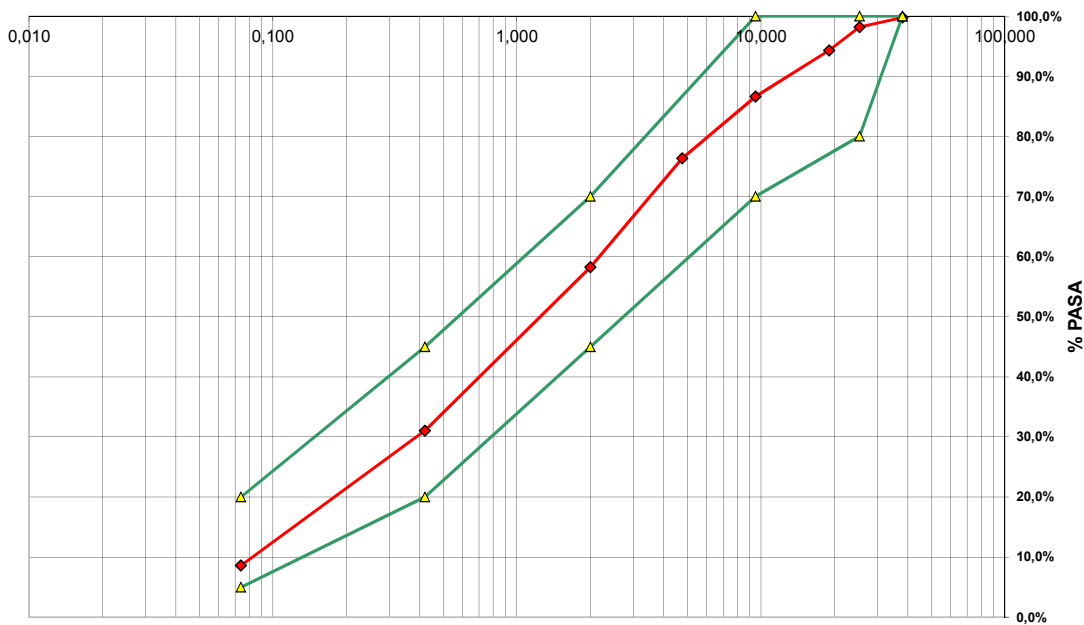
Obra : Puente Ascochinga

Lugar : Provincia de Córdoba

Fecha : 06-04-2016

MATERIALES		peso total	corte	retenidos	pasante	% PASA MEZCLA	ESPECIFICACIONES s / D.N.V.
TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)						
		92351,0					
1 1/2"	38,100			210,00	92.141	99,8%	
1"	25,400			1.451	90.690	98,2%	
3/4"	19,050			3.590	87.100	94,3%	
3/8"	9,525			7.101	79.999	86,6%	
N°4	4,760		1862,0	9.515	70.484	76,3%	
N°10	2,000			441	1.421	58,2%	
N°40	0,420			664	757	31,0%	
N°200	0,074			547	210	8,6%	

CURVA GRANULOMETRICA Mezcla para base



ABERTURA (mm)
38,100
25,400
9,525
2,000
0,420
0,074

Entorno Pliego de Obra	
100,0%	100,0%
80,0%	100,0%
70,0%	100,0%
45,0%	70,0%
20,0%	45,0%
5,0%	20,0%

2.2.2.3. Compactación De Suelos. Proctor. (VN-E5-93)

Este ensayo estudia las variaciones del peso unitario de un suelo en función del contenido de humedad cuando se lo somete a un determinado esfuerzo de compactación.

Sometiendo al suelo a este ensayo podemos determinar características del material como Humedad óptima, con la que se obtiene el mayor valor de peso unitario.

El ensayo se realiza siguiendo las indicaciones y especificaciones establecidas en las normas de ensayo de la D.N.V. Dirección Nacional de Vialidad. Las cuales se adjuntan a este informe, y en este apartado se describe lo realizado en la práctica supervisada.

La realización de este ensayo varía de acuerdo a las características granulométricas del material. Se pueden dar 2 situaciones si el retenido del tamiz IRAM 4,8mm. (Nº 4) es inferior al 5% del peso total de la muestra ensayada se lo considera un material "fino" y en caso que el retenido sea considerablemente superior al 5% del peso total de la muestra se trabaja como un material granular. Se debe resaltar que para ambos tipos de materiales el procedimiento a realizar es análogo, pero más laborioso para materiales granulares, ya que se trabaja con elementos de mayor tamaño, con más energía de compactación y con una muestra mayor. Necesitando 15Kg de material para suelos finos y casi 40Kg en el segundo caso.

Para este ensayo se utilizan los elementos normalizados, en forma peso y tamaño especificados en la norma. Se utilizará un molde cilíndrico y un pisón normalizados, que pueden ser de diferentes tamaños y pesos, de acuerdo al material que se esté ensayando, además de los implementos necesarios para el manejo de los materiales. Estos se detallan en el anexo de "Normas de ensayo D.N.V. "VN-E5-93"

Como ya dijimos, el objetivo del ensayo es encontrar la humedad óptima para la cual el material sometida a una energía de compactación determinada consigue su densidad óptima máxima. Para encontrar este punto se grafica una curva Humedad-Densidad seca, que tiene una característica forma de campana, en la cual a nosotros nos interesa encontrar el máximo.

Antes de empezar con este ensayo se debe determinar si trabajamos con un materia fino o grueso, como se ha indicado anteriormente. En el caso que el material sea fino se realiza el ensayo con la totalidad del material, pero si el material es granular se lo pasa por el tamiz IRAM 19mm (3/4") debiendo realizar el ensayo únicamente con el pasante de este tamiz. Además, debe tenerse en cuenta que, si el retenido en esta instancia es superior al 15% del total de la muestra, se debe realizar una corrección por material granular descripta en el anexo correspondiente a este ensayo.

De acuerdo con esta clasificación se determina el tamaño del molde a usar y la energía de compactación con la que se ensaya la muestra, definida por el tamaño del pisón utilizado (2,5Kg o 4,53Kg), el número de golpes (25, 35 o 56) y la cantidad de capas (3 o 5)

En nuestro caso se trató un material granular, se realizó con molde grande, pisón grande y 5 capas de 56 golpes cada una, correspondiente al ensayo V definido por el manual de Normas de ensayo de la DNV.

Para el trazado de la curva se necesitarán 5 puntos, 3 en la rama ascendente y 2 en la rama descendente. Para cada uno de los puntos se requieren aproximadamente 6000gr de material seco. Entonces se separan 6 muestras, 5 para cada uno de los puntos y una para un eventual sexto punto, y un total de 36Kg de material.

Se comienza con el material secado en estufa hasta peso constante. Para el primer punto se extiende el material en la bandeja y se lo humedece, pero ¿Cuánta agua debe incorporar a la mezcla? Se trata que el primer punto este en la rama ascendente de la curva, pero no muy lejos del valor de humedad óptima, aquí entra la experiencia del laboratorista para determinar esta cantidad de agua tratando de que no "se pase" de humedad. Una vez colocada el agua se lo mezcla bien con la espátula, homogeneizando la mezcla y se lo cubre con una bolsa de plástico, así no perderá humedad mientras se realiza el ensayo.

Se coloca el molde firme en el suelo, en nuestro caso el molde grande, se vierte material para cubrir un quinto de la altura del molde aproximadamente, se lo distribuye en todo el molde y luego se procede a compactarlo con el pisón, 56 golpes por capa en nuestro caso. Los golpes deben distribuirse uniformemente en toda la muestra, se debe levantar el pistón con una mano hasta el final del cilindro, mientras se sostiene el cilindro con la otra mano, y luego dejar caer el peso, pero acompañándolo con la mano que levanta el pistón. Esta técnica es algo compleja para principiantes como uno, pero los laboratoristas ya experimentados la hacen parecer sencilla. Para cada uno de los puntos se prepara el material con un porcentaje de humedad determinado, empezando con un porcentaje de humedad inicial y agregando de a 2% de humedad a los siguientes puntos.



Ilustración 20: Ejecución de ensayo Proctor

Una vez realizada la última capa el material compactado debe superar en aproximadamente 5cm la marca del collar del molde, en el caso que esto no suceda se debe volver a realizar todo el ensayo. Si esto se cumple, se saca el collar del molde y se enrasa con una regla metálica. Veremos que al ser un material granular, cuando enracemos el molde quedaran huecos al quitar las piedras que sobresalen, estos huecos

deben ser rellenos con material fino y compactados con la espátula. Se pesa el molde con el suelo, con esto se obtendrá la densidad húmeda.

Por último, se saca la probeta del molde y se busca la humedad de una porción del material que sea representativo de las 5 capas.

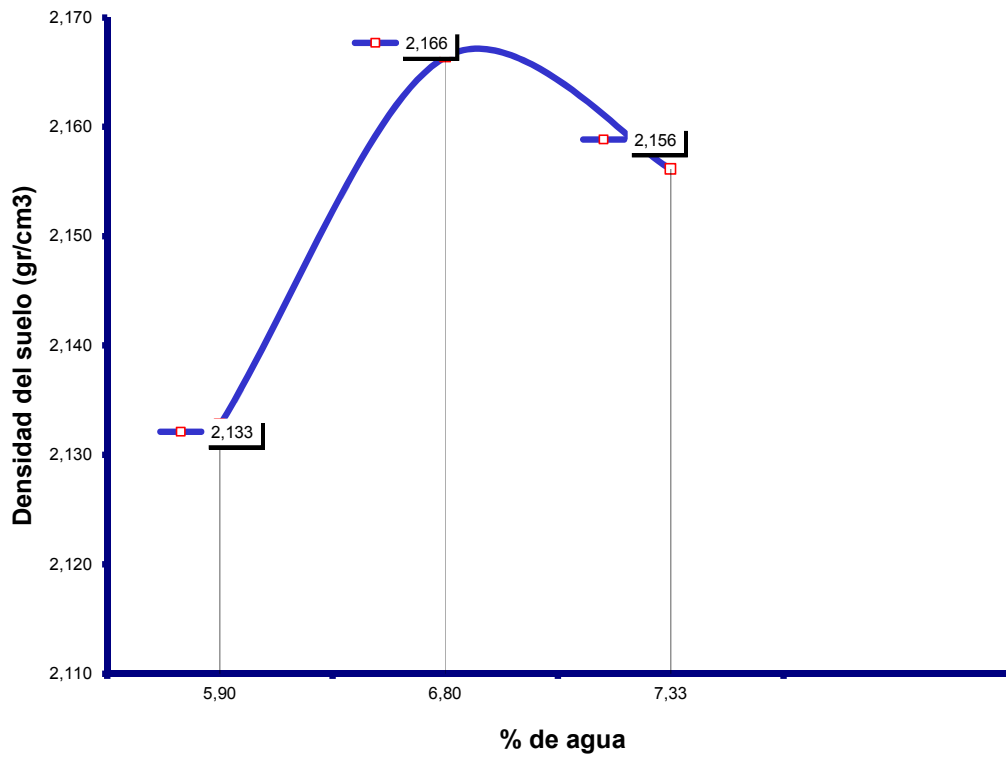
Una vez obtenidos los 5 puntos se grafica la curva de Densidad Seca vs Humedad%, y se busca el máximo de la misma. Y este es el punto que representa la densidad seca máxima que se puede obtener con la energía de compactación utilizada y la humedad necesaria para llegar a ella.

Ensayo de Proctor

OBRA: Puente Ascochinga

Muestra N°	% aprox. agua	Peso suelo y molde	Peso molde	Peso suelo	Volumen molde	Densidad de suelo		Observaciones
	%	gr.	gr.	gr.	cm3	Húmedo gr/cm3	Seco gr/cm3	
1	5,90	8102	3307	4795	2123,0	2,259	2,133	C.S/n VN-E5-93(MV) c/56 golpes p/capa c/5 capas pisón: 4,5 Kg (10 lbs) Alt. Caída: 45,7 cm
2	6,80	8219	3307	4912	2123,0	2,314	2,166	
3	7,33	8220	3307	4913	2123,0	2,314	2,156	

PROCTOR: 2,166



2.2.2.4. Determinación de Valor Soporte e Hinchamiento de Suelos. (VN-E6-84)

El objetivo de este ensayo es obtener el valor soporte relativo V.S.R. de un suelo y determinar su hinchamiento al estar sometido a condiciones de inmersión.

El valor soporte relativo del suelo es una medida del valor de la resistencia que ofrece al punzado una probeta del mismo, moldeada bajo ciertas condiciones preestablecidas. Es relativo porque se lo expresa como porcentaje de la resistencia de un suelo patrón.

Este valor es muy importante para la aceptación de un material, ya que el no cumplimiento de los requerimientos establecidos por pliego deriva en la obligación de realizar algún tratamiento sobre el suelo o en el rechazo del mismo. Se establecen valores mínimos de VSR para las diferentes capas de la estructura, obviamente no tendrá los mismos requerimientos mínimos una subrasante que una base granular, ya que las acciones a las cuales están sometidos varían mucho entre capas.

Este ensayo se realiza en función del ensayo de compactación de suelos ya descrito, ya que se necesitarán los valores de humedad óptima obtenidos

Se consideran 4 posibles variantes para efectuar este ensayo:

1. Método estático a carga preestablecida.
2. Método estático a densidad prefijada.
3. Método dinámico N°1(Simplificado).
4. Método dinámico N°2(Completo).

En este informe se describirá el "Métodos dinámico N°1 (Simplificado)". Que es el que se realizó durante las prácticas supervisadas. Este método es el que se utiliza mayormente en este tipo de obras, ya que se recomienda cuando se especifica que en obra el 95% o 98% de la densidad del ensayo de compactación, realizado con pisón grande, molde grande con 5 capas de material.

Para la realización de este ensayo es necesario haber realizado el ensayo de compactación y conocer la humedad óptima. Se prepara el material a ensayar, extendiéndolo sobre una bandeja y se le agrega el agua necesaria para llevarlo a la humedad óptima. Se moldea una probeta en un molde normalizado y descrito en las Normas de ensayo de la DNV adjuntas, el cual permite la infiltración de agua hacia la probeta por sus extremos ahuecados. Es necesario que se moldeen 3 probetas, todas con la humedad óptima, pero con diferentes energías de compactación, la primera se moldea con 5 capas de 56 golpes, la segunda con 5 capas de 25 golpes y la tercera con la misma cantidad de capas con 12 golpes cada una.

Primero se pesan los moldes vacíos, con sus collares de extensión y su placa base (Los detalles se pueden ver en el anexo de las Normas de Ensayo de la DNV). Luego se preparan 6Kg del material llevado a la humedad óptima (aproximadamente lo que se utiliza por probeta), antes de realizar el moldeo se toma una muestra del material para verificar que la muestra contenga la humedad óptima (en el caso que haya una diferencia

considerable se deberá reiterar moldeado de la probeta), y se tapa el resto para evitar que evapore parte del agua durante el moldeado.



Ilustración 21: Moldes utilizados en ensayo VSR

Se compacta la probeta mediante un procedimiento análogo al realizado en el ensayo de compactación de suelos ya descrito, pero variando la energía de compactación como ya se explicó. Enrazando la probeta al igual que en ensayo anterior, con las mismas consideraciones para materiales granulares. Por encima de la cara enrazada se coloca un papel de filtro, se desajusta el molde de la base y se lo voltea, colocando otro papel de filtro sobre la cara desnuda y volviendo a ajusta el molde. Se vuelve a colocar el collar de extensión y se pesa todo el conjunto.

En este momento se procede al ensayo de hinchamiento, que consiste en medir el aumento porcentual de altura, referido a la altura inicial, que experimente una probeta de suelo cuando la humedad de la misma aumenta por inmersión, desde la humedad inicial de compactación hasta la alcanzada por la probeta al término del período de inmersión.



Ilustración 22: Molde y base perforada.

Se cambia la base del molde por una base perforada para permitir el escurrimiento del agua durante la inmersión, al igual que en la parte superior de la probeta. Junto con el disco perforado en la parte superior se colocan las pesas adicionales que correspondan, encargadas de simular la situación a la cual va a estar sometido el material durante su vida útil, por ejemplo, si es una subrasante es probable que lleve tres pesos, correspondientes a la subbase, la base y el pavimento. Antes de la inmersión se deben hacer las mediciones iniciales de la probeta mediante un trípode con un extensómetro y diariamente se deben controlar las variaciones de las medidas de la probeta mediante este instrumento, hasta que el 4to día de inmersión se retira la probeta de la piscina para realizar el ensayo de penetración.



Ilustración 23: Moldes en Inmersión.

Para el ensayo de penetración se escurre el agua excedente de la probeta poniéndola en posición vertical durante 15min, luego se la coloca en una prensa de ensayo, que cuenta con un aro dinamométrico adecuado ya calibrado (conocida la constante del aro). Se acerca el pisto hasta que entra en contacto con la probeta, viendo el dial del aro dinamométrico, cuando se percibe una fluctuación en este quiere decir que la prensa está lista para realizar en ensayo, y se colocan los diales de medición de avance del pistón en cero.



Ilustración 24: Probetas escurriendo luego de la inmersión.

El ensayo se realiza con una velocidad de avance del pistón constante, predefinida por la norma (a menos que se cuente con una prensa automática esta debe lograrse manualmente), para lograr esto se necesitan 2 personas, una que se encargue de la penetración del pistón a un ritmo constante de 1,27 mm/minuto y lea el dial correspondiente, mientras la otra toma nota de las lecturas del dial del anillo dinamométrico, para medidas de penetración establecidas en la norma. Estas son: 0,64mm, 1,27mm, 1,91mm, 2,54mm, 5,1mm, 7,6mm, 10,2mm y 12,7mm. Entonces a medida que el dial del pistón pasa por estas medidas se toma lectura del dial del anillo dinamométrico y se registra. Por último, se descarga la probeta y se toma una muestra de la misma para determinar su humedad.

Inspección de obra puente sobre río Ascochinga y verificación de obras de arte en "El Tropezón"



Ilustración 25: Probeta lista para el ensayo.



Ilustración 26: Probeta luego del ensayo.

Luego para cada una de las probetas ensayadas, 12, 25 y 56 golpes se grafican los resultados de las mediciones en un gráfico de ejes coordenados las penetraciones en mm en función de las lecturas del aro dinamométrico, de esta forma podemos ver la forma de la curva. Si esta presenta una curvatura constante no es necesario corregir los valores, pero en caso contrario, se deberán corregir como se indica en la norma. De este procedimiento se encuentran los valores de VSR para cada una de las probetas, que se obtiene como la relación entre el valor de lectura de aro obtenido para una determinada medida de penetración y un valor determinado por norma correspondiente a la obtenida al ensayar un material patrón.

De esta forma se grafican los VSR para cada una de las probetas, en función de su densidad seca. Uniendo los puntos por medio de una línea continua, se busca el valor que adopta esta línea para un porcentaje del valor de la densidad máxima establecida por el ensayo de compactación ya descrito y su respectivo valor de VSR en abscisas. Este valor debe satisfacer los requerimientos del pliego.

En este caso se realizó un ensayo para una subbase granular, y se verificó que los valores obtenidos del ensayo superaban los valores de VSR requeridos por el pliego de la obra. Aceptando el material propuesto para utilizar por la empresa.

ENSAYO DE VALOR SOPORTE

Puente Ascochinga

ECHA: 06-04-201

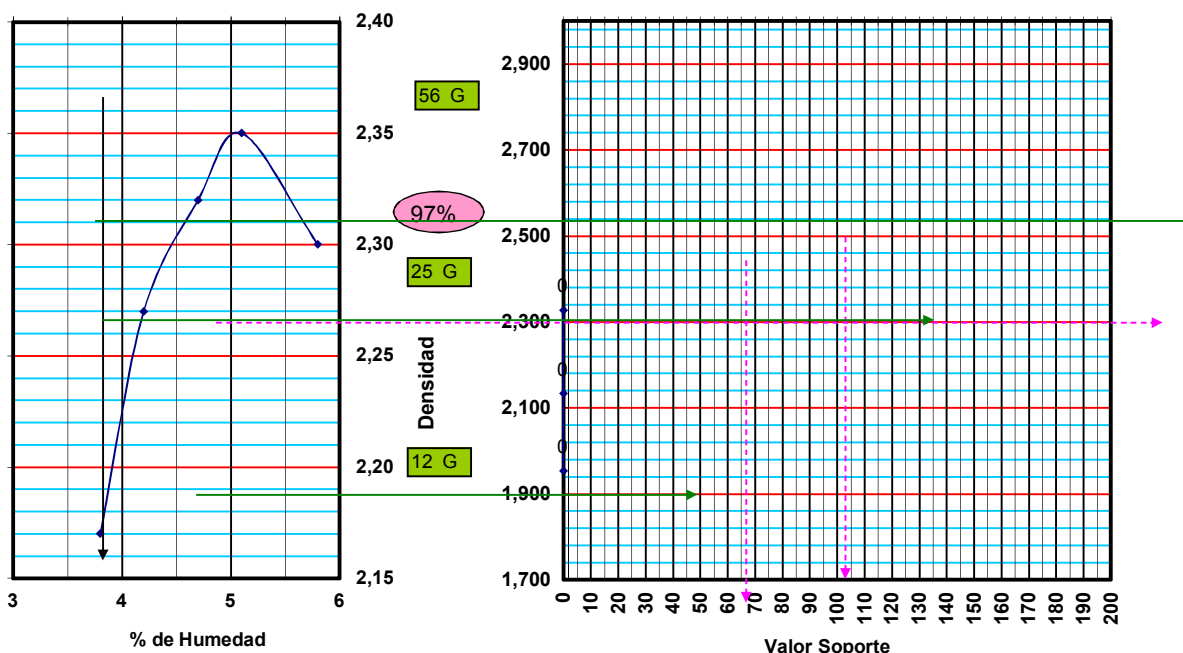
Dens.Máx. 2,166 Kg/m ³
Hum.Opt.: 6,8 %

Sobrecargas	Hincham.: 4,540 Kg.
	Penetrac.: 4,540 Kg.

Factor del Aro
12,92

Golpes	Molde	Molde + S.Húm.	Peso Molde	Peso S.Húm.	Vol. Molde	Dens. Húm.	% Hum.	Dens. Seca	Dens. Promed	Lec. 1ºd.	Lec. 2ºd.	Lec. 3ºd.	Lec. 4ºd.	Altura Probeta	% Hinc.
56	1	13199	8009	5190	2088	2,486	6,8	2,327	2,327	0,65	0,95	1,03	1,05	116,60	0,90
25	2	13312	8558	4754	2086	2,279	6,8	2,134		0,50	0,75	1,05	1,25	116,60	1,07
12	3	12914	8542	4372	2096	2,086	6,8	1,953		0,95	1,45	1,85	2,05	116,60	1,75

Golpes	Molde	Penetr. Stándar Kg/cm ²	0,63	1,27	1,9	2,54	3,17	3,81	4,44	5,08	7,62	10,16	12,7	V.S.	v.s. Promedio
56	1	Lec.Dial												0,0	0
		Carga Kg./cm ²	0,0	0,0	0,0	0,0				0,0	0,0	0,0			
		% Std.				0,0				0,0	0,0	0,0			
25	2	Lec.Dial												0,0	0
		Carga Kg./cm ²	0,0	0,0	0,0	0,0				0,0	0,0	0,0	0		
		% Std.				0,0				0,0	0,0	0,0	0,0		
12	3	Lec.Dial												0,0	0
		Carga Kg./cm ²	0,0	0,0	0,0	0,0				0,0	0,0	0,0	0,0		
		% Std.				0,0				0,0	0,0	0,0	0,0		



VALOR SOPORTE OBTENIDO AL 97 % DE LA DENSIDAD MAXIMA = **70-101** ----->

3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA. (Tropezón)

3.1. INTRODUCCION.

3.1.1. Ubicación.

La obra corresponde al cierre de avenida circunvalación de la ciudad de Córdoba llamada Ramón Cárcano en el cruce con avenida Colón (Aprox. Al 6000) entre el intercambiador de ruta nacional n° 5 que conecta la ciudad de Córdoba con Carlos Paz y el estadio Mario Alberto Kempes.

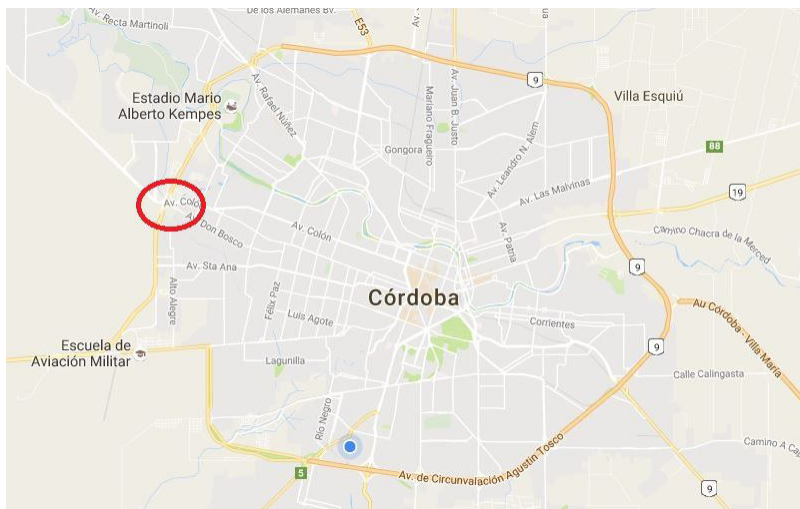


Ilustración 27: Ubicación 1



Ilustración 28: Ubicación 2

3.1.2. Historia.

La obra analizada del intercambiador de avenida Colón con avenida Ramón Cárcano, es solo una fracción de una gran obra de infraestructura vial fundamental para la ciudad de Córdoba Capital como es el anillo de circunvalación de la misma. Este proyecto lleva ya casi 50 años de desarrollo. Con el pasar de los años la ciudad de Córdoba experimentó una expansión muy grande, con un gran crecimiento demográfico, y acompañando a este crecimiento se fue desarrollando esta importantísima obra.

La obra realizada era una de las necesidades impostergables de la ciudad, ya que la intersección analizada no era adecuada para el volumen de tránsito que circulaba, teniendo en cuenta que la avenida Colón es uno de los accesos más importantes a la ciudad de Córdoba. Esta falta de capacidad de la intersección vieja generaba un gran punto de conflicto en las avenidas, como se puede ver en la imagen.



Ilustración 29: Situación inicial del nudo

Debido a esta inminente situación se derivó en el diseño del intercambiador descrito en el siguiente apartado, con capacidad para satisfacer eficientemente la demanda creciente de vehículos de una ciudad que sigue en expansión y cada vez más conectada con sus ciudades satélites, en este caso con la ciudad de La Calera y acceso al valle de Punilla.

3.1.3. Descripción General del Proyecto.

La obra es un intercambiador que permite la eficiente y fluida circulación de los vehículos entre dos de las avenidas con más demanda de circulación de la ciudad de Córdoba que son Av. Ramón Cárcano y Av. Colón.



Ilustración 30: Render de Proyecto -El Tropezon

La intersección proyectada se desarrolla a lo largo de 1100 metros sobre Av. Circunvalación y a lo largo de 1500m sobre Av. Colón.

El intercambiador cuenta con 3 niveles:

- El tercer nivel, nivel superior, es el que corresponde a la Av. Colón, está compuesto a un viaducto de aproximadamente 160m conformado por cuatro tramos de puente viga de 25m de longitud cada uno y dos de 30m en los extremos. Con esta estructura se permite la circulación fluida constante sobre Av. Colón.
- El segundo Nivel es el que corresponde a la Av. Circunvalación pasa con dos puentes, de aproximadamente 30m de longitud cada uno, sobre la rotonda de distribución de giros a la izquierda, ubicada en el primer nivel, el ancho de los puentes se preverá de tres carriles teniendo en cuenta el futuro tercer carril de la Av. Circunvalación.
- El primer nivel corresponde a la rotonda del distribuidor para garantizar el tráfico de giros a la izquierda, y las 4 ramas del distribuidor de giro directo a la derecha.

Con el desarrollo de esta obra de infraestructura se logra tener, en la intersección, una capacidad de flujo vehicular acorde a la capacidad requerida por los usuarios de la ciudad de Córdoba y vecinas, debidamente proyectada teniendo en cuenta el crecimiento actual de la ciudad.

3.2. HIDRAULICA GENERAL.

3.2.1. Descripción General.

Cuando se desarrolla cualquier obra civil sabemos que se producen alteraciones en el entorno de la misma que afectan el funcionamiento natural del ambiente. Uno de los factores más analizados en las obras viales es la hidrología de la zona. En este caso se analizarán los excedentes hídricos que llegan a la obra vial, y la interrupción de su escorrentía natural, junto con las obras civiles proyectadas y realizadas para controlarlos canalizarlos y transportarlos a través de la zona.

En este apartado se describirá la situación de las obras destinadas al manejo de los excedentes hídricos del nudo antes de la ejecución de la obra, y posteriormente, en el segundo apartado se detallarán las obras proyectadas y ejecutadas para el manejo de los caudales excedentes producidos a partir de la nueva obra. Además, hablaremos de las obras que cruzan la intersección como el canal maestro sur, sus modificaciones y obras complementarias proyectadas para que al concluir la obra queden en funcionamiento.

3.2.1.1. Obras Existentes.

En esta sección se describirán las obras existentes y el funcionamiento de los excedentes hídricos en la situación previa a la ejecución del nudo.

La obra existente contaba con una rotonda de 4 accesos en donde conflúan las avenidas ya mencionadas. De Norte a sur Av. Cárcano, de Este a Oeste Av. Colón.



Ilustración 31: Obras Existentes

En las inmediaciones de la obra el sentido principal de escorrentías se da en dirección al Río primero (Suquía), en sentido Sur-Oeste, Nor-Este. Recibiendo los caudales originados en las cuencas diferenciadas en la imagen, canalizándolos, transportados a través del nudo, y volcados en el arroyo Infiernillo que descarga en el Río Suquía.

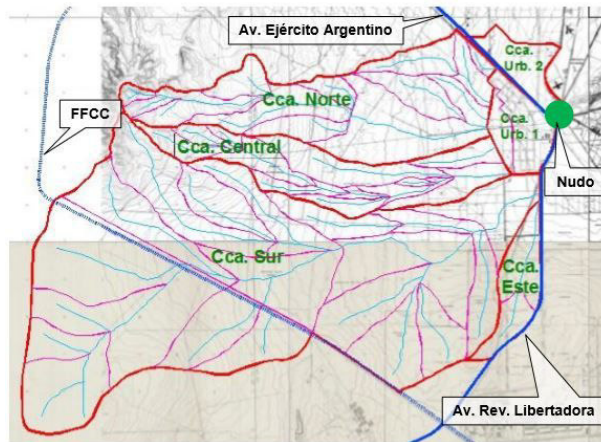


Ilustración 32: Cuencas.

Los excedentes hídricos que llegan desde las cuencas "Central", "Sur" y "Este" se canalizan en un canal que corre en dirección al nudo copiando la traza de avenida circunvalación, Av. Revolución Libertadora. Este, al llegar al nudo, ingresa en un conducto "Túnel Linner", que es un conducto de PRFV de 2600mm que pasa por debajo del nudo en dirección SE – NO, el cual recibe los caudales que llegan al nudo, los transporta a través del nudo y desemboca en el arroyo Infiernillo a 400m aguas abajo del nudo después de la alcantarilla "La Calandria".

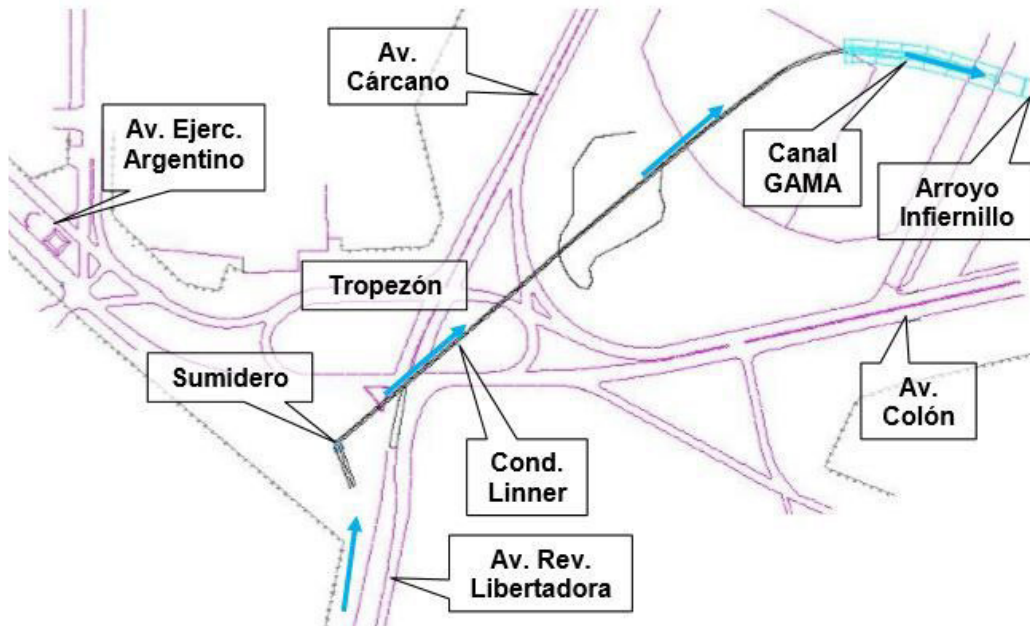


Ilustración 33: Esquema de Funcionamiento Tunel Linner

En cuanto a los excedentes hídricos generados en las cuencas urbanas y los caudales originados en la misma obra vial se transportan por cunetas, y por alcantarillas hasta

desembocar por medio de una alcantarilla del tipo bóveda que cruza la avenida Colón en el arroyo infiernillo, en la esquina Nor-Este del nudo, cabe aclarar que estos caudales son de un orden de magnitud menor a los transportados por el conducto Linner descrito anteriormente. Además, como podemos ver en la figura la alcantarilla transporta caudales provenientes de las cuencas urbanas de barrio "Los Robles", Villa "El Tropezon" y un caño proveniente de la playa de estacionamiento del supermercado "Wallmart".

Otro factor a tener en cuenta en la hidrología del nudo es el "Canal Maestro Sur" (ver la figura), que atraviesa la obra en dirección NO-SE, vemos que este canal cruza perpendicular al conducto Linner, ya que se trata de un canal de riego, se intenta que este tipo de obras acompañen las curvas de nivel, mientras que las obras dedicadas al desagüe de los excedentes hídricos (Túnel Linner) tratan de cruzar perpendicularmente a las curvas de nivel, acompañando las líneas de máxima pendiente. Este canal atraviesa el nudo, y es muy importante tener en cuenta su traza para el nuevo proyecto ya que se debe garantizar su correcto funcionamiento luego de la ejecución, y será un condicionante en el diseño del nuevo nudo.



Ilustración 34: Hidráulica completa. Infraestructura existente.

3.2.1.2. Obras Proyectadas.

Como ya se ha dicho en este informe, toda obra vial presenta una interrupción en el flujo natural de los excedentes hídricos naturales, por lo tanto, el manejo de estos caudales debe ser contemplado en el diseño de toda obra, es importante considerar que la mala disposición de estos puede generar grandes problemas en las inmediaciones y el entorno de la obra. Se pueden también generar zonas de conflicto en la obra, como por ejemplo zonas de anegamiento de aguas, las cuales no son deseadas y pueden ocasionar graves daños en la estructura (Paquete estructural), problemas en las fundaciones, etc.

En el apartado anterior se describieron las obras existentes en la zona de la intersección previo a la ejecución de la obra, de las que surgen algunos condicionantes de diseño del nuevo proyecto.

Con respecto al túnel Linner se planteó conservar esta conducción y adicionarle un tramo nuevo aguas arriba, este tramo es prolongación que deriva en el final del canal que proviene de las cuencas centro y sur. Además, se proyectó un sistema de regulación mediante un vertedero fusible y alcantarillas de desborde en la cámara de entrada del conducto, que nos permitirá regular el caudal máximo que fluye por el tubo en caso de situaciones extremas y desviar los excedentes al sistema de drenaje propio del nudo. También se complementó este sistema con una estructura de disipación de energía a la salida de la alcantarilla denominada "La Calandria". Esta estructura consta de un cuenco de hormigón con dados disipadores complementado con gaviones para evitar la erosión.

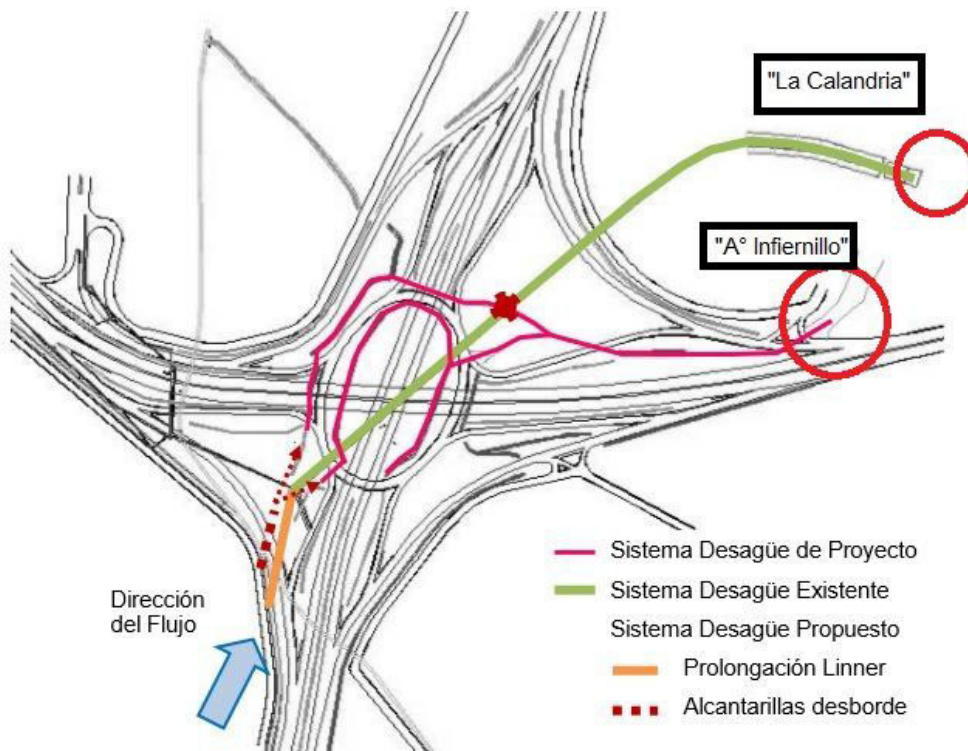


Ilustración 35: Esquema de Funcionamiento Proyecto

Otros de los importantes condicionantes del diseño hidráulico del nuevo proyecto es la existencia del Canal Maestro Sur, este es uno de los dos principales canales de riego de la ciudad de Córdoba, naciendo al Norte de La Calera, pasando por la llamada Zona de Countries. El canal continúa hacia el Sudeste, cruza Avenida Circunvalación a la altura de Avenida Colón e ingresa al llamado Cinturón Verde de la ciudad siendo el principal proveedor de agua de los establecimientos fruti-hortícolas de la zona. Debido a la importancia de esta obra de infraestructura es condición de diseño no interrumpir el flujo de este canal y que continúe su funcionamiento normal una vez que se haya finalizado la nueva obra.

La traza del viejo Canal Maestro Sur atraviesa la obra proyectada en dirección NO-SE, por lo tanto, se decidió la reubicación del mismo, y se proyectó una conducción entubada de más de 900mts a lo largo de toda la obra modificando la traza. La misma comienza en inmediaciones del colegio "Domingo Savio" en el cuadrante Nor-oeste de la obra y termina con el empalme con el viejo canal en la calle Lewis en el sector Sur-Este.

Como se ve en la figura, Con la obra vial se realizaron 600 metros del canal en una primera etapa, lo que implica que este quedo en desuso por un tiempo y fue necesario recurrir a la ejecución de un bypass transitorio del canal hasta que se termine la obra. Esta situación se vio reflejada en un aumento de los caudales de proyecto dentro del nudo, que ingresan por la alcantarilla 13 y desemboca en el A° Infiernillo. Esta situación junto con condiciones climáticas desafortunadas, generaron situaciones extremas en el nudo.



Ilustración 36: Canal Maestro Sur

En cuanto a la problemática que presentaba el viejo proyecto hidrológico, se pudieron identificar deficiencias en la descarga de los excedentes hídricos que llegaban al nudo de las cuencas de aporte, y se notó que la obra encargada de transportar estos caudales no tenía la capacidad de funcionar correctamente.

Al decidir mantener el conducto Linner para descargar los excedentes Hídricos que llegan al nudo, se realizó un estudio hidrológico de las cuencas que convergen a la obra. En la siguiente imagen se ven las cuencas analizadas para el cálculo del caudal máximo. Para este cálculo se recurrió a la utilización del “Método Racional Generalizado” (Descrito en Cap. 5).

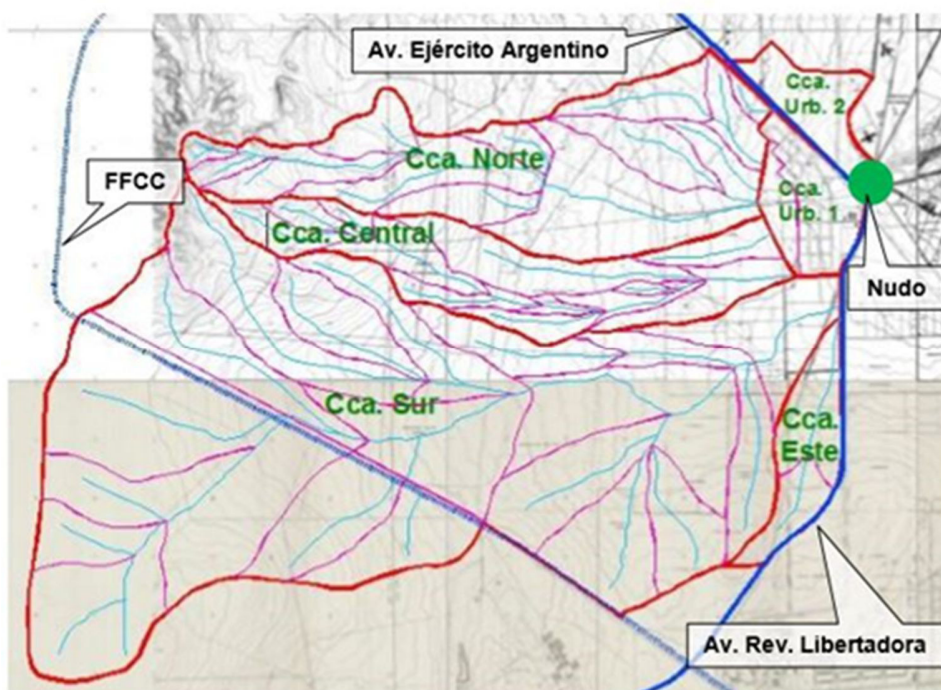


Ilustración 37: Cuencas de aporte

Según las características del conducto Linner, este tiene una capacidad máxima cercana a los 30 m³/seg. Este tubo debe tener la capacidad de soportar el caudal que llega desde las cuencas central, sur y este que viajan por un canal que acompaña la avenida circunvalación de sur a norte y al llegar al nudo ingresa en el túnel Linner.

De acuerdo con el estudio Hidrológico realizado en las cuencas se determinaron los caudales correspondientes a un período de retorno de 25 años y 100 años. En los hidrogramas representados a continuación se ven en rojo los hidrogramas totales, mientras que los azules corresponden a los hidrogramas de cada cuenca para 25 y 100 años. Estos hidrogramas fueron extraídos de la memoria del proyecto original “Informe Hidráulica El Tropezón”, donde se describe con detalle el proceso de investigación y cálculo seguido para conseguir estos resultados.

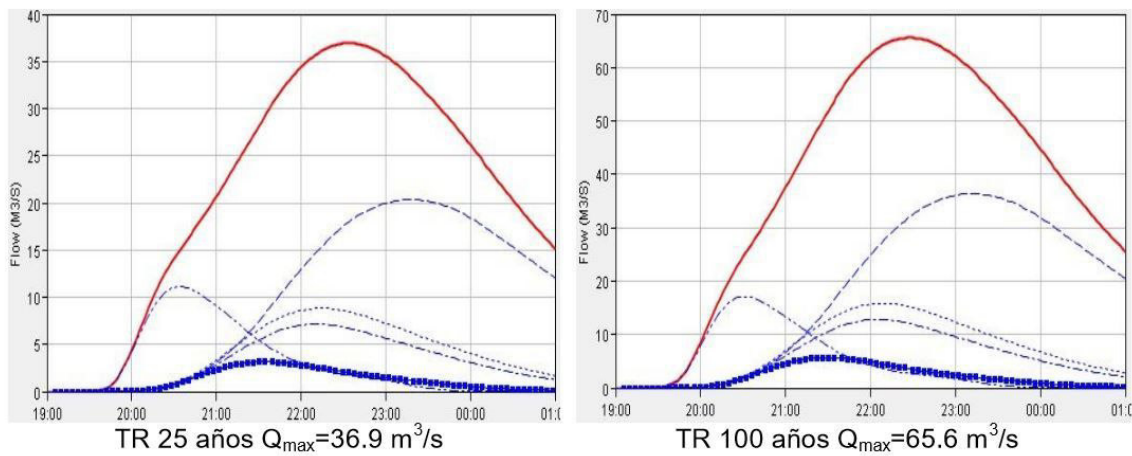


Ilustración 38: Hidrogramas

Para este tipo de proyectos, con esta envergadura se requiere una verificación con un tiempo de retorno de 100 años generalmente. De esta forma se puede ver que el conducto Linner no tiene la capacidad necesaria ni siquiera para soportar los caudales correspondientes a un período de retorno de 25 años, y mucho menos para 100 años.

Se llegó a la conclusión que si se desea mantener el conducto Linner para la evacuación de los caudales que llegan al nudo se debe realizar alguna obra complementaria para ayudar al conducto Linner a transportar estos caudales, o tomar medidas que tiendan a disminuir los flujos máximos que pasan a través de él.

Del análisis anterior se tomó la decisión de actuar sobre los caudales generados por las diferentes cuencas mediante la ejecución de Lagunas de Retardo. Estas son obras de ingeniería que permiten contener el agua que escurre en la cuenca, mediante la ejecución de grandes terraplenes en el terreno aguas abajo en la cuenca, lo que permite embalsar el agua que desciende por la cuenca, y mediante vertederos diseñados específicamente (en este caso vertederos tipo "Pico de pato") liberar los excedentes hídricos paulatinamente, esto genera un amortiguamiento en el caudal máximo esperado, y retardando el pico de crecida producido por las precipitaciones de diseño, y por lo tanto un menor flujo que pasa a través del conducto Linner, además parte de los excedentes hídricos se pierden por evaporación o infiltración.

En la figura se pueden ver los 3 microembalses proyectados para este fin y luego el hidrograma total del flujo a través del conducto para un tiempo de retorno de 100 años que nos muestra que el pico máximo es de 26.2 m³/seg.



Ilustración 39: "Vertedero Pico de Pato"



Ilustración 40: Vertedero Fusible

Como conclusión podemos decir, que la solución elegida para reducir los picos máximos de los flujos que pasan a través del conducto son muy satisfactorios, ya que reducen los resultados en un 60% verificando los caudales al ser menores a $30\text{m}^3/\text{seg}$



Ilustración 41: Esquema de Microembalses



Ilustración 42: Hidrograma de Flujo del conducto Linner.

A continuación, en la siguiente figura se presenta un esquema de la hidráulica de la obra proyectada.

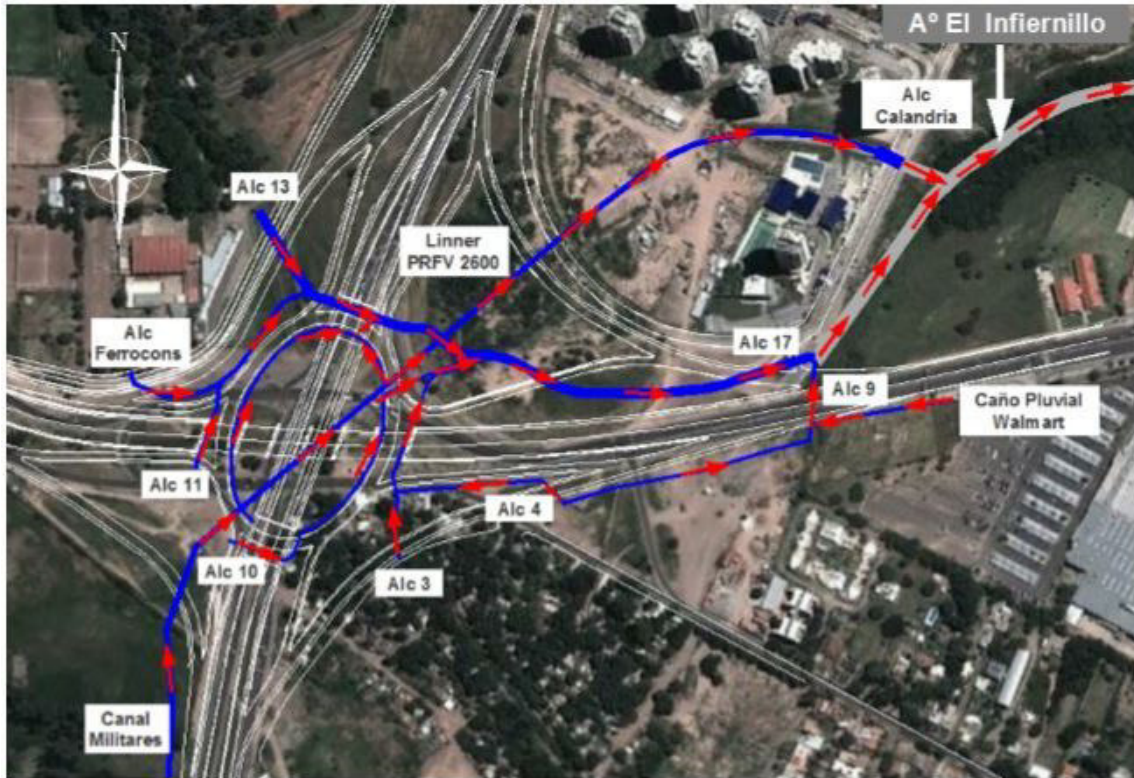


Ilustración 43: Esquema Sistema Hidraulico

4. INTRODUCCIÓN A LA PROBLEMÁTICA HIDROLÓGICA B° EL TROPEZON Y “A° INFIERNILLO”.

4.1. DESCRIPCIÓN

4.1.1. Descarga De Alcantarillas A° Infiernillo.

Como ya se vio en la descripción hidráulica del proyecto, en el apartado anterior, la mayor parte de los excedentes hídricos que convergen a la obra se descargan en el arroyo Infiernillo en 2 sectores, uno se localiza cercano a las torres Gama a la salida de las alcantarillas 9 y 17, en la rama directa que conecta la avenida Colón(Este) con la avenida Cárcano (Norte). y el otro, aguas abajo del arroyo infiernillo mediante un conducto que recoge los caudales del túnel Linner, llamada en el proyecto alcantarilla “La Calandria”.

En el proyecto original se había determinado la ejecución de un sistema de gaviones, para resolver la llegada de los excedentes hídricos al arroyo infiernillo para amortiguar el efecto de la descarga de los caudales de las alcantarillas N°17 y N°9.

Por problemas legales con los propietarios del terreno no se pudieron finalizar las obras previstas. Esto, sumado a que se debían incluir momentáneamente los caudales del canal maestro sur, ya que este se encontraba en proceso de construcción, (situación que fue comentada en el apartado anterior) y que en febrero de 2016 se registraron precipitaciones de gran magnitud, se produjeron erosiones considerables en la zona, poniendo en peligro la circulación por la Av. Colón.



Ilustración 44: Erosión A° Infiernillo

Debido a esta problemática se requirió una solución urgente, por lo que se llega al último proyecto propuesto. Este consiste de una obra de arte enterrada, que comienza con un cuenco 17-9 a la salida de las alcantarillas mencionadas, que funciona como una cámara de carga, y un conducto enterrado que termina en la confluencia con la alcantarilla “La Calandria”, junto con las obras de disipación correspondientes.



Ilustración 45: Anegamiento B° Los Robles

4.1.2. Anegamiento B° Los Robles Y Va. El Tropezón.

Antes de la realización del proyecto del nudo vial en la zona Sur-este del mismo se podía encontrar B° Los Robles y Residencial Los Robles separados por terrenos baldíos y la Villa El Tropezón. Al realizar el proyecto parte del asentamiento “Villa El Tropezón” coincidía con la rama directa Sur-Este, lo que llevó a la relocalización parcial del asentamiento, en la que 65 familias fueron trasladadas a nuevas viviendas que conforman el B° Tropezón, el cual fue provisto de la infraestructura vial necesaria.

Debido a esta nueva urbanización y a las obras realizadas, como por ejemplo la interrupción del Canal Maestro Sur, se vieron afectadas las escorrentías pluviales que convergen en los barrios aledaños. Esta situación produjo, en algunos puntos de los barrios ya mencionados, el anegamiento de las aguas de lluvia. Estos problemas repercutieron en la vida de los residentes de la zona. Registrándose en algunos casos el deterioro de las calzadas, acumulación de residuos en las calles y hasta inundación de algunas viviendas.

4.1.3. Proyecto Propuesto.

Debido a las problemáticas planteadas se ha proyectado un sistema de desagües urbano que se compone por un conjunto de sumideros ubicados propiamente en la zona afectada que descargan los excedentes hídricos hacia tuberías calculadas para poder transportar los caudales generados en situaciones extremas, adoptando períodos de retorno de 25 y 50 años.

Estos caudales derivan directamente en los canales que conforman el sistema de desagüe del nudo propiamente dicho, que dicho sea de paso ya fue ejecutado, tanto los canales revestidos como a las alcantarillas.

Esta situación nos obliga a verificar las obras de arte ejecutadas en el nudo, tanto canales como alcantarillas, pero teniendo en cuenta los nuevos caudales que se le adicionan debido a la incorporación del sector Sur-Este de la obra (B° Los Robles, Residencial Los Robles y B° "El Tropezón").



DIMENSION LAMINA: A1[841x594]
 2-OBRAS CAPTACION Y CONDUCCION.DWG

REVISION	M.O.P. DIRECCION PROVINCIAL DE VIALIDAD CORDOBA		PROYECTO: CIERRE AVENIDA de CIRCUNVALACION A019 A LA CIUDAD de CORDOBA		Obras Captación y Conducción		LAMINA N°
	AREA PLANIFICACION Y PROYECTO		TRAMO: Dist. Ruta Prov. N°5 - Dist. Avenida Spilimbergo				
	SUPERVISION: Ing. Luis Figliozzi		SECCION: Variante Pueyrredón-Distribuidor Av. Colón	DEPARTAMENTO: Capital	ESCALAS: S/P 1:1500	Planta	de
	ESTUDIO: Ing. José M. Vazquez	JEFE AREA: Ing. Figliozzi, Luis	EXPEDIENTE:	PLANO:			
	PROYECTO/EJECUCION: Ing. Daniel Martos	FECHA: abril 16					
	DIBUJO: Adrián Bressan						
	REVISO Y ACONDICIONO: Ing. José Rabellini						

5. VERIFICACIÓN DE OBRAS PARA LA EVACUACIÓN DE EXCEDENTES HÍDRICOS.

5.1. CÁLCULO DE CAUDALES URBANOS.

5.1.1. Marco Teórico.

Para la determinación de los excedentes hídricos generados por la zona analizada se utilizó el método racional generalizado, que es este método es uno de los más usados en la determinación de caudales máximos, y muestra resultados muy aproximados a la realidad para cuencas que están dentro de ciertos límites teóricos. Hay que tener en cuenta que el método tiene ciertas limitaciones que diferencian al modelo de la situación real del problema.

Se Pueden destacar:

- Proporciona solamente el caudal pico estimado.
- Supone que la lluvia es uniforme en el tiempo.
- Supone que la lluvia es uniforme en toda el área de estudio.
- Asume que la escorrentía es proporcional a la precipitación.

Rango de validez del método.

- Áreas de hasta 2000 Km².
- Tiempo de concentración de hasta 9 hs.
- Sin cantidad apreciable de bajos o lagunas que puedan almacenar agua.

En nuestro caso tratamos cuencas con áreas relativamente reducidas, para las cuales este método es muy efectivo y los resultados se asemejan lo suficiente a la realidad.

Para el desarrollo de este método es necesario realizar un estudio hidrológico completo de las áreas de aporte.

5.1.1.1. Determinación de las cuencas de aporte

En primer lugar, se debe dividir el área de aporte y delimitar las subcuencas, para poder conocer el escurrimiento de los excedentes hídricos sobre la superficie. Esta delimitación se realizó en base a recopilación de información de antecedentes, imágenes satelitales y relevamientos topográficos existentes y actuales. Se deben marcar las líneas divisorias de aguas las cuales implican puntos de máxima altitud en un entorno y separan el escurrimiento de agua entre una cuenca y otra.

5.1.1.2. Determinación de Parámetros físicos.

Luego de la identificación de todas las sub-cuencas se procede a la determinación de los parámetros físicos. Debiendo así obtener datos de la cuenca que son relevantes para la respuesta que tendrán frente a ciertas precipitaciones. Algunas de las más importantes son por ejemplo la forma y el tamaño de la cuenca, junto con el uso de suelo que se le dé al área de aporte considerada. Luego la pendiente y la cubierta son parámetros de suma importancia para la determinación de coeficientes de escorrentía e infiltración en el terreno,

que nos van a permitir calcular finalmente el caudal de excedentes hídricos que escurre hacia el cauce.

Es importante también determinar a qué fenómeno va a estar sometida nuestra cuenca y que y cuál es la magnitud máxima probable que va a soportar el proyecto. Para esto se determina la Tormenta de proyecto, que es la precipitación máxima probable que se supone que ocurrirá en la cuenca en una cierta cantidad de años.

Un factor esencial para determinar la tormenta de proyecto es el tiempo de recurrencia o período de retorno (T_R), que se puede definir como el tiempo en años que transcurre entre 2 fenómenos de igual magnitud o superior, por lo menos una vez. Este parámetro es seleccionado de acuerdo al criterio de proyectista y depende de la importancia de la obra y de los costos que ocasionaría que la obra deje de funcionar a causa de este fenómeno. Se puede expresar como la inversa de la frecuencia.

$$T = \frac{1}{f}$$

Teniendo ya la tormenta de diseño que se va a utilizar en la obra se procede a determinar la duración de la misma, esto se logra mediante la determinación del tiempo de concentración de la cuenca, y adoptando este como la duración de la tormenta.

Se conoce como tiempo de concentración al tiempo que tarda una gota de agua en llegar desde el punto más lejano de la cuenca hasta una sección de análisis del cauce.

La determinación del tiempo de concentración se realiza mediante fórmulas empíricas definidas por diferentes autores. Se pueden encontrar muchas formas diferentes de calcular el tiempo de concentración, ya que estos métodos lo obtienen a partir de los parámetros topográficos de la cuenca como el área, la longitud del cauce principal, pero difieren en los coeficientes empíricos que adopta cada uno. Por lo que se suele calcular con varias de estas fórmulas empíricas y luego determinar un valor con el promedio entre los calculados. Algunas de las ecuaciones más utilizadas son: Kirpich, Pezzoli, SCS, Pilgrim, Clark, Bransby-Williams, Izzard, entre otras.

Mediante un estudio pluviométrico de la zona se pueden obtener las intensidades máximas de las precipitaciones que se definen como:

$$i_{max} = \frac{P}{t}$$

Donde i_{max} es la intensidad de precipitación máxima; P es la cantidad de agua caída; t es el lapso de tiempo en el que se mide la precipitación.

Una vez establecidos estos parámetros se procede al cálculo de la lámina precipitada mediante las curvas IDT (Intensidad-duración-frecuencia). Estos gráficos relacionan la intensidad media en intervalos de diferente duración, en una región, y se grafican diferentes curvas para los diferentes tiempos de recurrencia, de esta forma podemos obtener la lámina precipitada. A partir de estas relaciones se obtiene una curva característica que se expresa por la ecuación de Sherman (1997) :

$$I = \frac{a * T_R^d}{(T_d + b)^c}$$

Donde T_R es el tiempo de retorno en años; T_d es la duración en minutos; a, b, c y d son coeficientes obtenidos en un análisis de correlación lineal múltiple.

5.1.1.3. Estimación de caudales.

Por último, se procede a la determinación de los caudales de acuerdo a los valores antes calculados. Como ya hemos mencionado anteriormente los caudales estimados se calculan por medio del método racional generalizado, el cual se define por la siguiente ecuación:

$$Q = 0,275 * C * I * A$$

Donde Q es el caudal estimado; C Coeficiente de escorrentía; A área de la cuenca (Km^2); I intensidad de las lluvias de diseño (mm/h).

Para la determinación del coeficiente de escorrentía se debe tener en cuenta el uso de suelo del área analizada, este coeficiente es determinado por criterio del proyectista, en función de la capacidad que tiene el suelo para absorber el agua precipitada, se adopta igual a 1 en el caso que escurra todo. En el caso de tener un área heterogénea se realiza un promedio ponderado de los coeficientes en función del área que ocupe cada uso de suelo.

5.1.2. Cálculo.

En primer lugar, se determinaron las diferentes cuencas de aporte en el área de conflicto y la respectiva subdivisión de las misma, para poder determinar el correcto escurrimiento de los excedentes hídricos.

Esta delimitación consiste en el trazado de las líneas divisorias de aguas que nos permiten determinar que el agua escurre para uno u otro lado de la misma, el trabajo ya mencionado se realizó mediante imágenes satelitales e información de relevamiento topográficos existentes y actuales.

La división de las diferentes cuencas de aporte se puede apreciar en la siguiente imagen:



Ilustración 46: Cuencas urbanas

Posteriormente se procede a determinar las características físicas de la cuenca de aporte, incluyendo área de la cuenca, longitud del cauce, desnivel y pendiente. Se las detalla en la siguiente tabla:

Cuenca	Área Total (m ²)	Área Total (Km ²)	Long. Cauce (m)	Cota Superior (m)	Cota Inferior (m)	ΔH	Pendiente (m/m)
1	27498,41	0,0275	282,15	463,36	458,49	4,87	1,73%
2	16709,69	0,0167	362,51	464,54	459,75	4,79	1,32%
3	43714,08	0,0437	362,51	464,54	459,75	4,79	1,32%
4	99727,94	0,0997	617,24	464,79	459,32	5,47	0,89%
5	34481,45	0,0345	303,41	459,5	458,55	0,95	0,31%

Tabla 1: Parámetros de las cuencas:

Con respecto a la determinación de la tormenta de diseño se comienza por la elección del período de retorno al cual va a ser sometida la obra, en este caso por la magnitud de la obra y la importancia que tiene en cuanto al volumen de tránsito y la importancia que tiene para el flujo vehicular continuo de la zona, se adoptó un período de retorno de 25 años.

La duración de la tormenta de diseño en cada caso se adopta igual al tiempo de concentración de cada una de las cuencas en análisis y de este modo poder obtener la intensidad requerida para el cálculo de caudales escurridos.

Como ya vimos un parámetro fundamental para la caracterización de la cuenca es el tiempo de concentración. Este puede ser determinado de muchas maneras a través de fórmulas empíricas las cuales utilizan coeficientes que adaptan la fórmula para cada caso. En este caso se utilizaron un conjunto de fórmulas para obtener el tiempo de concentración como el promedio de los resultados de las diferentes ecuaciones. Todas estas ecuaciones dependen de las características geométricas de la cuenca como: Longitud del cauce principal, pendiente y área de la cuenca, afectadas por diferentes coeficientes empíricos. Las utilizadas en este trabajo son:

✓ Kirpich:

$$T_c = 0.000323 \left(\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right)$$

Donde L es la longitud del cauce en m; S es la pendiente promedio del cauce en m/m.

✓ Pezzoli:

$$T_c = 0,055 * \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)$$

Donde L es la longitud del cauce en m; S es la pendiente promedio del cauce en m/m.

✓ SCS:

$$T_c = \frac{100 * L^{0.8} \left[\left(\frac{1000}{C_n} \right) - 9 \right]^{0.7}}{1900 * S^{0.5}}$$

Donde L es la longitud del cauce en ft; C_n Coeficiente de escorrentía; S pendiente promedio del cauce en m/m.

✓ Pilgrim:

$$T_c = A^{0.78} * 0,76$$

Donde A es el área en Km²;

✓ Clark:

$$T_c = 0,04574 * \left(\frac{A}{\sqrt{S}} \right)^{0,5936}$$

Donde A es el área en Km²; S es la pendiente del cauce en m/m.

De todas las formulas mencionadas anteriormente cabe destacar que T_c es el tiempo de concentración de la cuenca en horas.

Cuenca	Tiempo de Concentración (Hr)						Promedio
	Kirpich	Kirpich (modificado)	Pezzoli	SCS	Pilgrim	Clark	
1	0,12	0,32	0,12	0,43	0,05	0,02	0,18
2	0,16	0,35	0,17	0,60	0,04	0,02	0,22
3	0,16	0,35	0,17	0,65	0,06	0,02	0,24
4	0,28	0,41	0,36	1,21	0,13	0,05	0,41
5	0,24	0,61	0,30	1,19	0,05	0,03	0,40

Tabla 2: Tiempo de concentración

Una vez obtenidas las características de la cuenca se procede a analizar las precipitaciones de la zona mediante la construcción de las curvas IDF. Se utilizaron los datos de la estación Observatorio de acuerdo a la regionalización pluviográfica propuesta por el INA-CRSA (Instituto Nacional de Aguas. Centro de Región Semiárida) se adoptaron recurrencias de 25 y 50 años. Las curvas IDF se obtienen mediante el gráfico de las intensidades medias para intervalos de diferente duración. Para el cálculo de los diferentes puntos se utilizó la ecuación de Sherman:

$$I = \frac{a * T_R^d}{(T_d + b)^c}$$

Se adoptaron los siguientes coeficientes:

a=1608.76

b=15

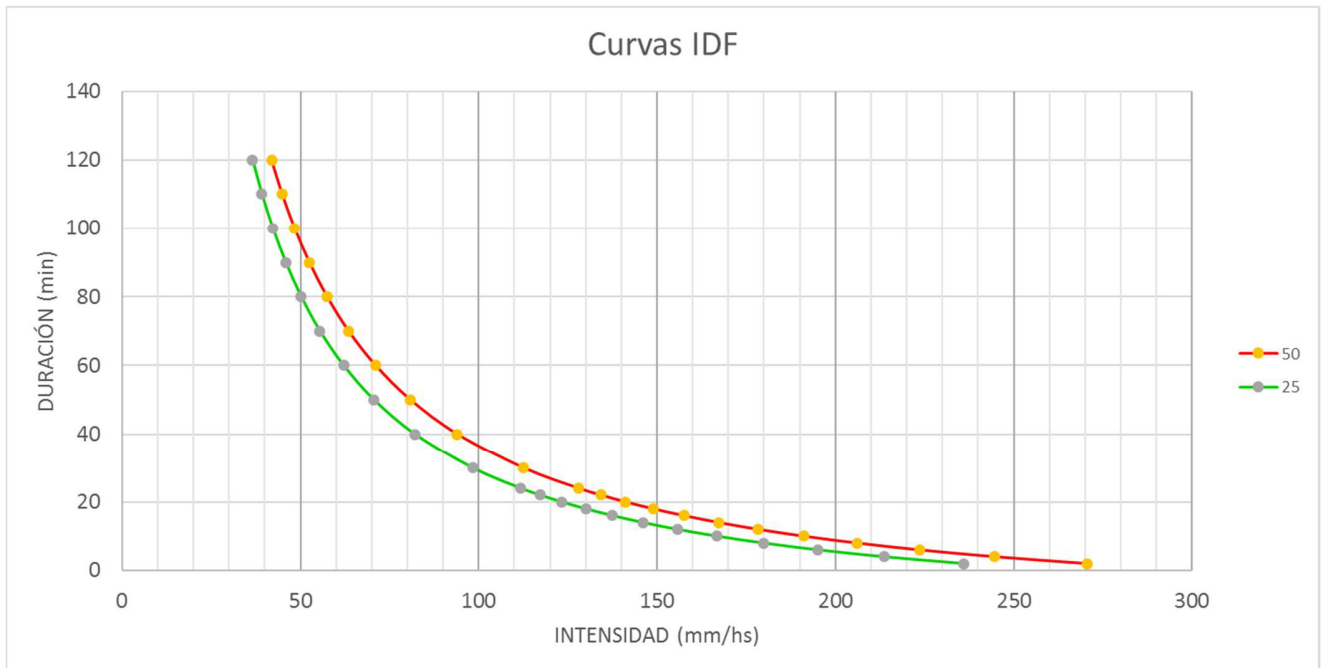
c=0.9

d=0.196

Aplicando esta ecuación se obtuvieron los siguientes resultados para tiempos de recurrencia de 25 y 50 años graficados a continuación.

Duración (min)Td	Intensidad (mm/hs)				
	Período de Retorno (años) TR				
	5	10	25	50	100
2	172,2	197,3	236,1	270,4	309,8
4	155,8	178,5	213,6	244,7	280,3
6	142,4	163,1	195,2	223,6	256,1
8	131,2	150,3	179,9	206,0	236,0
10	121,7	139,4	166,9	191,1	219,0
12	113,6	130,1	155,7	178,3	204,3
14	106,5	122,0	146,0	167,2	191,6
16	100,3	114,9	137,5	157,5	180,4
18	94,8	108,6	130,0	148,9	170,5
20	89,9	103,0	123,3	141,2	161,7
22	85,5	98,0	117,2	134,3	153,9
24	81,6	93,4	111,8	128,1	146,7
30	71,7	82,1	98,3	112,6	129,0
40	59,9	68,6	82,1	94,0	107,7
50	51,5	59,0	70,6	80,9	92,7
60	45,3	51,9	62,1	71,1	81,5
70	40,5	46,3	55,5	63,5	72,8
80	36,6	41,9	50,2	57,5	65,8
90	33,5	38,3	45,9	52,5	60,2
100	30,8	35,3	42,3	48,4	55,4
110	28,6	32,8	39,2	44,9	51,4
120	26,7	30,6	36,6	41,9	48,0

Tabla 3: Curvas IDF



Con estos gráficos podemos obtener la intensidad de las lluvias para el cálculo de los caudales del proyecto.

Para cada una de las cuencas se adopta una duración de la lluvia igual al tiempo de concentración obtenido en el cálculo. Entonces para las diferentes cuencas se obtienen las intensidades representadas en la siguiente tabla:

		Intensidad (mm/hs)		
		Periodo de retorno(Años)		
Cuenca	Tc (min)	25	50	100
1	10,52	166,9	191,1	219,0
2	13,37	146,0	167,2	191,6
3	14,17	137,5	157,5	180,4
4	24,33	111,8	128,1	146,7
5	24,26	111,8	128,1	146,7

Tabla 4: Tabla resumen. Cuencas

Por último, se deben estimar los coeficientes de escorrentía de acuerdo a un promedio ponderado en función del tipo de superficie y el área que ocupa en cada cuenca. Teniendo en cuenta que para las diferentes superficies existentes. Y se han determinado los porcentajes ocupados por cada una en las diferentes cuencas mediante imágenes satelitales.

Superficie	C
Area pavimentada	0,95
Area Urbanizada	0,5
Area Rural	0,25

Tabla 6: Coef. de Escorrentía

Cuenca	Area Total(Km ²)	Area Pavimentada	Area Urbanizada	Area Rural	Coef. de Escorrentía	Intensidad(mm/hs)			Caudal (m ³ /s)		
						Período de recurrencia (Años)			Período de recurrencia (Años)		
						25	50	100	25	50	100
1	0,03	30,2%	69,8%	0,0%	0,64	166,86	191,14	218,95	0,802	0,919	1,053
2	0,02	30,9%	69,1%	0,0%	0,64	145,99	167,24	191,57	0,429	0,491	0,563
3	0,04	19,2%	80,8%	0,0%	0,59	137,49	157,49	180,41	0,969	1,110	1,271
4	0,10	21,8%	78,2%	0,0%	0,60	111,82	128,09	146,73	1,835	2,102	2,408
5	0,03	10,0%	90,0%	0,0%	0,55	111,82	128,09	146,73	0,578	0,662	0,758

Tabla 5: Cálculo de Caudales MRG

5.2. VERIFICACION DE OBRAS.

Como se ha dicho anteriormente una vez calculados los nuevos caudales que se generan en consecuencia de la nueva urbanización de la villa El Tropezón, debemos verificar las obras de arte propias del nudo, que no solo deben recibir los caudales para los que fueron dimensionados, sino que se les suman los nuevos caudales calculados.

Los caudales considerados son los calculados para el proyecto original del nudo, que se obtuvieron del informe hidrológico de la obra, el cual considera todas las cuencas de aporte intervinientes, no nos detendremos en este estudio, que es un trabajo muy extenso, solo se calcularán los caudales generados por la urbanización de la Villa El Tropezón. Entonces se utilizarán estos caudales del proyecto, y se le adicionarán los caudales excedentes calculados en este informe.

En los siguientes apartados se verificarán 4 canales y 6 alcantarillas, que ya están construidas.

5.2.1. Canales.

Mostramos en la siguiente imagen un esquema en que se diferencian los canales a verificar en una planta del nudo.

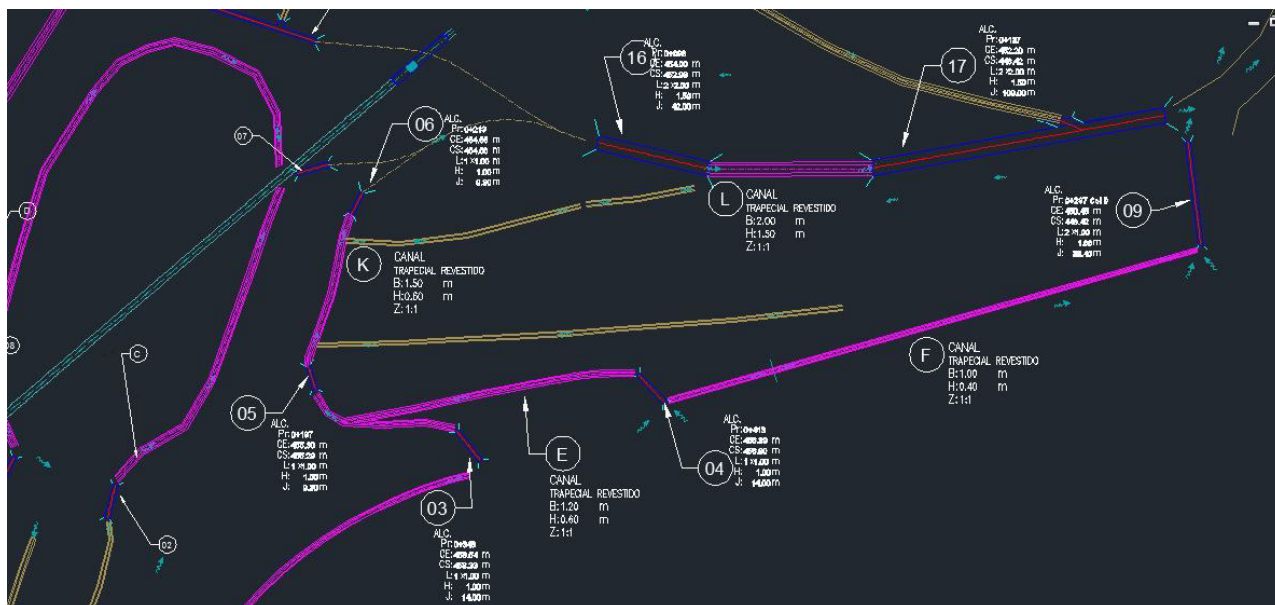


Ilustración 47: Obras de arte Existentes

Se verificarán los canales E F K y L. En la siguiente tabla se presentan los parámetros y dimensiones de los canales existentes, en los que se ve el coeficiente de Manning de acuerdo al material, las dimensiones de la base, el talud lateral, la altura total y la pendiente longitudinal.

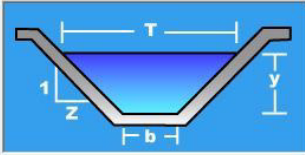
En la segunda parte de la tabla vemos la verificación, en la que en función del caudal que transporta el canal, y los parámetros antes presentados, se calcula un tirante normal del caudal que transporta y considerando una revancha verificamos que el tirante no sobrepase la altura del canal existente.

El tirante de cada canal se calculó mediante el uso del software "Hcanales". A continuación, se muestran las capturas de pantalla del mismo.

Debe notarse que el canal F se ha dividido en 2 tramos, uno previo al caño de desagüe que proviene de los barrios, y uno posterior, ya que se ve un aumento considerable en el caudal luego de recibir este aporte. Véase el plano adjunto en inciso [4.1.3 Proyecto propuesto](#).

Capturas de pantalla:

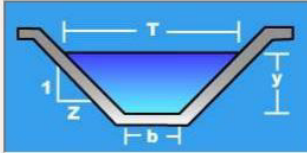
Lugar:	<input type="text" value="Córdoba"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Tropezón"/>
Tramo:	<input type="text" value="Canal E"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Hormigón"/>

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="2.923"/> m ³ /s	
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="1.2"/> m	
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.012"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.0115"/> m/m	

Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.4455"/> m	Perímetro (p): <input type="text" value="2.4601"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.7331"/> m ²	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.2980"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="2.0911"/> m	Velocidad (v): <input type="text" value="3.9870"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.1498"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="1.2557"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>	

Ilustración 48: Canal E

Lugar:	<input type="text" value="Cordoba"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Tropezon"/>
Tramo:	<input type="text" value="Canal F"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="H*"/>

Datos:		
Caudal (Q):	<input type="text" value="3.341"/> m ³ /s	
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="1"/> m	
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value=".012"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value=".0174"/> m/m	

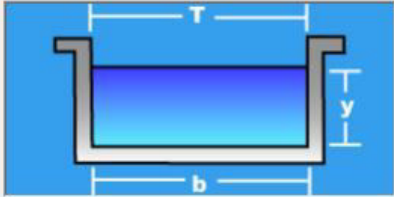
Resultados:		
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.4672"/> m	Perímetro (p): <input type="text" value="2.3214"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="0.6854"/> m ²	Radio hidráulico (R): <input type="text" value="0.2953"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="1.9344"/> m	Velocidad (v): <input type="text" value="4.8742"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.6143"/>	Energía específica (E): <input type="text" value="1.6781"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>	

Ilustración 49: Canal F-Caño

Memoria de tareas de obra y Verificación De Obras Arroyo Infiernillo

Lugar:	Infiernillo	Proyecto:	Trapezon
Tramo:	F-9	Revestimiento:	Hormigon

Datos:			
Caudal (Q):	3.341	m ³ /s	
Ancho de solera (b):	1	m	
Talud (Z):	0		
Rugosidad (n):	.012		
Pendiente (S):	.039	m/m	




Resultados:					
Tirante normal (y):	0.5087	m	Perímetro (p):	2.0173	m
Area hidráulica (A):	0.5087	m ²	Radio hidráulico (R):	0.2521	m
Espejo de agua (T):	1.0000	m	Velocidad (v):	6.5683	m/s
Número de Froude (F):	2.9404		Energía específica (E):	2.7076	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Ilustración 50: Canal F-Alc.9

Lugar:	Cordoba	Proyecto:	Trapezon
Tramo:	Canal K	Revestimiento:	H*

Datos:			
Caudal (Q):	2.923	m ³ /s	
Ancho de solera (b):	1.5	m	
Talud (Z):	1		
Rugosidad (n):	.012		
Pendiente (S):	.0127	m/m	



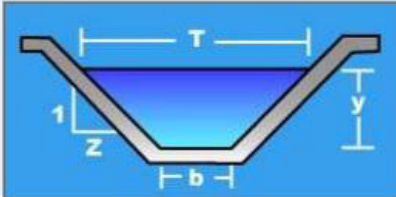
Resultados:					
Tirante normal (y):	0.3853	m	Perímetro (p):	2.5898	m
Area hidráulica (A):	0.7264	m ²	Radio hidráulico (R):	0.2805	m
Espejo de agua (T):	2.2706	m	Velocidad (v):	4.0240	m/s
Número de Froude (F):	2.2715		Energía específica (E):	1.2106	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Ilustración 51: Canal K

Lugar:	<input type="text" value="Cordoba"/>	Proyecto:	<input type="text" value="Tropezon"/>
Tramo:	<input type="text" value="Canal L"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="H*"/>

Datos:

Caudal (Q):	<input type="text" value="4.287"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="2"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="1"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value=".012"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value=".0115"/>	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.4228"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="3.1958"/>	m
Area hidráulica (A):	<input type="text" value="1.0243"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.3205"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="2.8456"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="4.1853"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.2272"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="1.3156"/>	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

Ilustración 52: Canal L

Canal	Obras existentes					Verificación				
	Material (n)	Fondo	Pend.(%)	Talud lateral	Prof.(m)	Caudal(m ³ /seg)	Rev.(m)	Yn (m)	Yn+Rev.	Verificación
E	0,012	1,2	0,012	1_1	0,6	2,923	0,10	0,45	0,55	Verifica
F	Hasta caño	0,012	1,0	0,017	1_1	1,901	0,05	0,34	0,39	Verifica
	Despues	0,012	1,0	0,039	1_0	3,341	0,05	0,51	0,56	Verifica
K	0,012	1,5	0,013	1_1	0,6	2,923	0,10	0,38	0,48	Verifica
L	0,012	2,0	0,012	1_1	1,5	4,287	0,10	0,42	0,52	Verifica

Tabla 7: Verificación de Canales.

Como podemos ver todos los canales ya ejecutados verifican para los nuevos caudales.

5.2.2. Alcantarillas.

Las alcantarillas son conductos cerrados que permiten transportar la corriente de aguas a través de la calzada, su misión es continuar el cauce de las aguas cuando estas se encuentran con una barrera artificial como puede ser un camino.

Como se ha comentado, se verificarán las alcantarillas ejecutadas en la obra, sumándoles a su caudal de diseño el caudal producido por la urbanización de la Villa el Tropezón. En total en el nudo se ven afectadas 6 alcantarillas que fueron diferenciadas en la [figura 21](#).

Estas alcantarillas son de hormigón armado, de sección cajón rectangular, en algunos casos simples y en otros múltiples.

5.2.2.1. Marco Teórico.

Para la verificación de las alcantarillas se utilizará el método propuesto por la dirección nacional de vialidad, que fue adoptado y expuesto en el libro "Principios de diseño

Geométrico Vial” citado en la bibliografía y utilizado en la cátedra de transporte II. Este consiste en plantear una altura máxima admisible del pelo de agua a la entrada de la alcantarilla y verifica que la altura a la entrada de la alcantarilla calculada H_e sea menor a esta. Para la determinación de la altura de carga admisible a la entrada de la alcantarilla se deben tener en cuenta algunos factores como topografía de la zona, tratando de evitar inundaciones en las zonas aledañas, y velocidades generadas en el flujo, para evitar la erosión del cauce.

Dicha altura a la entrada de la alcantarilla se debe calcular de 2 formas, considerando que la obra funciona con control de entrada y luego con control de salida, el tipo que arroje el mayor H_e será el tenido en cuenta para la verificación.

Si la alcantarilla trabaja con control de entrada o control de salida dependerá de varios parámetros propios de la estructura como, pendiente, material, tamaño, cabezales al ingreso, sección del conducto. Y también del tipo de flujo que se genera dentro de ella para el caudal considerado. Además, se define un parámetro para el uso de los ábacos que es la relación del caudal que transporta y la base del conducto.

Todas estas variables se relacionan mediante una serie de ábacos que se utilizan en el cálculo del procedimiento de verificación de la alcantarilla.

Se verá en el siguiente apartado 2 tablas, una que muestra las características de las obras ya ejecutadas con la altura a verificar en el procedimiento en la columna de “Cota rasante Entrada”. Y una segunda tabla que muestra las alturas de entrada H_e calculadas por control de entrada y control de salida, con los datos de caudales máximos que circularán por la alcantarilla.

Para el cálculo de la altura del pelo de agua a la entrada de la alcantarilla por control de entrada se utiliza el siguiente ábaco, entrando con la altura de la alcantarilla D , uniendo con una línea recta con la relación Q/B , y extendiendo esta recta hasta la siguiente escala de acuerdo con el tipo de embocadura de la alcantarilla se llega a una relación H_e/D , y multiplicándolo por la altura de la alcantarilla D obtenemos la altura H_e por control de entrada.

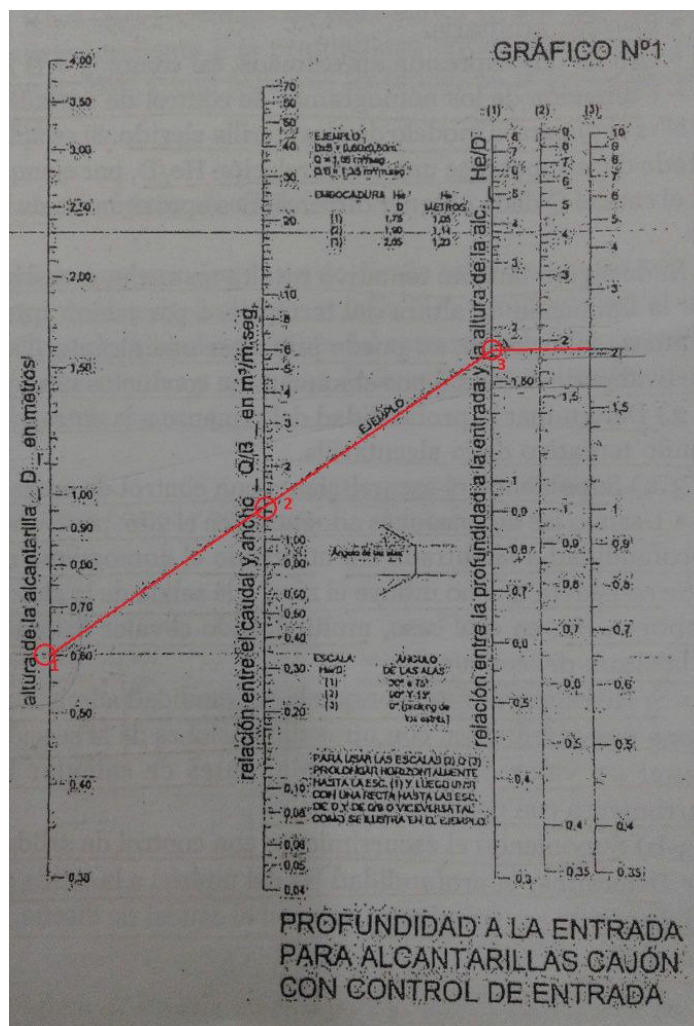


Ilustración 53: Abaco control de entrada

Para la verificación por control de salida se tienen en cuenta, además de los parámetros ya analizados, parámetros propios del conducto como pendiente, material, rugosidad, longitud de la alcantarilla, ya que en este cálculo se considerará el flujo dentro de la alcantarilla, y como este afecta aguas arriba el tirante.

Lo primero que se realizó fue determinar el coeficiente K_e de la tabla que se adjunta a continuación de acuerdo al tipo de estructura y las características de la embocadura.

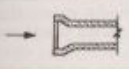
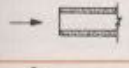



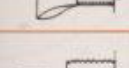
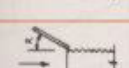

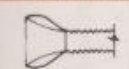
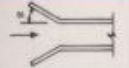
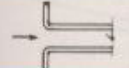
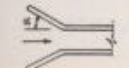

	DESCRIPCION	C_e
TUBOS DE CONCRETO	 CAMPANA SALIENTE	0.2
	 ESPIGA SALIENTE (No se recomienda su uso)	0.5
	 CON ALETAS ($\alpha 0^\circ$ a 90°) CAMPANA EN EL EXTREMO	0.2
	 CON ALETAS ($\alpha 0^\circ$ a 90°) ESPIGA EN EL EXTREMO (No se recomienda su uso)	0.5
	 CON ALETAS ($\alpha 0^\circ$ a 90°) REDONDEADA (Radio = $D/12$)	0.2
	 SECCION TERMINAL PREFABRICADA DE ACUERDO CON TALUD	0.5
TUBOS O ARCOS METAL CORRUGADO	 EXTREMO SALIENTE	0.9
	 CON ALETAS ($\alpha 0^\circ$ a 90°)	0.5
	 CHAFLANADO DE ACUERDO CON TALUD	0.7
	 SECCION TERMINAL PREFABRICADA DE ACUERDO CON TALUD	0.5
CAJONES DE CONCRETO ARMADO	 ALETAS O MUROS DE CABECERAS ARISTAS SIN REDONDEAR	$\alpha = 0^\circ$ 0.7 $10^\circ < \alpha < 25^\circ$ 0.5 $30^\circ < \alpha < 75^\circ$ 0.4 $\alpha = 90^\circ$ 0.5
	 MURO DE CABECERA TRES ARISTAS REDONDEADAS (Radio = 1/12 dimensión cajón)	0.2
	 ALETA α ENTRE 30° Y 75° ARISTA SUPERIOR REDONDEADA (Radio = 1/12 dimensión cajón)	0.2

Tabla 8: Coeficiente K_e

Luego se procede a determinar la altura de carga para la alcantarilla H , que será la diferencia de altura entre el tirante a la entrada y la salida de la alcantarilla, teniendo en cuenta el desnivel propio de la alcantarilla, como el largo por la pendiente, $L \times i$. Entonces despejando la altura a la entrada de la alcantarilla H_e obtenemos la expresión utilizada.

$$H_e = H + H_1 - L * i$$

H_e = Altura a la entrada de la alcantarilla

H_1 = Altura a la salida de la alcantarilla

H = Altura de carga de la alcantarilla

L = Longitud de la alcantarilla

i = Pendiente longitudinal de la alcantarilla

Para obtener la altura de carga H utilizamos el ábaco presentado. Unimos la longitud de la alcantarilla según nuestro coeficiente K_e con la dimensión de la alcantarilla en el eje de la izquierda. Marcamos el punto en que esta recta intersecta con la "Recta de paso", por último, unimos el caudal a verificar en el segundo eje de la izquierda con este punto y extendemos esta línea hasta chocar con el eje de la derecha, en donde obtenemos la altura de carga H en metros.

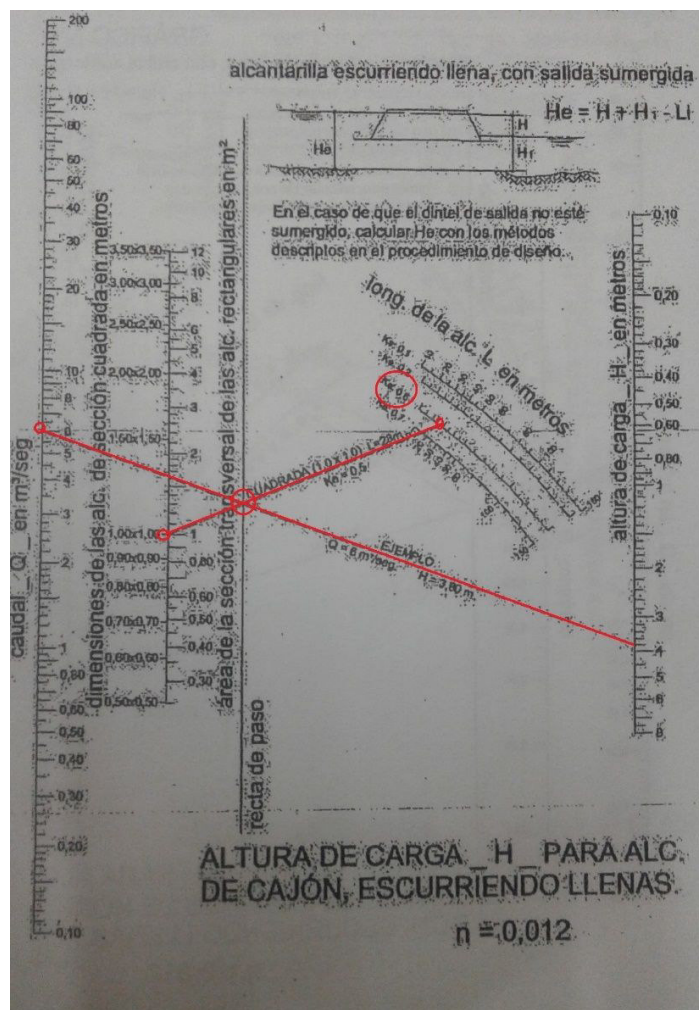


Ilustración 54: Abaco 1 control de salida

El segundo término que aparece en la ecuación es la altura H_1 , la altura del pelo de agua a la salida de la alcantarilla, esta puede ser calculada a través de la siguiente expresión en el caso que la altura del pelo de agua a la salida sea superior o igual al dintel de la boca de salida de la alcantarilla. Cabe aclarar que para este trabajo se utilizó esta fórmula ya que se consideró el caso más desfavorable en todos los casos.

$$H_1 = \frac{(h_c + D)}{2}$$

Obtenemos el valor h_c (Profundidad crítica), la que siempre debe ser mayor que D y se obtiene del gráfico presentado a continuación, en función de la luz de la alcantarilla y el caudal que pasa por ella.

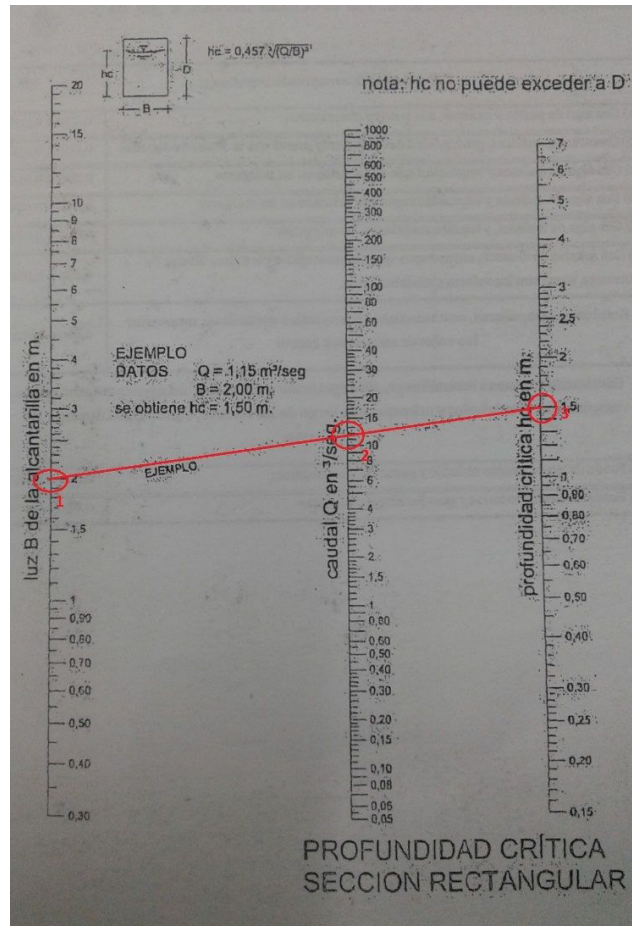


Ilustración 55: Abaco 2 control de salida

El último término se calcula con los parámetros geométricos del conducto, lo que nos da un desnivel entre la entrada y la salida de la alcantarilla.

Siguiendo este procedimiento obtenemos los 2 valor de H_e por cálculo, en cada caso utilizaremos el mayor de ambos para verificar que no supere los límites establecidos en proyecto, o en este caso que no supere los límites establecidos de acuerdo a las obras ya realizadas, evitando que el agua tenga contacto con el paquete estructural, o que se tengan grandes áreas de inundación que puedan perjudicar la zona de camino.

5.2.2.2. Verificación.

Respetando el proceso descrito anteriormente se procede a presentar las tablas utilizadas para la verificación de las obras de arte. Viendo que las alturas a la entrada calculadas H_e en todos los casos es menor que la "Tapada a la entrada", y nos garantiza que no se llegará al paquete estructural de la vía.

Alcantarilla	Datos de alcantarillas existentes											
	C.E.	C.S.	J	I	Cota Rasante Entrada	Cota Rasante Salida	Tapada entrada	Tapada Salida	Sección	Dimensión (m)		Cantidad
	m	m	m	m/m	m	m	m	m		B	D	
3	458,31	458,00	16,9	0,0183	459,93	460,21	1,62	2,21	Cajón	1	1	1
5	455,20	455,15	10,0	0,0050	457,16	457,34	1,96	2,19	Cajón	1	1	1
6	454,55	454,50	11,0	0,0046	457,07	456,87	2,52	2,37	Cajón	1	1	1
9	452,54	448,00	58,5	0,0776	454,61	453,72	2,07	5,72	Cajón	1	1	1
16	454,00	452,98	26,0	0,0392	457,33	457,38	3,33	4,40	Cajón	2	2	2
17	450,44	449,00	68,0	0,0212	455,18	454,14	4,74	5,14	Cajón	2	2	2

Tabla 9: Datos de alcantarillas existentes.

Alcantarilla	Control de entrada				
	Caudal de diseño	Q/b	He/D	He	He adm
	m ³ /seg	m ³ /seg*m	m/m	m	m
3	2,565	2,565	1,50	1,50	1
5	2,923	2,923	1,80	1,80	1
6	2,923	2,923	1,80	1,80	1
9	3,341	3,341	2,05	2,05	1
16	4,287	1,072	0,35	0,70	2
17	4,287	1,072	0,35	0,70	2

Tabla 10: Verificación control de entrada.

Alcantarilla	Control de salida										
	Caudal de diseño	ke	H	hc	(hc+d)/2	Hs	H1	L*i	He salida	He	Verificación
	m ³ /seg		m	m	m	m	m	m	m	m	
3	2,565	0,4	0,6	0,87	0,935	1	1	0,31	1,29	1,5	Verifica
5	2,923	0,5	0,85	0,96	0,98	1,05	1,05	0,05	1,85	1,85	Verifica
6	2,923	0,5	0,85	0,96	0,98	1,05	1,05	0,05	1,85	1,85	Verifica
9	3,341	0,4	1,48	1,05	1,025	1,5	1,5	4,54	-1,56	2,05	Verifica
16	4,287	0,5	0,48	0,53	1,265	2	2	1,02	1,46	1,46	Verifica
17	4,287	0,5	0,63	0,53	1,265	2	2	1,44	1,19	1,19	Verifica

Tabla 11: Verificación control de salida.

Podemos ver que todas las obras de arte verifican para las solicitudes establecidas. Por lo tanto, no se debieron hacer modificaciones en las obras existentes.

6. CONCLUSIONES.

Como conclusión puedo decir que esta práctica supervisada fue una actividad muy enriquecedora para mi formación profesional, tanto en la parte de cálculo como en las actividades de obra.

Pude realizar una gran correlación entre lo aprendido en el transcurso de la carrera, y la actividad práctica realizada, y en caso de no recordar algún tema en particular tener la capacidad para poder buscar donde sea conveniente el material necesario. Concluyendo que la facultad nos da las herramientas necesarias para poder resolver un gran porcentaje de los problemas que se nos pueden presentar en la actividad profesional.

Según lo que tuve la oportunidad de realizar en este tiempo de trabajo puedo concluir que:

- En cuanto a las actividades topográficas aprendí que es muy importante la ubicación de los puntos fijos a los cuales se “atan” las mediciones realizadas y siempre es mejor tener una gran cantidad de puntos fijos, a que en algún momento “desaparezcan” y se dificulte mucho el trabajo.
- En cuanto a las actividades de obra en general, me parece importante rescatar lo fundamental que resulta aprender de la gente que tiene experiencia y tratar de aprovechar al máximo este tipo de enseñanza.
- Hablando de las actividades de laboratorio es importante ser muy organizado y ordenado a la hora de trabajar. Y ser prolijo con la extracción de los resultados obtenidos.
- En el caso del cálculo de los caudales, considero que el método racional generalizado resultó adecuado para este trabajo, debido a las características de las cuencas analizadas.
- Con respecto a la verificación de las obras creo que las soluciones adoptadas fueron efectivas para la resolución de los problemas presentados, ya que todas las obras de arte verificaron sin ningún inconveniente.

Lo que más rescato de esta práctica es la posibilidad de conocer cómo se trabaja en obras de esta envergadura, con todo lo que esto abarca, desde la importancia del buen abalanzamiento de un punto fijo en topografía, el trato con el personal de obra, la influencia del factor climático la ejecución de la obra y los tiempos de obra.

NORMAS DE ENSAYOS



DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD
(1° Distrito Buenos Aires)

NORMA DE ENSAYO

VN - E1 - 65

TAMIZADO DE SUELOS POR VÍA HÚMEDA

[Índice](#)

1.1 – OBJETO

Esta Norma detalla el procedimiento a seguir para establecer la distribución porcentual de las partículas finas de un suelo, o fracción fina de un material granular, de tamaño inferior a los tamices IRAM 2,0 mm (Nº 10), IRAM 425 micrómetros (Nº 40) e IRAM 75 micrómetros (Nº 200).

1.2 – APARATOS

- a. Tamiz IRAM 2,0 mm (Nº 10)
- b. Tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40)
- c. Tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200)
- d. Recipientes de un litro de capacidad, estancos, de material inoxidable (hierro enlozado, aluminio, vidrio, etc.)
- e. Mortero de porcelana o madera con pilón revestido con goma, de medidas comunes.
- f. Balanza de 1 Kg. de capacidad, con sensibilidad de 1 centigramo.
- g. Balanza de 10 Kg. de capacidad, con sensibilidad de 1 gramo.
- h. Estufa de secado de muestras, regulable, que asegure temperaturas de 105 – 110° C.
- i. Elementos varios de uso corriente, bandejas para mezcla del material, probetas, espátulas, cuchara de albañil, etc.

1.3 – PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- a. Aunque, en general, este ensayo se efectúa solamente sobre muestras de suelo fino, debe tenerse presente que a veces también se lo hace sobre suelo con gran cantidad de material grueso.
- b. Cantidad de muestra: si se trata de suelo fino debe enviarse al Laboratorio no menos de 1000 gramos. Cuando el suelo contiene material grueso, la cantidad mínima depende del mayor tamaño de las partículas, Siendo D el mayor diámetro en mm la cantidad mínima, en gramos a enviar al laboratorio debe ser aprox. igual a 1000 D.
- c. Previa una minuciosa homogeneización, por cuarteo se obtienen dos porciones de las cuales una de ellas se destinará para la determinación de la granulometría de la parte fina de los suelos y la otra se utilizará para los ensayos de “Límite Líquido” Norma [VN-E2-65](#) “Límite Plástico” - “Índice de Plasticidad” Norma [VN-E3-65](#).

1.4 – PROCEDIMIENTO

- a. Suelos finos: De una de las porciones obtenidas de acuerdo a 1.3 (c), por cuarteos sucesivos se toma una cantidad adecuada. Si se trata de suelo fino que pasa por el tamiz IRAM 2 mm. (Nº 10) bastan 200 gramos. Se seca en estufa a 105 – 110° C y se pesa el material a ensayar

- b. Suelos en material grueso: Si contiene material grueso debe seguirse el siguiente criterio. Siendo D el mayor diámetro en mm. y P la cantidad de muestra a ensayar, P debe estar comprendida entre los límites siguientes: $200 D < P < 500 D$. La cantidad de material comprendida entre estos límites, se seca en estufa a $105 - 110^{\circ} C$ y se pesa.
- c. La cantidad de material preparado para el ensayo, según ap. 1-4 (a) ó 1-4 (b), se coloca dentro de un recipiente adecuado con agua en cantidad suficiente como para cubrir holgadamente la muestra. Se deja en reposo durante 24 horas.
- d. Si se trata de suelo fino se vierte el contenido del recipiente sobre un tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) y se lava cuidadosamente con un chorro de agua no muy fuerte hasta que se compruebe que el agua, que se escurre del tamiz sale limpia.
- e. El material que queda en el tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) se recoge en una cápsula y se seca en estufa a $105 - 110^{\circ} C$ hasta peso constante.
- f. Una vez seco el material retenido, se coloca en el mortero y se desmenuza con la mano del mortero revestida en goma, ejerciendo firme presión, con el objeto de deshacer los terrones que pudieran haberse formado al secar el material.
- g. El material así obtenido se pasa por los tamices IRAM 425 micrómetros (N° 40) e IRAM 75 micrómetros (N° 200). Se pesan las fracciones retenidas.
- h. Si se trata de suelos con material grueso, luego de la operación indicada en ap. 1.4 (c) , se remueve el contenido del recipiente y se vuelca el líquido sobre el tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) continuando el lavado del tamiz hasta que salga el agua limpia. Se agrega agua al recipiente, se agita con una varilla, se deja reposar dos o tres minutos y se vuelca el líquido sobre el mismo tamiz. Se repite la operación dos o tres veces. Finalmente se coloca sobre el tamiz ya mencionado los tamices IRAM 425 micrómetros (N° 40) e IRAM 2,0 mm (N° 10) en ese orden, y se vierte todo el contenido del recipiente sobre el conjunto continuando el lavado hasta que no pase más material.
- i. Se continúa operando como se indica en el ap. 1.4 (g) con la salvedad de que el segundo tamizado debe ser por los tamices IRAM 2,0 mm. (N° 10), IRAM 425 micrómetros (N° 40) e IRAM 75 micrómetros (N° 200).

1.5 – CÁLCULOS

- a. Sea: P el peso de muestra seca inicial, ap. 1-4 (a) ó 1-4 (b). Sean P_1 , P_2 y P_3 los pesos retenidos por los tamices IRAM 2,0 mm. (N° 10), IRAM 425 micrómetros (N° 40) e IRAM 75 micrómetros (N° 200), respectivamente. La cantidad de material que pasa por cada tamiz se obtiene restando el peso inicial, lo retenido por los tamices anteriores, o sea, restando sucesivamente lo retenido por el tamiz anterior.
- b. Los porcentajes que pasan por cada tamiz se obtienen multiplicando por 100 el peso que pasa dividiendo el resultado por el peso inicial.
- c. En la planilla siguiente se consignan en forma esquemática las operaciones y se da un ejemplo numérico.

ESQUEMA DEL CALCULO			EJEMPLO NUMÉRICO	
Peso seco inicial	P. gr.	%	P= 400gr.	%
Tamiz IRAM 2,0 mm. (N° 10)	Retenido: P_1 gr. Pasa: $P - P_1 = A$	$A/P \times 100$	$P_1 = 50$ gr. $A = 350$ gr.	$350/400 \times 100 = 87,5$
Tamiz IRAM 425 micrómetros (N° 40)	Retenido: P_2 gr. Pasa: $A - P_2 = B$	$B/P \times 100$	$P_2 = 120$ gr. $B = 230$ gr.	$230/400 \times 100 = 57,5$
Tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200)	Retenido: P_3 gr. Pasa: $B - P_3 = C$	$C/P \times 100$	$P_3 = 140$ gr. $C = 90$ gr.	$90/400 \times 100 = 22,5$

NORMA DE ENSAYO

VN - E2 - 65

LÍMITE LÍQUIDO

[Índice](#)

2.1 – OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar el límite líquido de un suelo.

Límite Líquido: Es el contenido de humedad, expresado en por ciento del peso del suelo seco, existente en un suelo en el límite entre el estado plástico y el estado líquido del mismo. Este límite se define arbitrariamente como el contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una pasta de suelo de 1 cm. de espesor fluya y se unan en una longitud de 12 mm., aproximadamente, en el fondo de la muesca que separa las dos mitades, cuando la cápsula que la contiene golpea 25 veces desde una altura de 1 cm., a la velocidad de 2 golpes por segundo.

2.2 – APARATOS

- a. Mortero de porcelana o madera con pilón revestido con goma, de medidas corrientes.
- b. Tamiz IRAM 425 micrómetros (N° 40).
- c. Cápsula de porcelana o hierro enlozado de 10 a 12 cm., de diámetro.
- d. Espátula de acero flexible con hoja de 75 a 80 mm. de largo y 20 mm. de ancho, con mango de madera.
- e. Aparato para la determinación semimecánica del límite líquido de las dimensiones y demás características indicadas en la figura N° 1.
- f. Acanalador de bronce o acero inoxidable de las dimensiones y demás características indicadas en la figura N° 2.
- g. Pesa filtros de vidrio o aluminio de 40 mm. de diámetro y 30 mm. de altura aproximadamente.
- h. Buretas de vidrio con robinetas.
- i. Balanza de precisión con sensibilidad de 1 centígramo.
- j. Estufa para secado de muestras regulable, que asegure temperaturas de 105° C. –110° C.
- k. Elementos varios de uso corriente: bandejas para mezclas de material, rociadores, probetas, espátulas, etc.

2.3 – PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

El ensayo se realiza sobre la fracción del material que pasa por el tamiz IRAM 425 micrómetros (N° 40). Si se está efectuando la clasificación del suelo según la Norma [VN-E4-84](#), y “Clasificación de Suelos – Índice de Grupos” se utiliza la parte del material que se dejó aparte según lo indicado en el ap. 1.3 (c) de la Norma [VN-E1-65](#) “Tamizado e suelos por vía húmeda”.

1. Suelos finos:

- a. Si se trata de suelo fino se toma por cuarteo una porción de 400 a 500 gr., de suelo secado al aire y se lo hace pasar por el tamiz IRAM 425 micrómetros (N°

40). La porción retenida por este tamiz se coloca en el mortero y se la desmenuza en el mortero con el pilón revestido en goma. Se tamiza y se repite la operación hasta que pase en su totalidad o se evidencie que la parte retenida está constituida por partículas individuales, de tamaño mayor que la abertura del tamiz.

Debe tenerse en cuenta que la operación de desmenuzar con el pilón del mortero tiene por finalidad deshacer grumos y no romper partículas de arena.

- b. Se reúnen todas las porciones obtenidas y se mezclan cuidadosamente, para obtener un material homogéneo.

2. Suelos con material grueso:

- a. Si la muestra contiene material grueso, se separa éste por tamizado a través del tamiz IRAM 2 mm. (N° 10). Con la parte fina se procede como se indicó en el ap. 2.3 -1-2 (a) y (b).
- b. Si a pesar del desmenuzado se observa que queda material fino adherido a las partículas gruesas, estas se ponen en maceración con la menor cantidad posible de agua y se hacen pasar por el tamiz IRAM 425 micrómetros (N° 40). Se recoge el líquido que pasa, el que será evaporado a sequedad, a temperatura no mayor a 60° C. El residuo se desmenuza, y se incorpora a las demás fracciones ya obtenidas, mezclándose cuidadosamente hasta obtener un material homogéneo.

2.4– CALIBRACIÓN DEL APARATO

Verificar que el aparato de Casagrande para la determinación del límite líquido esté en buenas condiciones de funcionamiento, que el eje sobre el que gira la cápsula no esté desgastado hasta el punto de permitir desplazamientos laterales de la misma; que los tornillos que conectan la cápsula al brazo estén apretados y que la superficie de la cápsula no presente excesivo desgaste.

La base de 50 mm. de espesor, debe ser de ebonita o de madera dura con una placa de ebonita, de no menos de 10 mm. de espesor, firmemente encastrada en la madera.

La cápsula debe ser de bronce pulido, debe tener las dimensiones fijadas en el croquis de la figura N° 1 y su peso, incluido el engarce y la pestaña, debe ser de 205 + ó –5 gr.

El acanalador que acompaña al aparato, debe ser de bronce o de acero inoxidable, con las dimensiones y demás características indicadas en el croquis de la figura N° 2.

La calibración mecánica del aparato se efectúa en la siguiente forma:

- a. Se aflojan los tornillos de regulación, designados T en la figura N° 1.
- b. Se intercala entre la base y la cápsula una chapa de 10 mm. de espesor. Si el acanalador tiene su mango terminado en forma de cubo de 10 mm. de arista, se puede usar para este calibrado.
- c. Mientras se va haciendo girar la manivela que acciona el excéntrico se hace correr la cápsula en uno u otro sentido, hasta que se observe que el excéntrico la libere exactamente desde 10 mm. de altura
- d. Se ajustan los tornillos de regulación. Se retira el espesor colocado y se verifica si la altura de caída libre es exactamente 10 mm. se efectúan los retoques necesarios.

2.5– PROCEDIMIENTO

- a. Se toman 50 o 60 gr. Del material obtenido de acuerdo al título 2.3 y se coloca en una cápsula de hierro enlozado o porcelana, ap. 2.2 (c).

- b. Se humedece con agua destilada o potable de buena calidad, dejándose reposar por lo menos durante 1 hora.
- c. Posteriormente se continúa agregando agua en pequeñas cantidades mezclando cuidadosamente con la espátula después de cada agregado procurando obtener una distribución homogénea de la humedad y teniendo en especial cuidado de deshacer todos los grumos que se vayan formando.
- d. Cuando la pasta adquiere una consistencia tal que, al ser dividida en dos porciones, éstas comiencen a fluir cuando se golpea la cápsula contra la palma de la mano, se transfiere una porción de la misma a la cápsula de bronce del aparato, se la amasa bien y se la distribuye como lo indica la figura N° 3, de manera que el espesor en el centro sea aproximadamente de 1 cm.
- e. Con el acanalador se hace una muesca en forma tal que quede limpio el fondo de la cápsula en un ancho de 2 mm.; la muesca debe seguir una dirección normal al eje de rotación en su punto medio, figura N° 3.
- f. Se acciona la manivela a razón de dos vueltas por segundo, y se cuenta el número de golpes necesarios para que, por fluencia se cierren los bordes inferiores de la muesca, en una longitud de aproximadamente 12 mm.
- g. Verificar si la unión es por fluencia y no por corrimiento de toda la masa. Para esto se procura separar con la espátula los bordes unidos. Si hubo corrimiento de toda la masa la separación se logra fácilmente, quedando limpio el fondo de la cápsula. En cambio si ha habido fluencia, la cápsula mueve únicamente la parte que ataca y el resto queda adherido al fondo de la cápsula.
- h. Se retira una porción de pasta, de peso más o menos 10 gr. de la parte en la que se produjo la unión, y se la coloca en el pesa filtro previamente tarado. Se pesa y se anota en la planilla. También se anotará el peso del pesa filtro, su número de identificación y el número de golpes requeridos para lograr la unión de la pasta.
- i. Se repite estas operaciones dos veces más, con contenidos crecientes de agua, procurando que los números de golpes requeridos para el cierre de la muesca sean, uno mayor y otro menor de 25 golpes.
- j. La pasta colocada en el pesa filtro para cada operación se seca en la estufa a temperatura de 105° a 110° C hasta peso constante.

NOTA:

Para los suelos altamente plásticos, arcillas muy pesadas, se deberá preparar la muestra, de acuerdo a lo indicado en los ap. 2.5 (a) y (b) el día anterior al ensayo. Efectuado esto, se cotejará al resultado obtenido al hallado siguiendo el procedimiento normal del ensayo. En caso de obtenerse valores diferentes se adoptará el logrado por la muestra humedecida el día anterior al de ejecución del ensayo.

2.6– CÁLCULOS:

- a. La humedad porcentual de cada punto se calcula con la fórmula:

$$H = \frac{P1 - P2}{P2 - Pt} \times 100$$

Donde:

P1= Peso del pesa filtro más la porción pasta de suelo húmedo.

P2= Peso del pesa filtro más el suelo seco.

Pt= Peso del pesa filtro vacío.

- a. Sobre un sistema de coordenadas rectangulares se toma, en abscisas el logaritmo del número de golpes, y en ordenadas el porcentaje de humedad. Se ubican los puntos obtenidos, los que estarán sensiblemente alineados. Se traza la línea recta que mejor ligue a esos puntos y sobre el eje de las ordenadas, en el punto correspondiente a aquel en que esta recta corta la perpendicular trazada las abscisas por el punto correspondiente a 25 golpes, se lee el valor de Límite Líquido. Ver figura N° 4.

2.7– OBSERVACIONES.

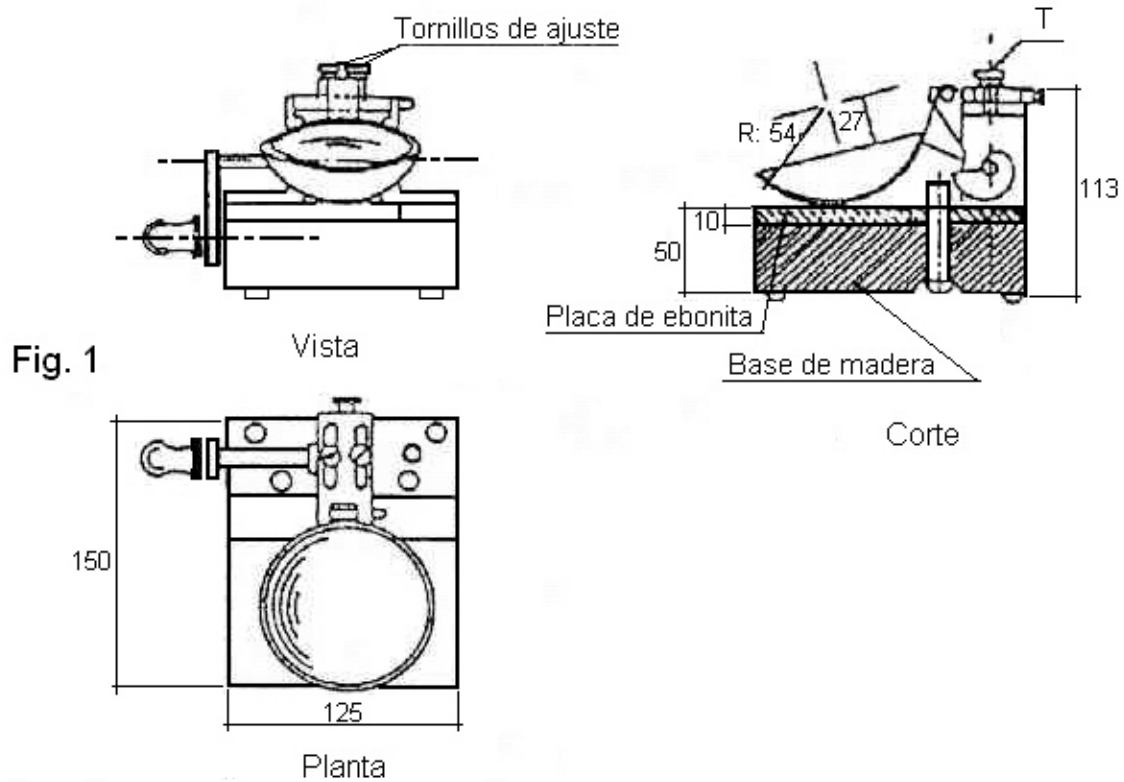
- a. Los mejores resultados se obtienen cuando el número de golpes de los distintos puntos está comprendido entre 20 y 30.
- b. Como variante simplificadora que ahorra mucho tiempo y suministra resultados satisfactorios, se podrá utilizar el método de un solo punto.
- c. Para esto se determina un punto en la forma indicada en ap. 2.5 (a) a (h) y se calcula la humedad en por ciento, anotando el número de golpes necesarios (N) para el cierre de la muesca, procurando que este número de golpes esté comprendido entre 20 y 30 golpes.
- d. Siendo H la humedad en por ciento y N el número de golpes necesarios, el valor del Límite Líquido está dado por la fórmula:

$$LL = \frac{H}{1,419 - 0,3 \log. N}$$

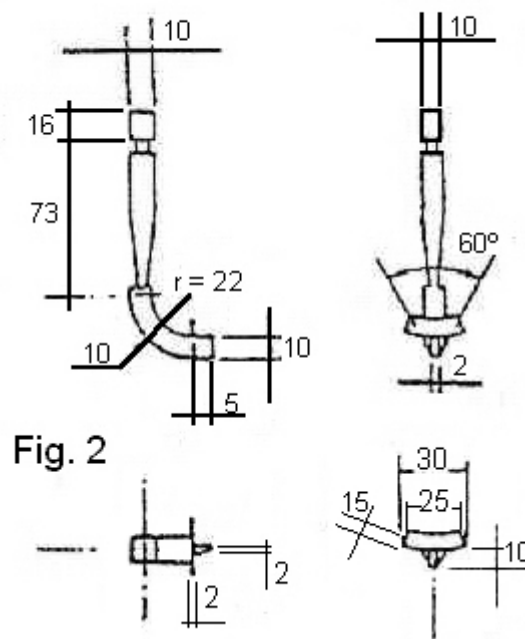
- e. Para mayor comodidad se transcriben los valores del denominador de la expresión anterior, para N comprendido entre 20 y 30.

N	1,419 – 0,3 log. N
20	1,029
21	1,023
22	1,017
23	1,011
24	1,005
25	1,000
26	0,995
27	0,990
28	0,985
29	0,980
30	0,976

APARATO SEMIAUTOMATICO PARA DETERMINAR EL LIMITE LIQUIDO



ACANALADOR



COLOCACION DE LA PASTA EN LA CAPSULA

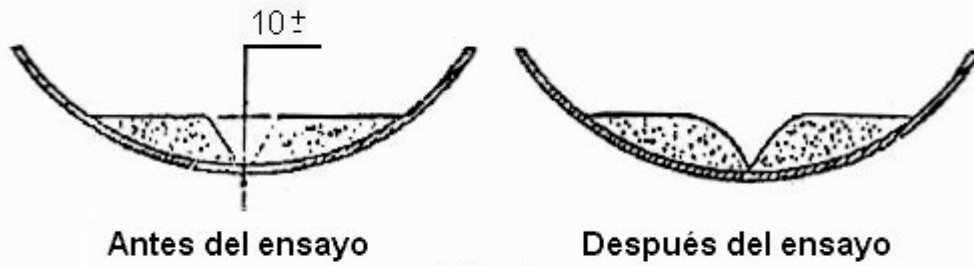
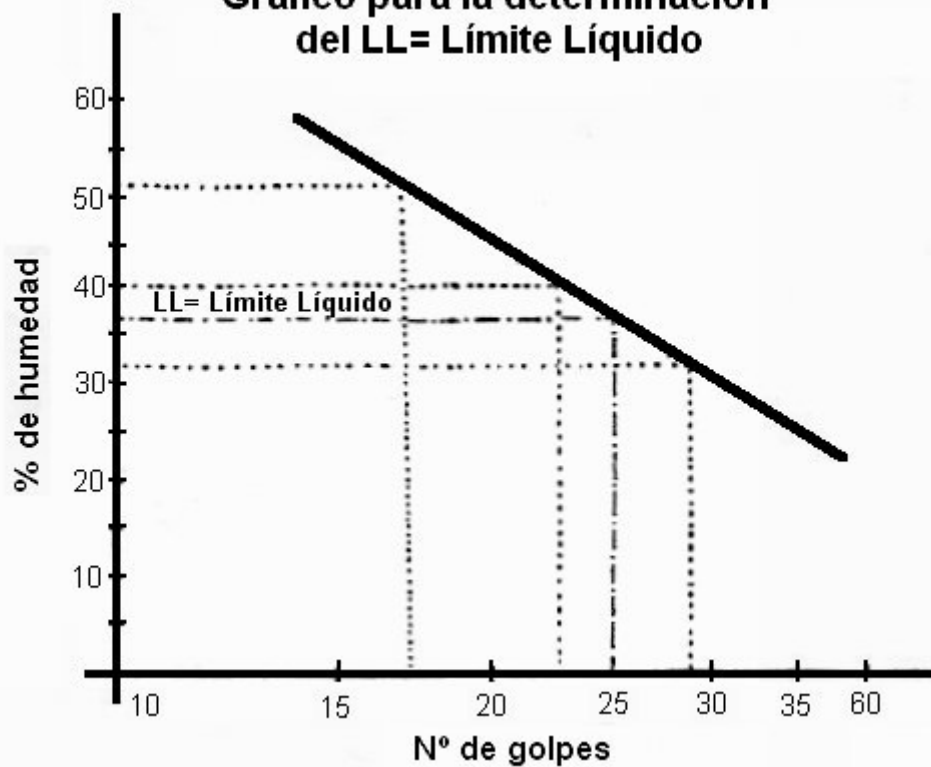


Fig. 3

NOTA: Todas las medidas están expresadas en mm.

Gráfico para la determinación del LL= Límite Líquido



NORMA DE ENSAYO

VN - E3 - 65

LIMITE PLÁSTICO – ÍNDICE DE PLASTICIDAD

[índice](#)

3.1– OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar el Límite Plástico de un suelo.

Límite Plástico: Es el contenido de humedad existente en un suelo, expresado en por ciento del peso de suelo seco, en el límite entre el estado plástico y el estado sólido del mismo.

Este límite se define arbitrariamente como el más bajo contenido de humedad con el cual el suelo, al ser moldeado en barritas cilíndricas de menor diámetro cada vez, comienza a agrietarse cuando las barritas alcanzan a tener 3 mm. de diámetro.

3.2 – APARATOS

- a. Mortero de porcelana o madera con pilón revestido con goma, de medidas corrientes.
- b. Tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40).
- c. Cápsula de porcelana o hierro enlozado de 10 a 12 cm., de diámetro.
- d. Espátula de acero flexible con hoja de 75 a 80 mm. de largo y 20 mm. de ancho, con mango de madera.
- e. Vidrio plano de 30 x 30 cm., o un trozo de mármol de las mismas dimensiones.
- f. Trozos de alambre galvanizado redondos de 3 mm. de diámetro para ser utilizados como elementos de comparación.
- g. Pesa filtros de vidrio o aluminio de 40 mm. de diámetro y 30 mm. de altura aproximadamente.
- h. Buretas de vidrio graduada, con robinete.
- i. Balanza de precisión con sensibilidad de 1 centigramo.
- j. Estufa para secado de muestras regulable, que asegure temperaturas de 105° C. a 110° C.
- k. Elementos varios de uso corriente: bandejas para mezclas de material, rociadores, probetas, espátulas, etc.

NOTA: Las dimensiones dadas en los aparatos (c), (d), (e) y (g) son aproximadas.

3.3 – PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

El ensayo se realiza sobre la porción del material que pasa por el tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40). Si se está efectuando la clasificación del suelo según la Norma [VN-E4-84](#), y “Clasificación de Suelos – Índice de Grupos” se utiliza la parte del material que se dejó aparte, de acuerdo a lo indicado en el ap. 1.3 (c) del la Norma [VN-E1-65](#) “Tamizado de Suelos por Vía Húmeda”.

1. Suelos finos:

- a. Si se trata de suelo fino se toma por cuarteo una porción de 400 a 500 gr., de suelo secado al aire y se lo hace pasar por el tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40).

La porción retenida por este tamiz se coloca en el mortero y se la desmenuza con el pilón revestido en goma. Se tamiza y se repite la operación hasta que pase en su totalidad o se evidencie que la parte retenida está constituida por partículas individuales, de tamaño mayor que la abertura del tamiz.

Debe tenerse en cuenta que la operación de desmenuzar con el pilón del mortero tiene por finalidad deshacer grumos y no romper partículas de arena.

- b. Se reúnen todas las porciones obtenidas y se mezclan cuidadosamente, para obtener un material homogéneo.

2. Suelos con material grueso:

- a. Si la muestra contiene material grueso, se separa éste por tamizado a través del tamiz IRAM 2 mm. (Nº 10). Con la parte fina se procede como se indicó en el ap. 3.3 - 1 (a) y (b).
- b. Si a pesar del desmenuzado se observa que queda material fino adherido a las partículas gruesas, estas se ponen en maceración con la menor cantidad posible de agua y se hacen pasar por el tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40). Se recoge el líquido que pasa, el que será evaporado a sequedad, en estufa, a temperatura no mayor a 60° C. El residuo se desmenuza, y se incorpora a las demás fracciones ya obtenidas, mezclándose cuidadosamente hasta obtener un material homogéneo.

3.4 – PROCEDIMIENTO

- a. Se toman 15 a 20 gr. del material obtenido de acuerdo al título 3.3 y se colocan en una cápsula de porcelana o de hierro enlozado, ap. 3.2 (c).
- b. Se humedece con agua destilada o potable de buena calidad, dejándose reposar por lo menos durante 1 hora.
- c. Posteriormente se continúa agregando agua en pequeñas cantidades, mezclando cuidadosamente con el espátula después de cada agregado; procurando obtener una distribución homogénea de la humedad y teniendo especial cuidado de deshacer todos los grumos que se vayan formando.
- d. Se continúa el mezclado hasta obtener que la pasta presente una consistencia plástica que permita moldear pequeñas esferas sin adherirse a las manos del operador.
- e. Una porción de la parte así preparada se hace rodar por la palma de la mano sobre láminas de vidrio, ap. 3.2 (e), dándole la forma de pequeños cilindros.
- f. La presión aplicada para hacer rodar la pasta debe ser suficiente para obtener que las barritas cilíndricas mantengan un diámetro uniforme en toda su longitud.
- g. La velocidad con la que se manipula a la pasta haciéndola rodar debe ser tal de obtener de 80 a 90 impulsos por minuto, entendiendo como un impulso un movimiento completo de la mano hacia delante y atrás.
- h. Si el diámetro de los cilindros es menor de 3 mm. de diámetro y no presentan fisuras o signos de desmenuzamiento, se reúnen los trozos y se amasan nuevamente tantas veces como sea necesario.
La operación también se repite si las barritas cilíndricas se agrietan antes de llegar al diámetro de 3 mm. En este caso se reúne el material amasándolo con más agua hasta completa uniformidad.
- i. el ensayo se da por finalizado cuando las barritas cilíndricas comienzan a figurarse o agrietarse al alcanzar los 3 mm. de diámetro, punto que resulta fácil de establecer comparándolo con los trozos de alambre, ap. 3.2 (f).

- j. Obtenido este estado se colocan las barritas cilíndricas en un pesa filtro, tapándolo de inmediato para evitar evaporación; se pesan y se secan en estufa a 105° C – 110° C hasta peso constante.

NOTA: Para los suelos altamente plásticos, arcillas muy pesadas, se deberá preparar una muestra de acuerdo a lo indicado en los ap. 3.4 (a) y (b), en el día anterior al ensayo. Efectuado éste, se cotejará el resultado obtenido con el hallado siguiendo el procedimiento normal de ensayo.

En caso de obtenerse valores diferentes se adoptará el logrado con la muestra humedecida el día anterior al de la ejecución del ensayo.

3.5 – CÁLCULOS

El Límite Plástico del suelo se calcula con la siguiente fórmula:

$$LP = \frac{P1 - P2}{P2 - Pt} \times 100$$

Donde:

LP= Límite plástico.

P1= Peso del pesa filtro más el suelo húmedo, al centigramo.

P2= Peso del pesa filtro más el suelo seco, al centigramo.

Pt= Peso del pesa filtro vacío, al centigramo.

3.6 – ÍNDICE DE PLASTICIDAD

El índice de plasticidad de un suelo es la diferencia numérica entre los valores del límite líquido y el límite plástico de un mismo suelo.

Es decir:

$$IP = LL - LP$$

3.7 – OBSERVACIONES

- Si el suelo presenta características de plasticidad bien definidas, se amasa el suelo con un contenido de humedad que satisfaga las condiciones establecidas en el ensayo del límite plástico y se ejecuta este. Luego se agrega más agua a la pasta restante en la cápsula y se realiza el ensayo del límite líquido.
- Si el suelo tiene poca plasticidad, se realiza primeramente el ensayo de límite líquido y de inmediato con la parte del material restante se ejecuta el ensayo de límite plástico.
- Si el suelo no tiene plasticidad pero si límite líquido. Este caso se presenta cuando al intentar formar la barrita cilíndrica, ésta se rompe antes de alcanzar el diámetro de 3 mm. se determina el límite líquido y se indica IP= 0.
- El suelo no tiene plasticidad ni tampoco puede determinarse el valor del límite líquido. Pasa esto cuando el suelo por su excesiva aridez no permite conformar la pastilla en la cápsula del aparato para la determinación semimecánica del límite líquido (aparato de Casagrande). Se indica entonces sin límite líquido, IP= 0.

NORMA DE ENSAYO

VN - E4 - 84

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

[índice](#)

4.1- OBJETO

El sistema de clasificación de suelos del H.R.B*, para obras de ingeniería, esta basado en el comportamiento de los suelos utilizados en obras viales. Los suelos de similares capacidades portantes y condiciones de servicio, fueron agrupados en siete grupos básicos, desde el A-1 al A-7.

Los suelos de cada grupo tienen, dentro de ciertos límites, características en común. A menudo, dentro de cada grupo hay una amplia variación en las capacidades portantes, cuyos valores pueden ser comunes a distintos grupos. Por ejemplo, un suelo A-2 puede contener materiales con capacidad portante más alta que los de una A-1, y en condiciones excepcionales puede ser inferior a la de los mejores suelos de los grupos A-6 y A-7. En consecuencia, si solo se conoce de un suelo, el grupo a que pertenece en la clasificación del H.R.B*, su capacidad portante puede variar entre límites amplios. La calidad de los suelos, para ser utilizados en subrasantes, va disminuyendo desde el A-1 al A-7, que es el más pobre.

En los últimos años, estos siete grupos básicos de suelos, fueron divididos en subgrupos y se ideó el índice de grupo, para diferenciar aproximadamente algunos suelos dentro de cada grupo. Los índices de grupo, aumentan su valor con la disminución de la condición del suelo para constituir subrasantes. El crecimiento del índice de grupo, en cada grupo básico de suelos, refleja los efectos combinados de los crecimientos del límite líquido e índice de plasticidad, y el decrecimiento de los materiales gruesos en detrimento de la capacidad portante de las subrasantes.

*Highway Research Board (H.R.B.)

4.2- CLASIFICACIÓN

La clasificación de suelos comprende dos grandes conjuntos, el de los materiales granulares con 35 % o menos pasando el tamiz IRAM 75 micrómetro (Nº 200) y el de los materiales limo-arcillosos, conteniendo más del 35 % que pasa al tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200). Cinco fracciones de tamaños se diferencian entre las dimensiones de los siguientes tamices:

4.3- DEFINICIÓN DE “GRAVA”, “ARENA GRUESA”, “ARENA FINA” Y “SUELO ARCILLO-LIMOSO”

GRAVA

Pasa tamiz de abertura cuadrada de 3” y retenido en el tamiz IRAM 2,00 mm. (Nº 10).

ARENA GRUESA

Pasa tamiz IRAM 2,00 mm. (Nº 10) y retenido en el tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40).

ARENA FINA

Pasa tamiz IRAM 425 micrómetros (Nº 40) y retenido en el tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200).

LIMO Y ARCILLA COMBINADOS

Pasa el tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200)

Las condiciones y características generales de cada grupo de suelos, se da a continuación:

4.4 - DESCRIPCIÓN DE LOS GRUPOS Y SUBGRUPOS**4.4.1 – MATERIALES GRANULARES****A-1.-**

Suelos bien graduados, de gruesos a finos, con un ligante no plástico o débilmente plástico.

A-1-a.

Suelos en los que predominan fragmentos de piedra, o grava, con o sin material ligante bien graduado.

A-1-b.

Suelos en los que predominan arenas gruesas, con o sin material ligante bien graduado.

Algunos suelos A-1, pueden requerir materiales finos para constituir bases firmes. Generalmente suelen ser muy estables bajo la acción de las cargas transmitidas por las ruedas, sin tener en cuenta su contenido de humedad. Pueden usarse satisfactoriamente como bases para delgadas carpetas bituminosas. Los suelos de este grupo son adecuados para superficies granulares de rodamiento.

A-2.-

Suelos compuestos por una extendida gama de materiales granulares que no pueden clasificarse en los grupos A-1 o A-3, por el contenido de finos, su plasticidad o ambas cosas a la vez.

A-2-4 y A-2-5.-

Suelos con materiales granulares que contienen ligante con características de los grupos A-4 o A-5

A-2-6 y A-2-7.-

Suelos con materiales granulares que contienen ligante con características de los grupos A-6 o A-7.

Los suelos A-2 son inferiores a los A-1 por su pobre gradación o inferior ligante, o ambas cosas a la vez.

Pueden ser muy estables con drenaje satisfactorio, y en relación con la cantidad y calidad del ligante, pueden ablandarse con la humedad y presentarse sueltos y polvorientos en épocas de sequías; algunos son dañados por las heladas. Los A-2-4 y A-2-5, bien arenados y compactados, pueden servir de bases. Utilizados como superficie de rodamiento, los A-2-6 y A-2-7, pueden perder estabilidad por efectos de la saturación capilar o falta de drenaje. La calidad de los suelos A-2-6 y A-27 como bases

varía desde buena, cuando el porcentaje de material que pasa por el tamiz IRAM 75 micrómetro (N° 200) es bajo, hasta dudosa, con alto porcentaje pasando aquel tamiz e índice plástico mayor de 10.

Generalmente los suelos A-2 son adecuados para cubrir subrasantes muy plásticas, cuando se construya un pavimento de hormigón.

A-3.

Suelos compuestos por arenas pobres en ligante y materiales gruesos. Ejemplos típicos de es grupo son, las arenas finas de las playas y de los desiertos (formación eólica) y los materiales depositados por las corrientes de agua y constituidos por arenas finas pobremente graduadas y cantidades limitadas de arena gruesa y grava.

Son comunes en ocasiones y les falta estabilidad bajo la acción de las cargas, a menos que estén bien húmedos. Son ligeramente alterados por la acción de la humedad, no experimentan cambios volumétricos y confinados constituyen adecuadas subrasantes para cualquier tipo de pavimento. No pueden ser compactados con los rodillos “pata de cabra” y se consolidan por vibración o por riegos y cilindrado.

4.4.2.-MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS

A-4.-

Suelos compuestos esencialmente de limo, con moderada o poca cantidad de material grueso y sólo pequeña cantidad de arcilla grasa coloidal. Son muy comunes en ciertas ocasiones y secos proveen una superficie de rodamiento firme, con ligero rebote al desaparecer las cargas. Cuando absorben agua rápidamente, sufren expansión perjudicial o pierden estabilidad aún sin manipularlos. Se levantan por la acción de las heladas. Su textura varía ampliamente desde el loam-arenoso hasta el limo y loam-limoso. Los loam-arenosos tienen mejor estabilidad, para diversas densidades, que los limos y los loam-limosos. Sufren pequeñas variaciones de volumen y no producen grandes distorsiones del pavimento, aún cuando hayan sido compactados secos.

Los loam-limosos y limos, no adquieren altas densidades, porque su pobre graduación y carencia de material ligante, da lugar a un gran volumen de vacíos.

Son relativamente inestables con cualquier contenido de humedad, y cuando éste es grande, tienen muy baja estabilidad y valor soporte. Son difíciles de compactar porque el contenido de humedad, para obtener densidad satisfactoria, está dentro de estrechos límites. Secos, estos suelos son elásticos, mostrando considerable rebote cuando deja de actuar la carga. Los más plásticos se expanden al crecer su contenido de humedad. Esto es más fácil de producirse, cuando han sido compactados con una humedad debajo de la óptima. Las carpetas bituminosas requieren importantes capas bases, cuando se empleen suelos de este grupo, como subrasantes.

Cuando el valor hallado resulta negativo, el índice de grupo será registrado como cero (0).

Se tomará el número entero más cercano al valor calculado.

El gráfico correspondiente permite hallar el índice de grupo sumando los valores parciales obtenidos mediante el límite líquido y el índice plástico, partiendo del porciento que pasa por el tamiz N° 200.

Cuando se calcula el índice de grupo de los subgrupos A-2-6 y A-2-7 sólo interviene el valor obtenido a través del índice plástico.

4.5. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE GRUPO

El índice de grupo en esta clasificación de suelos, se puede determinar con la fórmula basada en la granulometría, límite líquido e índice plástico del suelo, o recurriendo para determinaciones rápidas, a los gráficos confeccionados con este fin.

La fórmula es la siguiente:

$$IG = (F - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (IP - 10)$$

F= porcentaje de material que pasa por el tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200), expresado como un número entero. Este porcentaje se expresa en función del material que pasa por el tamiz de 75 mm. (3 “).

LL = límite líquido

IP = índice plástico

4.6.- EJEMPLOS

A continuación se desarrollan ejemplos de cálculo del índice de grupo.

a) Supongamos un suelo A-6 con las siguientes características:

PT Nº 200= 55 % ; LL = 40 e IP = 25

$$\begin{aligned} IG &= (55-35) [0,2 + 0,005 (40 - 40)] + 0,01 (55 - 15) (25 - 10) \\ &= 4,0 + 6,0 = 10 \quad \text{Suelo A-6 (10)} \end{aligned}$$

b) Un suelo A = 4 con PT Nº 200 = 60 %, LL = 25 e IP = 1

$$\begin{aligned} IG &= (60 - 35) [0,2 + 0,005 (25 - 40)] + 0,01 (60 - 15) (1 - 10) \\ &= 25 (0,2 - 0,075) + 0,01 (45) (-9) \\ &= 3,1 - 4,1 = -1,0 \quad \text{Suelo A = 4 (0)} \end{aligned}$$

c) Un suelo A = 7 con PT Nº 200 = 80 %; LL = 90 e IP = 50

$$\begin{aligned} IG &= (80 - 35) [0,2 + 0,005 (90 - 40)] + 0,01 (80 - 15) (50 - 10) \\ &= 20,3 + 26,0 = 46,3 \quad \text{Suelo A - 7 (46)} \end{aligned}$$

d) Una suelo A - 2 - 7 con PT Nº 200 = 30 %; LL = 50 e IP = 30

$$\begin{aligned} IG &= 0,01 (30 - 15) (30 - 10) \\ &= 3,0 \quad \text{Suelo A - 2 - 7 (3)} \end{aligned}$$

Nótese que se usa solamente el valor del IP.

4.7.- BASES PARA LA FORMULA ÍNDICE DE GRUPO

La fórmula desarrollada para evaluar cuantitativamente los materiales granulares con arcilla y los materiales limo arcillosos, se basa en las siguientes consideraciones:

Los materiales A1-a, A1-b, A2-4, A2-5 y A3 son satisfactorios para subrasantes, cuando están adecuadamente drenados y compactados debajo de moderados espesores de pavimento (base y/o capa superficial) compatibles con el tránsito que soportarán, o cuando han sido mejorados por la adición de pequeñas cantidades de un ligante natural o artificial.

Los materiales granulares con arcilla de los grupos A2-6 y A2-7 y los limo-arcillosos de los grupos A4, A5, A6 y A7 varían en su comportamiento como material de subrasante desde el equivalente a los buenos suelos A2-4 y A2-5 hasta el regular y pobre, requiriendo una capa de material de sub-base o un espesor mayor de la capa de base para soportar adecuadamente las cargas del tránsito.

El porcentaje mínimo crítico que pasa por el tamiz IRAM 75 micrómetros (Nº 200), es de 35 despreciando la plasticidad y 15 cuando los índices plásticos son mayores que 10.

Se consideran críticos los límites de 40 o mayores.

Para suelos no plásticos o cuando el límite líquido no puede ser determinado, se considerará que el índice de grupo es cero (0).

No hay límite superior para el índice de grupo obtenido con la fórmula. Los valores críticos de PT Nº 200, límite líquido e índice de plasticidad se basan en una evaluación de diferentes organizaciones que practican estos ensayos, sobre comportamiento de subrasantes y capas de base y sub-base.

Bajo condiciones promedio de drenaje y compactación adecuados, el valor soporte de una subrasante puede ser considerado inversamente proporcional al valor del índice de grupo. Un índice de grupo 0 indica un “buen” material de subrasante y otro de 20 o mayor un material “muy pobre”.

A-5.-

Son suelos similares a los A-4, con la diferencia que incluyen materiales muy pobremente graduados y otros como micas, y diatomeas que proveen elasticidad y dan lugar a baja estabilidad. No son muy comunes en ciertas ocasiones. Rebotan al dejar de actuar la carga, aún estando secos. Sus propiedades elásticas intervienen desfavorablemente en la compactación de las bases flexibles que integran y no son adecuados para subrasantes de delgadas bases de este tipo o carpetas bituminosas. Están sujetos al levantamiento por la acción de las heladas.

A-6.-

Suelos que están compuestos por arcillas con moderada o despreciable cantidad de material grueso. Son suelos muy comunes. En estado plástico, con variada consistencia, absorben agua sólo cuando son manipulados.

Tienen buen valor soporte compactados a máxima densidad; pero, lo pierden al absorber agua. Son compresibles, con poco rebote al dejar de actuar la carga y muy expansivos compactados en subrasantes con humedad debajo de la óptima. Los índices de plasticidad mayores de 18, indican alta cohesión del material ligante (arcilla y coloides) con bajos contenidos de humedad. Poseen muy poca fricción interna, y baja estabilidad para altos contenidos de humedad.

Colocados y “conservados” con poca humedad, son aceptables en terraplenes y subrasantes. La presión capilar del agua, que se ejerce por el secado, es de tal intensidad que acerca las partículas del suelo, formando una masa compacta y densa.

Este proceso se pone en evidencia por la formación de grietas de contracción en épocas de sequía.

Como estos suelos tienen poros muy pequeños, el agua se mueve lentamente por ellos, aún bajo considerable carga hidrostática. Absorben agua o se secan muy lentamente, a menos que sean manipulados. Son difíciles de drenar. Mientras el movimiento del agua gravitacional es lento, la presión capilar que empuja el agua de las porciones húmedas a las secas, es muy grande, e importantes fuerzas expansivas se desarrollan por este motivo.

No son adecuados para usar como subrasantes, bajo delgadas bases flexibles o carpetas bituminosas, por los grandes cambios volumétricos al variar la humedad y su bajo valor soporte al humedecerse.

Entre los suelos más pesados de este grupo y los pavimentos de hormigón, debe interponerse una capa de otros materiales, para prevenir distorsiones del pavimento o la producción del “bombeo”. Todos los pavimentos flexibles necesitan la interposición de capas de suelos A-1 o A-2 o piedra partida, para prevenir la acción de la arcilla sobre las bases flexibles, con pérdida de su capacidad portante.

A-7.-

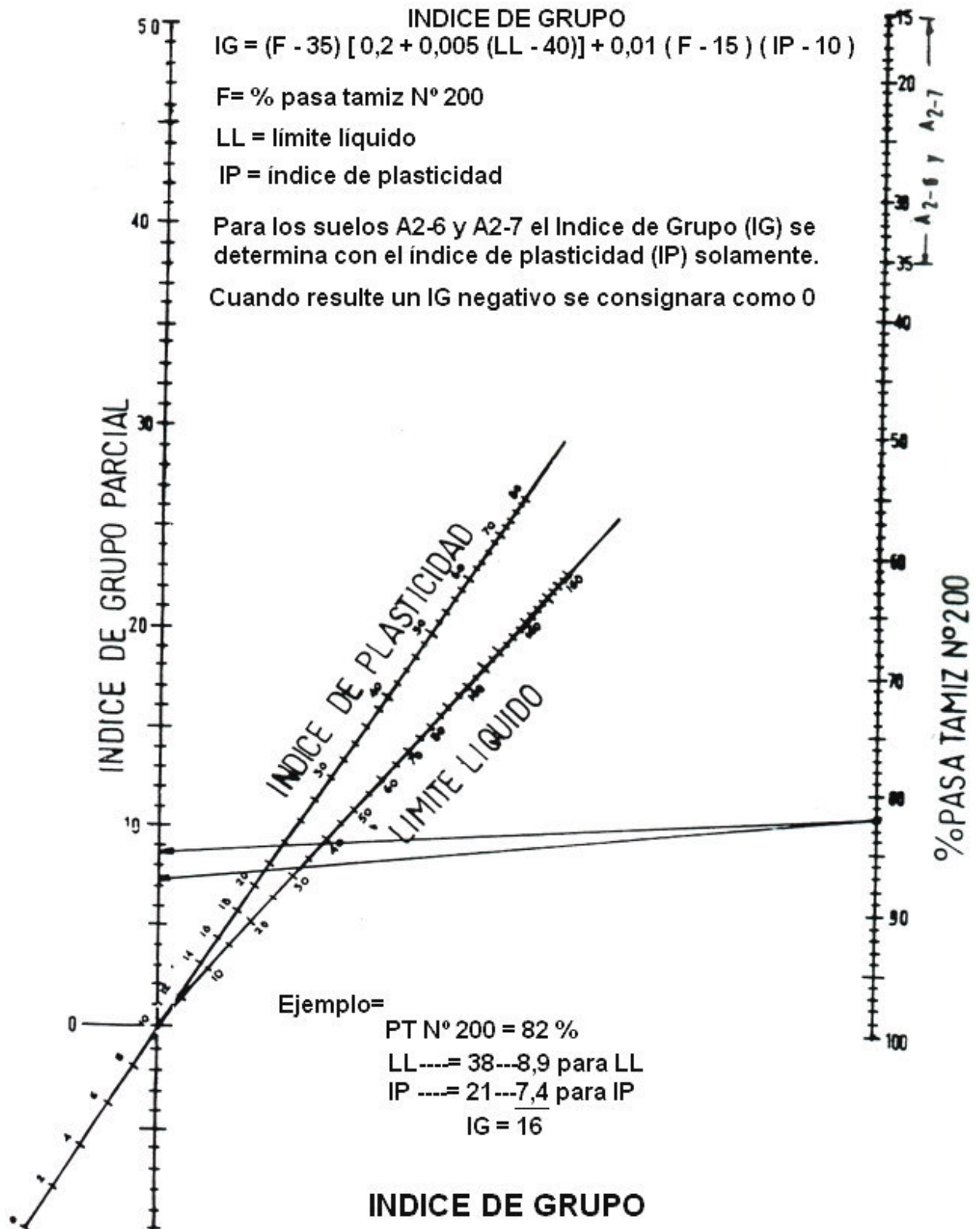
Como en los suelos A-6, predominan en éstos la arcilla, pero debido a la presencia de partículas uniformes de limo, materia orgánica, escamas de mica o carbonato de calcio, son elásticos. Bajo cierto contenido de humedad se deforman rápidamente bajo la acción de la carga, y muestran apreciable rebote al desaparecer aquella. Poseen las mismas características de los suelos A-6 y el mismo comportamiento constituyendo subrasantes en otras aplicaciones de la construcción. Además de los altos cambios volumétricos al variar la humedad, bajo valor soporte al humedecerse, necesidad de interposición de capas de otros materiales para separarlos del pavimento, etc., los suelos A-7 son elásticos y rebotan al dejar de actuar las cargas, lo que impide la adecuada compactación y los hacen inaceptables como subrasantes para pavimentos flexibles.

A-7-5.-

Suelos como los A-7 con moderados índices de plasticidad en relación al límite líquido, pueden ser altamente elásticos y sujetos a considerables cambios volumétricos.

A-7-6.-

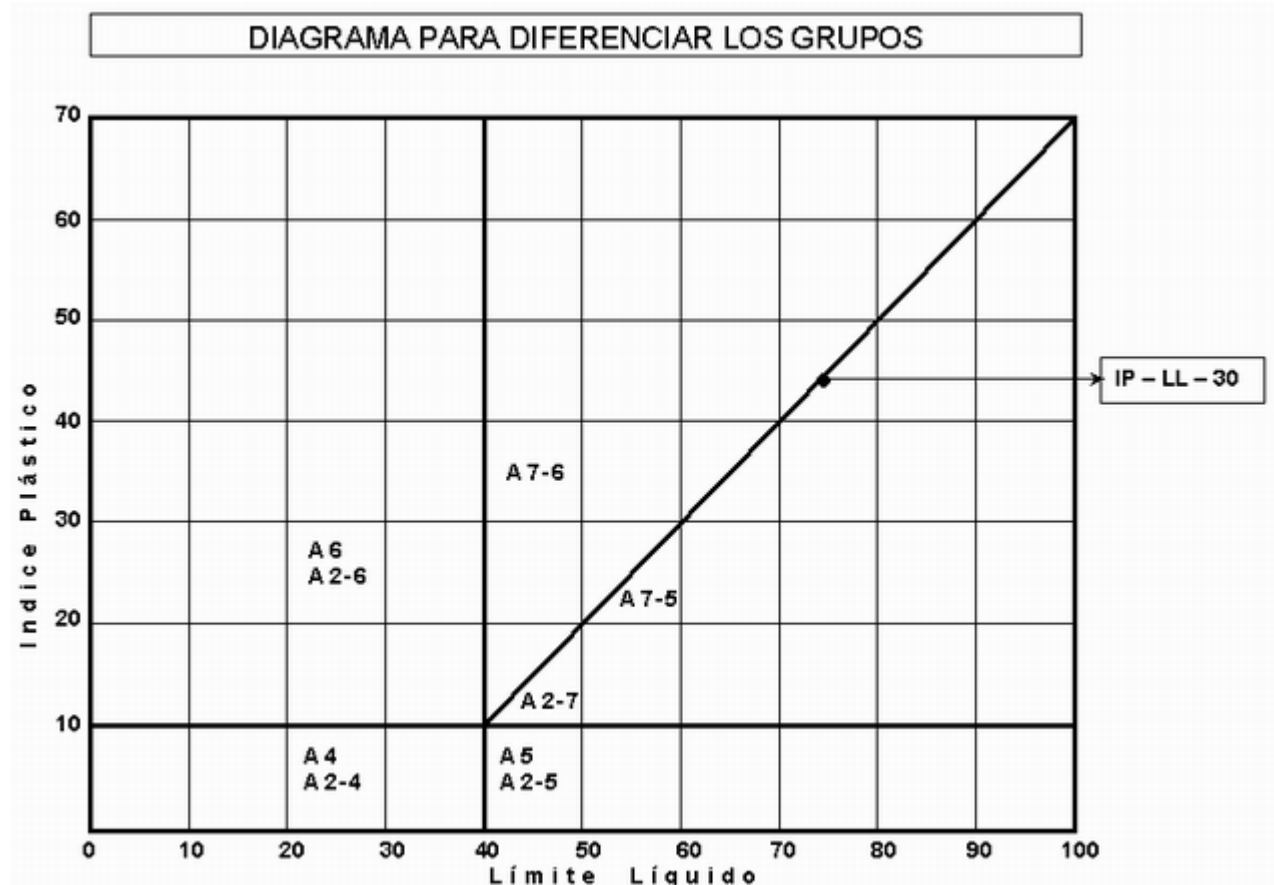
Suelos como los A-7 con altos índices de plasticidad en relación al límite líquido y sujetos a extremados cambios volumétricos. Suelos compuestos de turbas blandas y tierras abonadas que, tienen grandes cantidades de materia orgánica y humedad y no pueden ser usados en subrasantes y terraplenes o cualquier otro tipo de construcción.



Planilla N° 1: CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS PARA SUBRASANTES

CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES Pasa tamiz IRAM 75 Micrones (N° 200) hasta el 35 %			SUELOS ARCILLO-LIMOSOS Pasa tamiz IRAM 75 Micrones (N° 200) más del 35 %			
	A-1	A-3 ⁽¹⁾	A-2	A-4	A-5	A-6	A-7
Ensayo de tamizado por vía húmeda. Porcentaje que pasa por: Tamiz IRAM de 2 mm. (N° 10) Tamiz IRAM 425 micrones (N° 40) Tamiz IRAM 75 micrones (N° 200)	- Máx. 50 Máx. 25	- Mín. 51 Máx. 10	- - Máx. 35	- - Mín. 36	- - Mín. 36	- - Mín. 36	- - Mín. 36
Características de la fracción que pasa el tamiz IRAM 425 micrones (N° 40):							
Límite Líquido (LL)				Máx. 40	Mín. 41	Máx. 40	Mín. 41
Índice Plástico (IP)	Máx. 6	Sin plast.	-	Máx. 10	Máx. 10	-	Mín. 11
COMPORTAMIENTO COMO SUBRASANTE	Excelente a bueno			Regular a pobre			

(1) La colocación del grupo A-3 antes del grupo A-2, en planilla, es necesario para mantener el proceso de clasificación “por eliminación de izquierda a derecha”, pero no significa que el suelo A-3 sea superior al A-2.



Planilla N° 2: CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS PARA SUBRASANTES (CON SUBGRUPOS)



CLASIFICACIÓN GENERAL	SUELOS GRANULARES Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) hasta el 35%							SUELOS ARCILLOSO-LIMOSO Pasa tamiz IRAM 75 micrómetros (N° 200) más del 35%			
	A - 1		A - 3	A - 2				A - 4	A - 5	A - 6	A - 7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Ensayo de tamizado por vía húmeda Porcentaje que pasa por:											
Tamiz IRAM de 2 mm. N° 10	Máx 50										
Tamiz IRAM de 425 micrómetros N° 40	Máx 30	Máx 50	Mín 51								
Tamiz IRAM de 75 micrómetros N° 200	Máx 15	Máx 25	Máx 10	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Máx 35	Mín 36	Mín 36	Mín 36	Mín 36
Características de la fracción que pasa por tamiz IRAM 425 micrómetros N° 40											
Límite Líquido	-	-	-	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41	Máx 40	Mín 41
Índice de Plasticidad	Máximo 6		No plástico	Máx 10	Máx 10	Mín 11	Mín 11	Máx 10	Máx 10	Mín 11	Mín 11
CONSTITUYENTES PRINCIPALES DE TIPOS MAS COMUNES	Fragmentos de rocas, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas arcillosas limosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
COMPORTAMIENTO GENERAL COMO SUBRASANTE	Excelente a bueno						Regular a pobre				

El Índice Plástico del Sub-Grupo A - 7 - 5 es igual o menor que LL - 30. el Índice Plástico del Sub-Grupo A - 7 - 6 es mayor que LL - 30.-



NORMA DE ENSAYO

VN - E5 - 93

COMPACTACIÓN DE SUELOS

[índice](#)

5.1- OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para estudiar las variaciones del peso unitario de un suelo en función de los contenidos de humedad, cuando se lo somete a un determinado esfuerzo de compactación.

Permite establecer la Humedad óptima con la que se obtiene el mayor valor del Peso unitario, llamado Densidad seca máxima.

5.2- APARATOS

- a. Moldes cilíndricos de acero para compactación con tratamiento superficial para que resulten inoxidable (Cincado, cadmiado, etc.) de las características y dimensiones indicadas en las figura 1 y figura 2.
- b. Pisones de compactación, de acero tratado superficialmente, con las características y dimensiones que se dan en la figura 3.
- c. Aparato mecánico de compactación que permita regular el peso, la altura de caída del pisón y el desplazamiento angular del molde o pisón (opcional).
- d. Balanza de precisión, de 1 Kg. de capacidad con sensibilidad de 0,01 gramo.
- e. Balanza tipo Roberval de por lo menos 20 Kg. de capacidad, con sensibilidad de 5 gramos.
- f. Dispositivo para extraer el material compactado del interior del molde (opcional).
- g. Cuchilla de acero o espátula rígida, cuya hoja tenga por lo menos 20 cm. de longitud.
- h. Pesa filtros de vidrio o aluminio de 40 mm. de diámetro y 30 mm. de altura.
- i. Tamiz IRAM 19 mm. (3/4")
- j. Tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4)
- k. Dispositivo para pulverizar agua.
- l. Bandeja de hierro galvanizado de 660 x 400 x 100 mm.
- m. Bandeja de hierro galvanizado de 150 x 50 mm.
- n. Espátula de acero, de forma rectangular, con las características indicadas en la figura 4.
- o. Elementos de uso corriente en laboratorio: estufas, probetas graduadas, cucharas, etc.

NOTA: Las dimensiones dadas en los ap. g), l), m), son aproximadas.

5.3- FORMA DE OPERAR DE ACUERDO CON LAS CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DEL MATERIAL.

- a. Si se trata de suelo que pasa totalmente por el tamiz IRAM 4,8 mm. (N° 4), se opera con todo el material librado por dicho tamiz. Si la cantidad de material que queda retenida en ese tamiz es pequeña, igual o menor de 5 %, puede incorporarse a la muestra realizándose el ensayo con el total del suelo. Si la porción retenida es apreciable, mayor del 5 %, se opera como si se tratara de material granular.

- b. Cuando se emplean materiales granulares, o sea los que tienen más del 5 % retenido sobre el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4), se pasa la muestra representativa por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”), debiendo realizarse el ensayo cuando se correlacione éste con el ensayo de Valor Soporte, según norma VN-E6-68, únicamente con la fracción librada por este tamiz.
 - c. Si el peso del material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”) es menor del 15 % del peso total de la muestra, cuando no se correlacione este ensayo con el Valor Soporte, según norma VN-E6-68, después de realizar el ensayo de acuerdo al título 5.4 ap. 2, deberá efectuarse la corrección por material grueso de los resultados obtenidos, tal como se indica en el párrafo 5.7. Para tal fin es necesario determinar el peso específico del material en la condición de saturado y a superficie seca y la humedad de absorción del mismo.
 - d. Si el material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”) es superior al 15 % del peso total de la muestra y no se deba correlacionar este ensayo con el Valor Soporte según Norma VN-E6-68 no se harán correcciones por la incidencia del material grueso, pero deberá tenerse la precaución, al verificar las densidades logradas en obra de aplicar la fórmula que se detalla en el ap. d) del título 5.8 Observaciones.
 - e. Únicamente en los casos en que se deba correlacionar este ensayo con el Valor Soporte, según Norma VN-E6-68 el ensayo de Compactación se ejecutará con material que pase el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”), compensando el material retenido por este tamiz, por un mismo peso de materia comprendido entre el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”) y el tamiz IRAM 4,8 mm. (N° 4). La granulometría del material corrector será la misma que la de la fracción contenida en el material a ensayar que pasa por criba de 3/4” y retiene el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4), teniendo en cuenta las cribas intermedias.
1. Cuando el porcentaje de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”) sea inferior al 15 %, se compensará el material en su totalidad.
 2. Cuando el porcentaje de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”) sea superior al 15 %, se compensará hasta dicho porcentaje desechándose en la compensación el excedente.
- A los efectos de la exigencia de compactación, este apartado no tendrá vigencia.

5.4- PROCEDIMIENTO

De acuerdo con las características del material a ensayar se presentan dos casos:

a. Material “fino”

Corresponde a suelos que cumplan con lo especificado en el ap. 5.3 (a).

Preparación de la muestra:

- a. Para cada punto de la curva Humedad-densidad se requieren aproximadamente 2500 gramos de material seco. Si se trata de suelo no muy plástico y sin partículas quebradizas puede usarse la misma muestra para todo el ensayo.
- b. Se prepara material suficiente para seis puntos. El ensayo normal requiere cinco puntos, tres en la rama ascendente y dos en la descendente de la curva Humedad-Densidad, pero eventualmente puede requerirse un sexto punto.
- c. La porción de suelo destinada a un punto se distribuye uniformemente en el fondo de la bandeja (ap. 5.2-l).
Con la ayuda del dispositivo adecuado (ap. 5.2-k) se agrega el agua prevista para tal punto y con la espátula (ap. 5.2-n) se homogeniza bien.

NOTA:

Si el material a ensayar presenta dificultades para la homogeneización del agua incorporada, se preparan las seis porciones con contenidos de humedad crecientes, de dos en dos unidades aproximadamente.

Se mezclan los más homogéneamente posible y se dejan en ambiente húmedo durante 24 horas.

Compactación de la probeta

- d. Se opera con el molde de 101,6 mm. de diámetro. La energía de compactación quedará determinada por el tipo de pisón, cantidad de capas y número de golpes por capa.

A continuación se dan las características de los distintos tipos de ensayos de compactación a realizar:

ENSAYO	MOLDE mm.	PESO PISÓN Kg.	ALTURA CAÍDA EN	Nº de CAPAS	Nº de GOLPES
I	101,6	2,5	30,5	3	25
II	101,6	4,53	45,7	5	25
III	101,6	2,5	30,5	3	35

- e. Se verifican las constantes del molde: Peso del molde (Pm) sin collar pero con base y su volumen interior (V).
- f. Cuando se considere que la humedad está uniformemente distribuida se arma el molde y se lo apoya sobre una base firme. Con una cuchara de almacenero, o cualquier otro elemento adecuado, se coloca dentro del molde una cantidad de material suelto que alcance una altura un poco mayor del tercio o del quinto de la altura del molde con el collar de extensión, si se han de colocar tres o cinco capas respectivamente.
- g. Con el pisón especificado (2,5 Kg. ó 4,54 Kg.) se aplica el número de golpes previstos (25, 35, 56, etc.) uniformemente distribuidos sobre la superficie del suelo.
Para esto debe cuidarse que la camisa guía del pisón apoye siempre sobre la cara interior del molde, se mantenga bien vertical y se la desplace después de cada golpe de manera tal, que al término del número de golpes a aplicar, se haya recorrido varias veces la superficie total del suelo.
- h. Se repite la operación indicada en el párrafo anterior las veces que sea necesaria para completar la cantidad de capas previstas, poniendo en tal caso, la cantidad de suelo necesaria para que, al terminar de compactar la última capa, el molde cilíndrico quede lleno y con un ligero exceso, 5 a 10 mm. En caso contrario, debe repetirse íntegramente el proceso de compactación.
- i. Se retira con cuidado el collar de extensión.
Con una regla metálica, puede servir de espátula, ap. 5.2 (g), se limpia el exceso de material.
Se limpia exteriormente el molde con un pincel y se pesa (Ph).
- j. Se saca la probeta del molde, con el extractor de probetas si se dispone de él, o mediante la cuchilla o espátula, en caso contrario. Se toma una porción de suelo que sea promedio de todas las capas, se coloca en un pesa filtro y se pesa.
Se seca en estufa a 100-105° C, hasta peso constante, para efectuar la determinación de humedad.
- k. Se repiten las operaciones indicadas en los párrafos anteriores, ap (f) a (j), con cada una de las porciones de muestra preparadas para los otros puntos.
Si se opera con una sola porción, estas operaciones se repiten luego de haber desmenuzado cuidadosamente el material sobrante e incorporado un 2% de agua más, aproximadamente, para cada uno de los puntos a determinar.

- I. Se da por finalizado el ensayo cuando se tiene la certeza de tener dos puntos de descenso en la curva Humedad-Densidad.

a. **Material granular**

Corresponde a suelos que cumplan con las características granulométricas indicadas en el párrafo 5 -3 (b).

Preparación de la muestra:

- a. Para cada punto de la curva Humedad - Densidad, se requieren alrededor de 6000 gamos de material seco.
- b. Igual que en el caso de suelos finos se requieren 5 puntos y se prevé la eventualidad de un 6° punto. Por lo tanto, se preparan 36 Kg. de material y por cuidadoso cuarteo se lo divide en seis porciones para otros tantos puntos.

Compactación de la probeta

- c. Se opera con el molde de 152,4 mm. de diámetro. Previa verificación de sus constantes, se lo coloca sobre una base firme y se realizan las operaciones indicadas en los párrafos (f) a (l) del título anterior 5.4 - (1), con la salvedad de que: Los huecos que quedan al ser arrancadas las piedras emergentes, al enrasar la cara superior de la probeta, deben ser rellenados con material fino y compactados con una espátula rígida.

La humedad de cada punto se determina de acuerdo al párrafo (j), sobre una cantidad de material no menor de 1000 gramos y secándolo en bandeja (Ap. 5.2 - m). En el siguiente cuadro, se dan las características de los distintos tipos de ensayo de compactación a realizar:

ENSAYO	MOLDE mm.	PESO PISÓN Kg.	ALTURA CAÍDA EN	Nº de CAPAS	Nº de GOLPES
IV	152,4	2,5	30,5	3	56
V	152,4	4,53	45,7	5	56

5.5- CÁLCULOS Y RESULTADOS

Para cada contenido de humedad de la probeta, determinado en la forma indicada en los párrafos precedentes, se calculan:

- a. La densidad húmeda (D_h) del suelo compactado, aplicando la fórmula:

$$D_h = \frac{P_h - P_m}{V}$$

Donde:

P_h = Peso del molde con el material compactado húmedo.

P_m = Peso del molde.

V = Volumen interior del molde.

- b. La densidad seca (D_s), que se obtiene mediante la fórmula:

$$D_s = \frac{D_h \times 100}{100 + H}$$

Donde:

D_h = Densidad húmeda.

H = Humedad, en %, del material compactado.

TRAZADO DE LA CURVA HUMEDAD DENSIDAD

- c. En un sistema de ejes rectangulares se llevan en abscisas, los valores de la humedad porcentual, y en ordenadas los de la densidad seca.
- d. Los puntos así obtenidos se unen por un trazo continuo obteniéndose de este modo una curva que va ascendiendo con respecto a la densidad, pasa por un máximo y luego desciende.
- e. El punto máximo de la curva así obtenida indica, en ordenadas, la densidad máxima (D_s) que puede lograrse con la energía de compactación empleada y en abscisas la humedad óptima (H) que se requiere para alcanzar aquella densidad.

5.6- PLANILLAS Y CURVAS

- a. La marcha del ensayo se lleva anotada en una planilla similar al modelo que se adjunta.
- b. El trazado de la curva Humedad-Densidad se realiza en el cuadriculado que se encuentra al pie de la planilla, adoptando las escalas que sean más convenientes en cada caso.

5.7- INCIDENCIA DEL MATERIAL GRUESO

Cuando, conforme a lo indicado en ap. 5.3 (c), en la muestra ensayada se tuvo hasta el 15 % de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”), se determina la incidencia del material de tamaño mayor que este último tamiz, utilizando las fórmulas que se indican a continuación:

- a. Humedad óptima corregida

Se la calcula con la siguiente fórmula:

$$H_c = \frac{(G \times H_a) + (F \times H)}{100}$$

Donde:

H_c = Humedad óptima corregida.

G = Porcentaje de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

H_a = Porcentaje de humedad absorbida por el material, en condición de saturado y a superficie seca, retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

F = Porcentaje de material que pasa por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”).

H = Humedad óptima resultante para el material que pasa por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4”), expresada en por ciento.

- b. Densidad máxima corregida

Se la obtiene reemplazando valores en la siguiente fórmula:

Donde:

$$D_{mc} = \frac{100}{\frac{G}{d_g} + \frac{F}{D_s}}$$

Donde:

D_{mc} = Densidad máxima corregida.

G = Porcentaje de material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4").

F = Porcentaje de material que pasa el tamiz IRAM 19 mm. (3/4").

d_g = Peso específico del material, en condición de saturado y a superficie seca, retenido en el tamiz IRAM 19 mm. (3/4").

D_s = Densidad seca máxima obtenida en el ensayo de compactación ejecutado con el material librado por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4").

NOTA:

Los valores obtenidos con la fórmula dada en el ap. 5.7(b) tienen tendencia a ser mayores que los reales. La diferencia es pequeña para valores de G hasta 15%.

5.8- OBSERVACIONES

- a. La introducción de las variantes con que es posible ejecutar el ensayo de compactación: tamaño del molde, número de capas, cantidad de golpes por cada y peso total del pisón, se justifica en ciertos casos, por la naturaleza de los suelos a utilizar, las características de la obra a ejecutar o la capacidad de los equipos que se prevé emplear.
- b. Para la fijación de la humedad del primer punto del ensayo juega un papel muy importante la experiencia del operador. En ausencia de ésta, puede servir de referencia el valor del límite plástico. En general, el valor de la humedad óptima es algo inferior al límite plástico y atento a que deben conseguirse tres puntos en la rama ascendente de la curva Humedad – densidad, resulta relativamente fácil dar un valor aproximado a la humedad que debe tener el suelo en ese primer punto.
- c. En laboratorios importantes, donde se ejecute un gran número de ensayos se recomienda emplear el aparato mecánico de compactación.
- d. Cuando se apliquen los resultados del ensayo de compactación a materiales granulares que tengan un porcentaje mayor del 15 % retenido sobre el tamiz IRAM 19 mm., no se efectuarán correcciones por la incidencia de material grueso (ver ap. 5.3-d), y se deberá aplicar al controlar las densidades logradas en obra, la siguiente fórmula:

$$D_{sc} = \frac{P_t - P_r}{V_t - V_r}, \text{ siendo } V_r = \frac{P_r}{d_g}$$

Donde:

D_{sc} = Densidad seca corregida.

P_t = Peso total de la muestra extraída del pozo.

P_r = Peso del material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4").

V_r = Volumen ocupado por el material retenido por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4").

V_t = Volumen total del pozo.

d_g = Peso específico del material, en condición de saturado y a superficie seca, retenido en el tamiz IRAM 19 mm. (3/4").

**Detalle del molde para el
Ensayo de Compactación
Diámetro = 101,6 mm.**

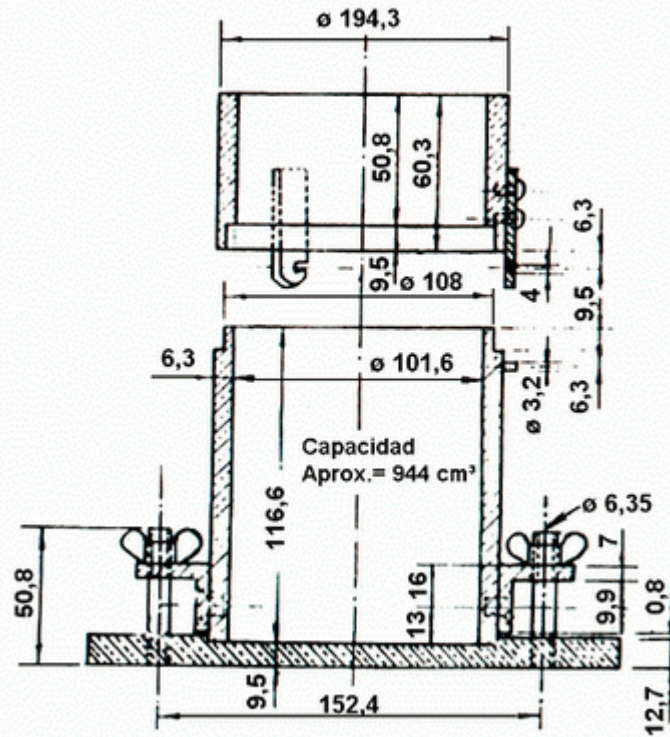


Figura N° 1

**Detalle del molde para el
Ensayo de Compactación
Diámetro = 152,4 mm.**

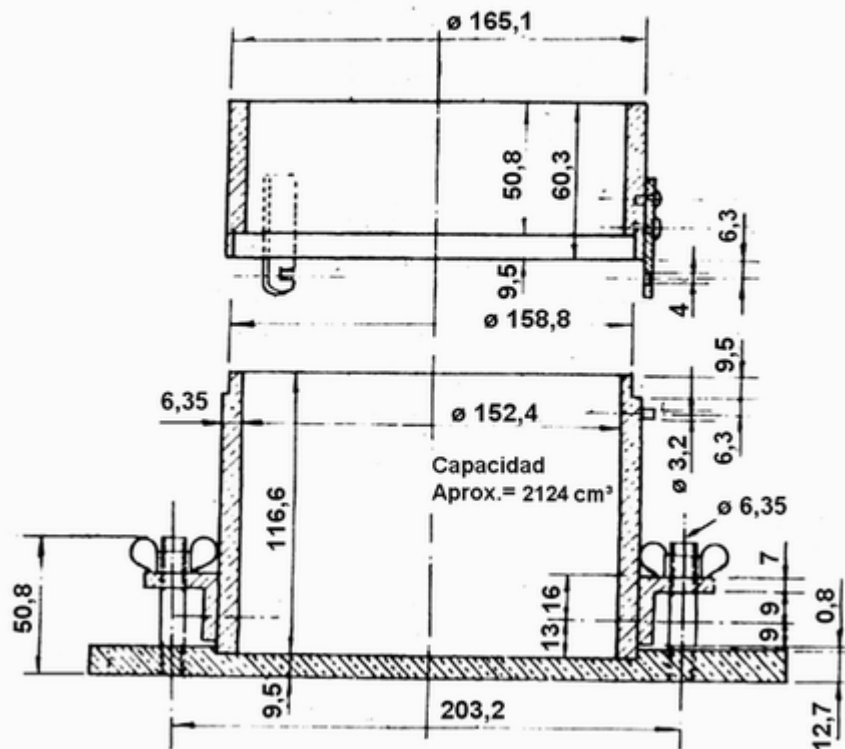
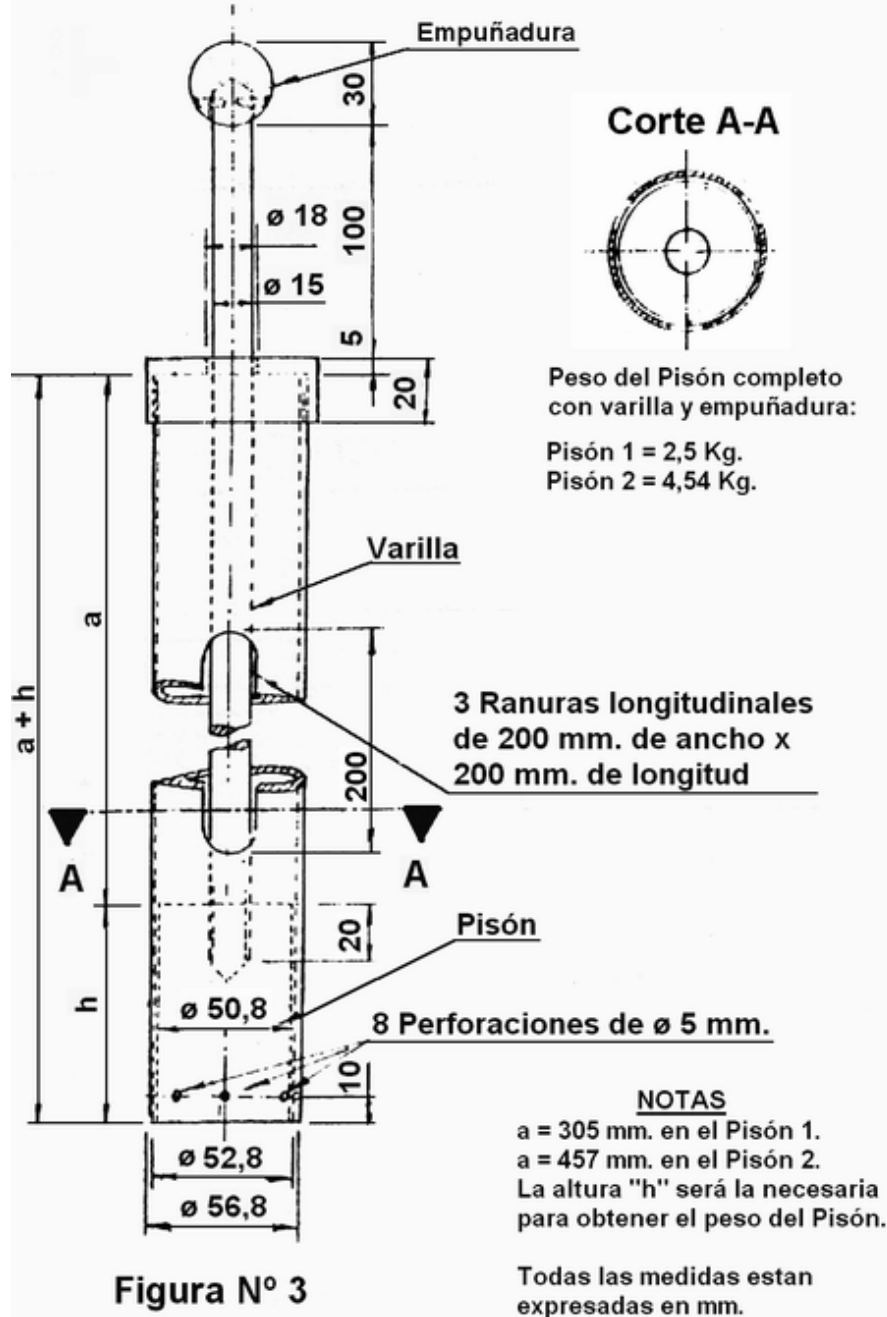


Figura N° 2

Detalle del Pisón



Espátula rectangular de chapa de acero de 2 mm.

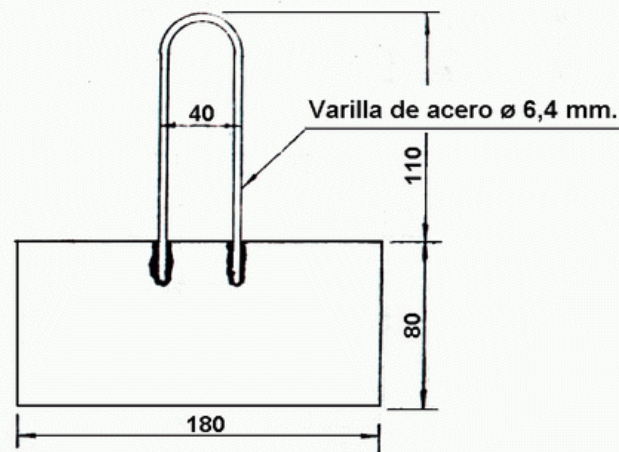
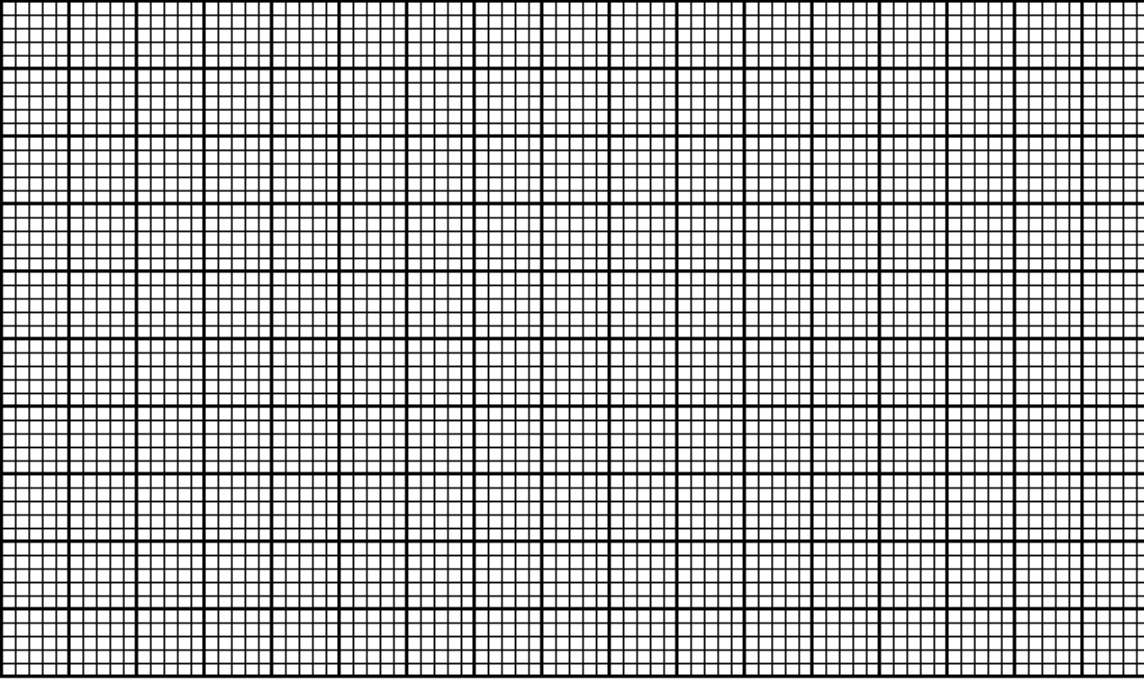


Figura N° 4

ENSAYO DE COMPACTACIÓN.....Capas.....Golpes.....Pisón.....
 N° de muestra.....Ruta.....
 N° de análisis.....Tramo.....
 N° de orden.....Progresiva.....

Punto N°	% Aproximado de Agua	Peso del Cilindro + Suelo Húmedo	Tara del Cilindro	Peso Suelo Húmedo	Volumen del Cilindro	PESO ESPECIFICO APARENTE	
						Húmedo (a)	Seco ⁽¹⁾
Punto N°	Pesa Filtro N°	Pesa Filtro + Suelo Húmedo	Pesa Filtro + Suelo Seco	Tara del Pesa Filtro	Agua	Suelo Seco	% de Humedad (b)

$$^{(1)} = \frac{100 \times (a)}{100 + (b)}$$

Material	L.L.	L.P.	Granulometria	Tamiz								
				Pasa%								
DENSIDAD												
CONTENIDO DE HUMEDAD												

NORMA DE ENSAYO

VN - E6 - 84

DETERMINACIÓN DEL VALOR SOPORTE E HINCHAMIENTO DE SUELOS

[índice](#)

6.1- OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para conocer el “valor soporte relativo” de un suelo y determinar su hinchamiento.

- a. Valor Soporte Relativo (V.S.R.) de un suelo es la resistencia que ofrece al punzado una probeta del mismo, moldeada bajo ciertas condiciones de densificación y humedad, y ensayada bajo condiciones preestablecidas. Se la expresa como porcentaje respecto de la resistencia de un suelo tipo tomado como patrón.
- b. Hinchamiento es el aumento porcentual de altura, referido a la altura inicial, que experimente una probeta de suelo cuando la humedad de la misma aumenta por inmersión, desde la humedad inicial de compactación hasta la alcanzada por la probeta al término del periodo de inmersión.

6. II – ENSAYO PREVIO A EFECTUAR

De acuerdo a la norma de ensayo VN-E5-67 “Compactación de suelo” determinar la densidad seca máxima y humedad óptima correspondiente, empleando la energía de compactación adoptada en el proyecto de la obra para la cual se efectuarán las determinaciones.

6. III – MÉTODOS DE ENSAYO

Se considera cuatro posibles variantes para efectuar este ensayo

- 1° Método estático a carga fija preestablecida.
- 2° Método estático a densidad prefijada.
- 3° Método dinámico N° 1 (simplificado).
- 4° Método dinámico N° 2 (completo).

6. IV- MÉTODO ESTÁTICO A CARGA FIJA PREESTABLECIDA

6. IV-1 APARATOS

- a. Molde de compactación cilíndrico, de acero tratado superficialmente para hacerlo inoxidable (cinchado, cadmiado, etc.), de las características y dimensiones indicadas en la figura N° 1; provisto además de una base desmontable sin perforaciones.
- b. Plato perforado con vástago de altura regulable y pesa adicional, todo de material inoxidable y peso total de 4,450 Kg., de las características y dimensiones indicadas en las figura N° 2 y figura N° 3. Se requiere uno por cada molde disponible para el ensayo.

- c. Pesas adicionales para hinchamiento. Para cada molde se necesitan seis pesas de 2,27 kg. cada una. Serán de material inoxidable y de las características y dimensiones indicadas en la figura N° 4.
- d. Pesas para penetración. Deberá proveerse un juego para cada prensa disponible y consiste en una pesa anular de 4,54 Kg. y seis pesas de 2,27 Kg. cada una, de acuerdo a las características y dimensiones indicadas en la figura N° 5.
- e. Pisón de compactación para moldeo de probetas, de las características y dimensiones indicadas en la figura N° 6.
- f. Trípode de material inoxidable, con dial extensométrico (precisión 0,01 mm.) para medir variaciones de altura de las características y dimensiones indicadas en la figura N° 7.
- g. Pileta, o recipiente adecuado de dimensiones tales que permitan la inmersión total del molde dentro del agua.
- h. Prensa de ensayo de accionamiento mecánico o hidráulico con comando manual, capaz de aplicar esfuerzos de hasta 5.000 Kg. y que permita lograr sin dificultad una velocidad de avance de 1,25 mm./minuto. Provista de tres aros dinamométricos de 1000, 3000 y 5000 Kg. respectivamente, con sus diales extensométricos de 0,01 de precisión mínima.
- i. Prensa hidráulica de compactación capaz de producir esfuerzos totales de hasta 60 toneladas con velocidad regulable, permitiendo lograr sin dificultades la de 1,25 mm./minuto.
- j. Pistón de penetración de 49,53 mm. de diámetro con las características y dimensiones indicadas en la figura N° 3.
- k. Dial extensométrico de 25 mm. de carrera, con precisión de 0,1 mm., montado sobre un soporte, similar al indicado en la figura N° 9, que pueda ser fijado al pistón penetración.
- l. Elementos varios de uso corriente: Estufa regulable a 105 – 110° C, balanza de 20 Kg. sensible al gramo, regla metálica enrasadora, bandejas, espátulas, probetas, rociadores, tamices IRAM 19 mm. (3/4") y 4,75 mm. (N° 4), etc.

6. IV-2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- a. Se secan alrededor de 50 Kg. de suelo hasta que se convierta en friable bajo la acción de una llana o espátula. El secado podrá realizarse al aire o en estufa pero siempre que la temperatura no exceda de 60° C. En caso de que el material contenga partículas mayores de 19 mm. se secan 100 Kg.
- b. El material utilizado para el ensayo pasará en su totalidad por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4"). Si en la muestra a ensayar existe material retenido por dicho tamiz, la porción retenida se reemplaza por igual cantidad de material que pase por el mismo y sea retenido por el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4), hasta un máximo de 15 % tal como se indica en 5.3 (c) y 5.3 (d) de la norma VN-E5-67.

6. IV-3. MOLDEO DE LAS PROBETAS

- a. Cada probeta se preparará con una cantidad de suelo seco tal que al ser compactada, se obtenga 12 cm. de altura \pm 2 cm. Si en el momento previo al moldeo, el suelo contiene algo de humedad, se determina ésta sobre 100 a 1000 gr. (según la granulometría). Sea H' (%) esta humedad; entonces la cantidad de suelo con esa humedad a pesar para cada probeta es igual a:

$$Ph = Ps \left[1 + \frac{H'}{100} \right] \text{ gramos}$$

- b. Se moldean cinco probetas con contenidos crecientes de humedad, de tal modo que pueda trazar una curva densidad - humedad similar a la de ensayo de compactación. La probeta a ensayar deberá moldearse con la humedad correspondiente a la máxima densidad.
- c. La cantidad de agua adicional a cada probeta se calcula mediante la fórmula:

$$A = \frac{P_s \times H}{100}$$

siendo:

A= Agua Total

H = Humedad por ciento.

Si el suelo ya tiene una cierta humedad inicial (H'), a la cantidad Ph de suelo calculado como se explicó en "a" se le adiciona

$$P_s \left[\frac{H - H'}{100} \right] \text{ gramos de agua}$$

- d. Para moldear la probeta, una vez establecida la cantidad necesaria de suelo, se pesa esta más 40 – 50 gr. aproximadamente y se extiende en una capa de espesor uniforme en el fondo de una bandeja de dimensiones adecuadas. Se mide la cantidad necesaria de agua calculada según se expreso en "c", y con la ayuda del rociador se va humedeciendo el suelo mezclando al mismo tiempo con una espátula, hasta una distribución uniforme de la humedad. Se toman 40 - 50 gr. de suelo que se colocan en un pesa filtro, se pesan y se llevan a estufa hasta peso constante para determinar la humedad. Si se trata de suelos granulares en vez de tomar un exceso de 40 -50 gr., se tomarán 1000 gr. aproximadamente.
- e. Se prepara el molde ajustándolo sobre la base sin perforaciones. Se va colocando dentro el suelo humedecido, en capas, compactándolo ligeramente al mismo tiempo con la ayuda de una varilla de hierro aproximadamente 20 mm. de diámetro y 500 mm. de longitud.
- f. Se lleva el conjunto a la prensa de compactación (IV.1-i) y se carga con una velocidad de avance del plato de la prensa igual a 1,25 mm./minuto, hasta lograr una presión total de 140 Kg./cm² (hasta la carga de 70 Kg./cm² la velocidad de avance puede ser mayor).
Una vez alcanzada la presión de 140 Kg./cm², se mantiene la carga durante 1 minuto. Se descarga en forma suave en poco más o menos 20 segundos.
- g. Se retira el molde de la prensa, se mide la profundidad libre hl. Si la profundidad total del molde es igual a ht, la altura (h) de la probeta es igual a:

H = ht – hl, que como se dijo debe oscilar en los 12 cm. con una tolerancia de 2 cm. en más o en menos.

NOTA: Al verificar la humead de la probeta destinada al ensayo su valor no debe diferir del deseado en + ó – 0,5.

A los efectos de evaluar la influencia de la posible variación de humedad con que se compactó el suelo en obra, se deberán moldear, además cuatro probetas a la densidad máxima de la curva de compactación, pero con humedades que abarquen el límite de trabajabilidad del suelo en obra. Se moldearán con dos humedades del lado seco y con dos humedades del lado húmedo de la curva de compactación.

Para esto deberá tenerse en cuenta que la carga con que se compactará, no será la establecida en esta norma, sino la necesaria para que con las distintas humedades se logren probetas con la densidad máxima.

6. IV-4. EJECUCIÓN DEL ENSAYO.

- a. Se sustituye la base del molde colocando en su lugar la base perforada.
- b. Se coloca sobre la superficie del suelo un disco de papel de filtro, u otro de naturaleza absorbente, de 15,2 cm. de diámetro. Sobre éste se coloca el plato perforado, especificado en el apartado IV.1-b, y las pesas adicionales que sean necesaria (IV.1-c).
- c. Se coloca sobre el molde el trípode con extensómetro especificado en IV.1-k.
- d. Se regula el vástago del plato hasta que su extremo superior toque el vástago del dial que debe estar a cero.
- e. Se ajusta en esa posición y se retira el trípode.
- f. Se lleva el conjunto a la pileta llena de agua, de tal modo que se cubra totalmente el molde, colocando una capa de arena fina en el fondo para que el agua tenga libre acceso por ambos extremos de la probeta.
- g. La probeta será mantenida durante cuatro días en inmersión midiéndose todos los días el “hinchamiento”, colocando el trípode con el extensómetro y registrándose las variaciones de altura diarios (en centésima de milímetro).
- h. Completado el 4º día de inmersión y después de haberse leído el hinchamiento total, en valor absoluto, se retira el molde de la pileta. Se elimina el agua libre inclinando el molde durante un minuto, mientras se sujetan firmemente los pesos adicionales. Luego se deja drenar en posición vertical durante 15 minutos.
- i. Se coloca el molde en la base de la prensa de ensayo, ya provista del aro dinamométrico adecuado, se retiran el plato perforado y las sobrecargas. Se coloca sobre la superficie del suelo la sobrecarga anular de 4,54 Kg. de peso. Se hace asentar el pistón de penetración a través del orificio central aplicando una carga de 4,54 Kg.
- j. Se colocan los diales en cero y se agregan las sobrecargas calculadas en igual cantidad que las usadas durante el período de inmersión. El dial que mide las penetraciones debe fijarse al pistón de penetración y apoyar su vástago libre sobre el borde del molde o sobre un punto fijo solidario con él.
- k. Se aplican las cargas suavemente a una velocidad de avance del pistón igual a 1,27 mm./minuto. Se anotan las lecturas del dial del aro dinamométrico obtenidas para penetraciones de 0,64 mm., 1,27 mm., 1,91 mm., 2,54 mm., 5,1 mm., 7,6 mm., 10,2 mm., y 12,7 mm.
Las cuatro primeras lecturas servirán posteriormente para efectuar la corrección de la curva penetración – cargas en el caso que la misma resulta cóncava arriba.
- l. Se descarga la prensa de penetración, se retira el molde y se quitan las sobrecargas. Se toma una muestra de la capa superficial hasta 2,5 cm. de profundidad para determinar la humedad. Se extrae también una muestra representativa en todo el espesor de la probeta para obtener la humedad promedio de la probeta embebida.

6. IV-5 RESULTADOS

Cálculo de hinchamiento:

El hinchamiento se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Hinchamiento \%} = \frac{h_n \times 100}{h}$$

h_n = Lectura del hinchamiento en el último día de inmersión en (cm.)

h = altura de la probeta en cm.

Cálculo del Valor Soporte:

a. Representación gráfica y corrección de lecturas.

En un sistema de ejes rectangulares, se llevan en abscisas los valores de penetración en mm. y sobre las ordenadas los valores de las lecturas del aro dinamométrico.

Uniendo por un trazo continuo puntos experimentales determinados en el ensayo, se obtiene una curva similar a alguna de las representadas en la figura 10.

b. Si la curva obtenida toma la forma señalada con (1), es decir, sin cambios de curvatura no corresponde hacer corrección y para el cálculo se toman directamente los valores de lectura correspondiente a las penetraciones de 2,5 mm.; 5,1 mm.; 7,6 mm.; 10,1 mm.; 12,7 mm. obtenidas al realizar el ensayo.

c. Si la curva presenta la forma señalada en (2), es decir, con cambio de curvatura, se traza la tangente T por el punto de inflexión. Esta tangente corta el eje de las abscisas en un punto A que será el nuevo origen de las penetraciones. En consecuencia los puntos correspondientes a las penetraciones 1° - 2° - 3° - 4° y 5° se obtendrán corriendo los valores 2,5 mm.; 5,1 mm.; 7,6 mm.; 10,1 mm.; y 12,7 mm. hacia la derecha en una distancia "d" igual a la distancia de A al origen.

d. Los verdaderos valores dinamométricos "L" a aplicarse en los cálculos se obtendrán en las ordenadas que corresponden a los puntos en que la curva de penetración intercepte la perpendicular trazada por los valores corregidos para cada penetración.

e. Multiplicando la lectura "L", del dinamómetro por su factor y dividiendo el producto por la sección del pistón de penetración, se obtiene en Kg./cm² la resistencia a la penetración ofrecida por el suelo estudiado. Llamando: RPU a la resistencia a la penetración, L a la lectura del dial del aro dinamométrico, S a la sección en cm² del pistón de penetración y F al factor de cálculo del aro empleado, se tiene que:

$$\text{RPU} = \frac{\text{L.F.}}{\text{S}} (\text{Kg./cm}^2) \quad (1)$$

f. Experimentalmente el autor del método encontró que la resistencia a la penetración RPU en Kg./cm² para las sucesivas etapas de penetración que ofrecía el suelo considerado como tipo de comparación, son para la condición embebida.

Penetración

Nº	mm.	<u>Pulgada</u>	<u>RPU_n</u> (Kg./cm ²)
1 ^a .	2,5	0,1	70
2 ^a .	5,1	0,2	105
3 ^a .	7,6	0,3	133
4 ^a .	10,1	0,4	161
5 ^a .	12,7	0,5	182

g. El Valor Soporte Relativo de un suelo se obtiene mediante la fórmula:

$$\text{VSR} = \frac{\text{RPU}}{\text{RPU n}} \times 100$$

h. Reemplazando RPU por su valor según fórmula (1) se tiene:

$$\text{VSR} = \frac{\text{L. x F x 100}}{\text{S. RPU n}} \quad (2)$$

i. Aplicando ésta fórmula y reemplazando en ellas S y RPU n por sus valores para cada penetración, (S = 19,3471 cm²); RPU n obtenidos en la tabla del punto f), se obtiene para cada penetración y con los valores L1; L2; L3, correspondientes:

Penetración

VSR (Embebido)

$$\begin{aligned} 1^a. & \quad \text{L1 F } \left(\frac{100}{19,3471 \times 70} \right) \\ 2^a. & \quad \text{L2 F } \left(\frac{100}{19,3471 \times 105} \right) \\ 3^a. & \quad \text{L3 F } \left(\frac{100}{19,3471 \times 133} \right) \\ 4^a. & \quad \text{L4 F } \left(\frac{100}{19,3471 \times 161} \right) \\ 5^a. & \quad \text{L5 F } \left(\frac{100}{19,3471 \times 182} \right) \end{aligned}$$

Calculando la parte numérica que se constate para cada penetración resulta en definitiva:

PENETRACIÓN

VSR (Embebido)

$$\begin{aligned} 1^a & \quad \text{L1F} \quad \times 0,0738 \\ 2^a & \quad \text{L2F} \quad \times 0,0492 \\ 3^a & \quad \text{L3F} \quad \times 0,0389 \\ 4^a & \quad \text{L4F} \quad \times 0,0321 \\ 5^a & \quad \text{L5F} \quad \times 0,0284 \end{aligned}$$

j. Estos factores numéricos de cálculo son invariables cualesquiera que sean los factores de los aros dinamométricos utilizados. Pero en cada laboratorio pueden simplificarse los cálculos efectuando de una sola vez por todos los productos. F x 0,0738; F x 0,0492, etc., para cada aro disponible, obteniéndose en esta forma los "Factores definitivos de Cálculo", que multiplicados por las lecturas, registradas para cada penetración darán directamente los valores del VSR.

- k. El VSR estará dado por el valor correspondiente a la penetración de 2,5 mm. Si el valor de la penetración de 5,1 mm. es mayor que el anterior se repetirá el ensayo. Si en la verificación el valor de la penetración de 5,1 mm. sigue siendo mayor, deberá informarse éste como resultado del VSR.

Cálculo de Humedades

Las humedades de moldeo y las otras dos citadas en ap. IV.3, se calculan por la fórmula siguiente:

$$H \% = \frac{(Ph - Ps) 100}{Ps - Pt}$$

donde:

Ph = Peso del pesa filtro + suelo húmedo

Ps = Peso del pesa filtro + suelo seco

Pt = Peso del pesa filtro vacío

H = Humedad por ciento

6. IV-6. INFORME

Los resultados se consignan en una planilla similar al modelo siguiente: ver Planilla "A".

6. IV-7. OBSERVACIONES

- a. Cálculo de la sobrecarga.

La sobrecarga a utilizar nunca debe ser inferior a 4,54 Kg. y debe ser igual al peso que se colocará encima de cada suelo con una apreciación + ó - 2,27 Kg. En base a lo dicho se deberá estimar el V.S.R. del suelo a ensayar y de este dato supuesto, deducir el espesor de la estructura que soportará. Este espesor multiplicado por la sección del molde y por la "densidad" de las distintas capas de la estructura, dará el valor de la sobrecarga a colocar.

La sobrecarga será de la misma magnitud tanto para el período de embebimiento, como durante el ensayo de penetración.

- b. La elección del aro dinamométrico a utilizar en el ensayo de penetración, es función del suelo ensayado, y será el criterio del operador el que en definitiva definirá.

Pero pueden tenerse en cuenta las indicaciones siguientes:

Suelos finos no calcáreos tienen en general valor soporte bajo, y en estos casos debe utilizarse el aro de 1.000 Kg. y aún de 500 Kg. si se dispone de éste.

Suelos granulares sin cohesión (excluidas las toscas) pueden tener valor soporte un poco más elevado, pero sin llegar a valores grandes. Pueden utilizarse el aro de 3.000 Kg., aunque en la generalidad de los casos basta con el de 1.000 Kg.

Suelos granulares bien graduados con cohesivo adecuado, toscas duras con cohesivo, en general tienen elevado valor soporte y se impone el uso del aro de 5.000 Kg.

La elección del aro dinamométrico es de importancia, pues si se ensaya un suelo de poco valor soporte, con un aro de gran capacidad, se obtendrán lecturas muy bajas, para las cuales el aro de prueba tiene en general poca precisión.

- c. El ensayo debe efectuarse por duplicado; y si los resultados difieren en más de un 20 % uno de otro, especialmente en las dos primeras penetraciones, debe efectuarse un tercer ensayo. Si el material no alcanza para este tercer ensayo, debe informarse el que acusa menores valores.
- d. La humedad de moldeo, debe ser la más próxima posible a la humedad fijada para el ensayo. Si la misma excediera este valor en 0,5 debe repetirse el ensayo.
- e. Si la muestra ensayada tiene material granular la humedad después de embebida se determina con la totalidad de la probeta, secando en bandeja para obtener mayor precisión.
- f. Si el material a ensayar presenta dificultades para su mezcla homogénea con el agua incorporada, se mezcla lo más uniformemente posible y se deja en ambiente húmedo durante 24 horas. Después de este período deberá volverse a mezclar.

6. V. MÉTODO ESTÁTICO A DENSIDAD PREFIJADA

6. V-1. APARATOS: Son los mismos que en el método anterior.

6. V-2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

- a. El material utilizado para el ensayo pasará en su totalidad por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4"). Si en la muestra a ensayar existe material retenido por dicho tamiz, la porción retenida se reemplaza por igual cantidad de material que pasa por el mismo y sea retenida por el tamiz IRAM 4,75 mm. (N° 4) hasta un máximo de 15 % tal como se indica en 5.3 (e) de la norma VN-E5-67. La cantidad de material a secar será similar a la del método anterior.
- b. Las probetas a ensayar se compactarán con la prensa indicada en el apartado IV.1-i, a la densidad y humedad establecida en el proyecto. Deberán tener una vez compactadas 12 cm. de altura.
- c. Cálculo de peso de material seco y agua necesaria para compactar cada probeta. El molde mide 15,24 cm. de diámetro y como la probeta debe tener 12 cm. de altura su volumen será igual a:

$$\frac{d^2\pi}{4} \times 12 \text{ cm.} = 15,24 \text{ cm.} \times 15,24 \text{ cm.} \times 0,7854 \times 12 \text{ cm.} = 2.189 \text{ cm.}$$

En consecuencia la cantidad de suelo seco (Ps) a compactar es igual a:

Ps = 2.189 X ds siendo ds la densidad prefijada.

Si en el momento de compactar la muestra retiene algo de humedad, se determinará ésta (H' %). Entonces la cantidad de suelo con humedad (Ph) a pesar es igual:

$$Ph = Ps \left[1 + \frac{H'}{100} \right] \text{ gramos}$$

Si la humedad a incorporar es igual a H % la cantidad de agua necesaria se obtiene por la fórmula:

$$\text{Agua total} = \frac{Ps \times H}{100} \text{ gramos}$$

y si el suelo ya tiene una humedad, inicial H' la cantidad de agua a agregar se obtiene mediante

$$\text{Agua parcial} = P_s \frac{(H - H')}{100} \text{ gramos}$$

6. V-3. PROCEDIMIENTO

Moldeo de la probeta

- a. Establecida según se explicó en el título anterior la cantidad necesaria de suelo, se pesa ésta con más de 30 ó 40 gr. y se extiende en una capa de espesor uniforme en el fondo de una bandeja de dimensiones adecuadas.
Se mide la cantidad necesaria de agua, calculada según se detalló en el título anterior y con la ayuda de un rociador se va humedeciendo el suelo, mezclando al mismo tiempo con una espátula, hasta obtener una distribución uniforme de la humedad. Se toman 50 gr. del suelo que se colocan en un pesa filtro, se pesa y se lleva a estufa hasta peso constante para determinar humedad.

Nota: Si se trata de suelos granulares en vez de tomar un exceso de 50 gr. se tomarán 1000 gramos.

- b. Se prepara el molde, ajustándolo sobre la base sin perforaciones. Se va colocando dentro el suelo humedecido de acuerdo a lo indicado, en capas, compactando ligeramente al mismo tiempo con la ayuda de una varilla de hierro aproximadamente 20 mm. de diámetro y 500 mm. de longitud.
- c. Una vez colocado todo el suelo dentro del molde, se coloca el pisón de compactación (ap. IV.1-c) de manera que quede a la vista el frente graduado en mm.
- d. Se lleva el conjunto a la prensa de compactación y se carga con una velocidad de avance del plato de la prensa igual a 1,25 mm./minuto, hasta que el pisón de compactación haya penetrado en el molde en una longitud igual a: $h - 12\text{cm.}$; siendo h la altura interior total del molde.

En la práctica, conviene hacer entrar el pisón 1 ó 2 mm. más para compensar la recuperación elástica que generalmente se produce.

Se mantiene la carga aplicada durante un minuto y luego se descarga. Se registra en toneladas la carga aplicada, que es la necesaria para obtener la densidad buscada.

6. V-4. EJECUCIÓN DEL ENSAYO.

- a. Se procede en la misma forma que en el método anterior.
- b. Igualmente que en el método anterior y a los efectos de evaluar la influencia de la posible variación de humedad con que se compacte el suelo en obra, se deberán moldear, además cuatro probetas a la densidad prefijada pero con humedades que abarquen el límite práctico de trabajabilidad del suelo en obra.

Se moldearán con dos humedades del lado seco y con 2 humedades del lado húmedo de la curva del ensayo de compactación.

6. V-5. RESULTADOS

Se precede en la misma forma que en el método anterior.

6. V-6. OBSERVACIONES

Se tendrán en cuenta las mismas que en el método anterior.

6. VI- METODO DINAMICO N° 1 (SIMPLIFICADO)

6. VI-1. APARATOS

- a. Moldes de compactación cilíndricos de acero tratados superficialmente para volverlos inoxidable de las características y dimensiones indicadas en la figura N° 11.
- b. Compactador mecánico: con pisones de 4,54 Kg. de peso, con un mecanismo que permita regular su caída libre en 45,7 cm. y 30,5 cm. y dar a la base un desplazamiento angular entre 40° y 45° por golpe.
- c. Trípode: de material inoxidable con dial extensométrico de 0,01 mm. de precisión para medir variaciones de altura de características y dimensiones indicadas en la figura N° 6.
- d. Prensa de penetración: con pistón de penetración de 49,63 mm. de diámetro, de accionamiento mecánico, comando manual, que permita lograr una velocidad de avance del pistón de 1,27 mm./minuto.
- e. Aros dinamométricos: de 500; 1000; 3000 y 5000 Kg. respectivamente con sus diales extensométricos de 0,01 mm. de precisión mínima.
- f. Disco espaciador: de 61,2 mm. de espesor y con un diámetro de 15,24 cm. Para obtener una altura de probeta de 11,66 cm. en todos los casos. Ver figura N° 12.
- g. Platos perforados: con vástago de altura regulable y peso adicional, todo de material inoxidable, con un peso total de 4,54 kg. y de dimensiones dadas en las figuras N° 2 y figura N° 3 (uno por molde).
- h. Pesas adicionales para henchimientos: seis pesas por molde, de 2,27 Kg. cada una de material inoxidable y de dimensiones indicadas en la figura N° 4.
- i. Pesas de penetración: deberá proveerse un juego por prensa y consiste en: una pesa de 4,54 g. y seis pesas de 2,27 Kg. cada una de dimensiones indicadas en la figura N° 5.
- j. Dial extensométrico de 25 mm. de carrera de precisión mínima de 0,01 mm. montado sobre un soporte que será fijado al pistón de penetración (Ver figura N° 9).
- k. Elementos varios de uso corriente: Estufa regulable a 105 - 110° C, balanza de 20 Kg. sensible al gramo; bandeja para mezclar el material, llanas, regla de 20 cm. de longitud para enrasar, espátulas, probetas, rociadores cronómetros, etc.

6. VI-2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

El método que se describe a continuación es para cuando se especifica en obra el 95 % o el 98 % de la densidad del ensayo de compactación, realizado con 5 capas y pisón de 4,5 Kg., altura de caída 45,7 cm. y 56 golpes por capa.

Cuando se especifique el 100 % de la densidad de este ensayo o de cualquier otro, se moldearán solo dos probetas con la humedad óptima correspondiente.

El suelo no contiene partículas de tamaño superior a 19 mm. (3/4").

- a. Se secan alrededor de 40 Kg. de suelo, hasta que éste se convierte en friable bajo la acción de una llana o espátula.
El secado podrá realizarse al aire o en estufa, pero siempre que la temperatura no exceda los 60° C.
- b. Se desmenuza la muestra evitando reducir el tamaño de las partículas individuales.

- c. Se mezcla bien el suelo y por cuarteo se separan 6 porciones de aproximadamente 6 Kg. cada una.
- d. Se agrega agua hasta llevarla a la humedad óptima previamente determinada de acuerdo al ensayo VN-E5-67. Se amasa cuidadosamente la muestra para obtener humedad homogénea.
La muestra se encuentra lista para ser compactada. De la misma forma se preparan otras cinco muestras.

El suelo contiene partículas mayores de 19 mm. (3/4")

- e. Se tratan alrededor de 80 Kg. de acuerdo a lo especificado en los párrafos anteriores (a) y (b).
- f. Se pasa la muestra por el tamiz IRAM 19 mm. (3/4") y lo retenido en el mismo se sustituye por igual cantidad (en peso) de material que pasa por dicho tamiz IRAM 19 mm. (3/4") y sea retenido por el de 4,8 mm. (N° 4) hasta un máximo del 15 % tal como se indica en 5.3-e de la norma VN-E5-67.
- g. Se mezclan bien estos materiales y se preparan por cuarteo seis muestras de 6 kilogramos aproximadamente.
- h. Se agrega agua hasta llevarla a la humedad óptima previamente determinada de acuerdo al ensayo VN-E5-67. Se amasa cuidadosamente la muestra para obtener humedad homogénea.
La muestra se encuentra lista para ser compactada. De la misma manera se preparan otras cinco muestras.
- i. Los apartados IV.2-b); V.2-a); VI.2-f) y VII.2-b) quedan modificados en el sentido de que, la compactación del material retenido en el tamiz IRAM 19 mm. (3/4") se realizará como se indica en los apartados 5.3-c) y 5.3-d) en la Norma VN-E5-67. Especificación complementaria.

6. VI-3. COMPACTACIÓN DE LA MUESTRA

- a. Pesar 6 moldes vacíos, con sus collares de extensión y placas de base.
- b. Se coloca el disco espaciador en el molde y se compacta la primera muestra en cinco capas con 56 golpes por capa. La segunda muestra se compacta con igual número de capas pero con 25 golpes por capa y la tercera también en cinco capas y 12 golpes por capa. Se preparan dos probetas para cada condición.
Si se exige el 100 % de la densidad del ensayo de compactación mencionado en VI.2 o de cualquier otro ensayo, se moldearán dos probetas en esa condición.
- c. Se determina la humedad de cada probeta sacando una muestra representativa del suelo, (no menor de 40 gr. en los suelos finos y mayor de 1000 gr. en los granulares), antes de la compactación y otra del material sobrante una vez terminada la misma. La humedad de ambas muestras no deberán diferir = 0,5 de la óptima del respectivo ensayo de compactación.
De no cumplirse este requisito deberá repetirse el ensayo. Mientras se efectúe la compactación de la probeta, la bandeja que contiene la muestra de suelo deberá cubrirse con un paño húmedo a los efectos de evitar la evaporación de la humedad
- d. Quitar el collar de extensión y enrasar la muestra con una regla metálica recortándola a ras del borde. En el caso de materiales granulares los huecos que quedan al ser arrancadas las piedras emergentes, deben ser rellenados con material fino y compactadas con una espátula rígida.
- e. Colocar un papel de filtro sobre la cara enrasada. Aflojar la base, retirar el disco espaciador, dar vuelta el molde de manera que la parte superior quede abajo. Fijar de nuevo la base, colocar un papel de filtro en la cara ahora superior, ajustar

el collar de extensión y pesar todo el conjunto. La muestra se encuentra lista para el ensayo de hinchamiento.

6. VI-4. DETERMINACIÓN DEL HINCHAMIENTO.

Se procederá en forma similar a la indicada para el método estático.
Ver título IV- 4 (ap. c al ap. h).

6. VI-5. ENSAYO DE PENETRACIÓN.

Se procederá en forma similar a la detallada en el método estático. Ver título IV.4 (ap. i al ap. l)

6. VI-6. RESULTADOS:

Cálculo del hinchamiento

El hinchamiento se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{Hinchamiento \%} = \frac{hn \times 100}{11.66}$$

hn = Lectura del hinchamiento en el último día de inmersión (en cm.)

11,66 = Altura de la probeta

Cálculo del Valor Soporte:

Se procede de acuerdo a lo detallado para el método estático.
Ver título VI.5 desde ap. (a) al ap. (k) inclusive.

1. En el caso que se especifique el 95 % o el 98 % de la densidad del ensayo de compactación realizado con pisón de 4,54 Kg., caída de 45,7 cm., 5 capas y 56 golpes por capa se lleva, en un sistema de ejes rectangulares, sobre las abscisas los valores de V.S.R. de las probetas ensayadas y compactadas con 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes por cada capa respectivamente y sobre las ordenadas los valores de las densidades de cada una de ellas.

Uniendo por un trazo continuo los puntos así determinados se obtiene un diagrama como el representado en la figura 13.

Entrando con el 95 % o el 98 % de la densidad máxima del ensayo de compactación, se intercepta a la curva y bajando una perpendicular desde el punto de intersección, donde ésta corta el eje de las abscisas se obtiene un valor de V.S.R. Este valor deberá ser mayor o igual que el especificado.

6. VI-7. OBSERVACIONES

Ver el título IV.7 ap. (a) al ap. (f) inclusive.

6. VII. METODO DINAMICO N° 2 (COMPLETO)

6. VII-1. APARATOS.

Son los detallados para el método dinámico N° 1. Ver título VI.1.

6. VII-2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.

Teniendo en cuenta que será necesario obtener una curva densidad - humedad (con cinco puntos como mínimo) para tres distintas energías unitarias de comparación, se procederá en forma similar a la del método dinámico N° 1 (ver título VI.2) con las siguientes variantes.

- a. Para el caso de ensayar suelos que no contienen partículas de tamaño superior a 19 mm. (3/4"), se deberán secar 110 Kg. de material.
- b. Si se tienen suelos con partículas mayores de 19 mm. (3/4") se sacará una muestra de 220 Kg.

En ambos casos cada muestra deberá dividirse en 18 partes iguales. Por otra parte, cada una de estas porciones deberá humedecerse con diferentes cantidades de agua, en forma tal de obtener una curva de compactación para cada una de las energías empleadas y además, que todas ellas abarquen el "rango de humedad" con el cual se permitirá trabajar en obra.

Estas curvas se obtendrán siguiendo las indicaciones contenidas en la presente norma y a la VN-E5-67 "Compactación de suelos".

6. VII-3. COMPACTACIÓN DE LA MUESTRA

Se obtendrán tres curvas de compactación, moldeando las probetas en cinco capas cada una, pero con 56 golpes por capa para la primera curva, 25 golpes por capa para la segunda y 12 golpes por capa para la tercer curva.

El procedimiento para compactar las probetas es similar al detallado para el método dinámico N° 1 (título VI.3) debiendo ser sometida posteriormente cada probeta al ensayo de hinchamiento y luego al de penetración.

6. VII.4 DETERMINACIÓN DEL HINCHAMIENTO.

Se seguirá el proceso detallado para el método estático en el título IV-4 (ap. c al ap.h).

6. VII.5 ENSAYO DE PENETRACIÓN

Se procederá en forma similar al método estático. Ver título IV-4 (ap. i al ap. l).

6. VII.6 RESULTADOS.

a. ARENAS Y GRAVAS FRIABLES

Estos suelos son generalmente de fácil compactación a alta densidad y con altos contenidos de humedad. Las probetas deben prepararse con alta energía de compactación y con contenidos de humedad similares a las que se utilizarán en el terreno.

Si se comprueba que el valor soporte no se reduce al embeber las probetas, no es necesario repetir la inmersión en ensayos a realizar posteriormente.

b. SUELOS COHESIVOS

En estos suelos es necesario obtener información apta para determinar su comportamiento en un entorno previsible de contenidos de humedad, por medio de probetas representativas.

En este caso se utilizará el método indicado en VII - Método Dinámico N° 2 (Completo).

Para verificar la validez de los resultados de ensayos de compactación, se vuelcan los datos de densidad máxima y trabajo de compactación por unidad de volumen. Generalmente deberá obtenerse una relación lineal en el diagrama.

En la figura N° 14 a, se indica un caso típico. En la figura N° 14 b se han representado los resultados de un ensayo. En el Diagrama A, figuran las curvas de compactación, densidad - humedad en líneas llenas y para las energías que corresponden al Método Dinámico N° 2.

En el diagrama B se indican las correspondientes relaciones humedad - valor soporte.

En el diagrama C, se representan las relaciones entre densidad y valor soporte para los puntos correspondientes de los diagramas A y B.

Utilizando los resultados de los diagramas A y B pueden volcarse en el diagrama C líneas de igual contenido de humedad, representadas en este caso por líneas cortadas. Cada línea vertical en el diagrama C indica valor soporte constante.

Pueden así hallarse en orden sucesivo puntos de igual valor soporte que estarán definiendo valores numéricos de humedad y densidad.

De esta forma se obtienen líneas de igual valor soporte en el Diagrama A, marcando como líneas cortadas, que se superponen a las curvas de densidad. El diagrama A permite sacar conclusiones sobre el valor soporte a adoptar, las que surgen del ejemplo siguiente:

Se ha especificado una densidad mínima del 95 % de la máxima según Ensayo V (Norma VN-E5-67). La humedad de compactación puede ser controlada en obra entre el 16 % y el 20 %.

El valor soporte oscilará entre el 7 % y el 9 % en este caso. Si la humedad de compactación en obra descendiera al 13 %, el valor soporte también descendería al 6 %.

c. SUELOS EXPANSIVOS

El procedimiento a aplicar es igual al del caso b, aunque el objetivo es distinto. En este caso se debe determinar el contenido de humedad y la densidad que minimizan la expansión.

La humedad y densidad apropiadas pueden no ser respectivamente la óptima y la máxima determinadas en el ensayo de compactación.

En general la mínima expansión y el mayor valor soporte embebido se obtienen a humedad de moldeo algo superior a la óptima.

Debe adicionarse a las curvas de la figura N° 14 b las curvas de igual hinchamiento. Se seleccionan de esta manera los límites de densidad y humedad que permitan limitar el hinchamiento y obtener los mayores valores de valor soporte y densidad posibles. Cuando se considere necesario limitar el hinchamiento mediante sobrecargas, los ensayos deberán determinar las presiones necesarias. Se realizarán probetas adicionales, usando pesos adicionales de sobrecarga al embeber.

6. VII. 7- OBSERVACIONES

Además de tener en cuenta las observaciones dadas para el método estático (Ver título IV.7) es recomendable que.

Cuando se ha ensayado un suelo y se encuentra que la diferencia entre el V.S.R. a 56 y 25 golpes difiere mucho de la encontrada entre 25 y 12 golpes, es aconsejable ensayar probetas compactadas con números de golpes intermedios entre 12 y 25; y entre 25 y 56, con el fin de averiguar cual es la zona crítica y adoptar, en consecuencia, las especificaciones.

ENSAYO DE VALOR SOPORTE

RUTA N°..... PROVINCIA..... TRAMO.....

SECCIÓN..... PROGRESIVA.....

Muestra de obra N°..... Muestra de LaboratorioN°..... Nota N°..... Fecha...../...../.....

Ensayo de Compactación Tipo.....

Ensayo de Compactación de la Probeta:

Estático.....

Estático Densidad Establecida.....

Dinámico.....

L.L.	L.P.	I.P.	H.R.B.	PROCTOR	
				H. Opt.	D. Máx.

ARO DE:	Kg.
Cte. K.	
SOBRECARGA	Kg.

ESPESOR DISCO ESPACIADOR

VALOR SOPORTE
ADOPTADO:

MOLDE N°	PESO M+S+A	PESO MOLDE	PESO S+A	VOLUMEN MOLDE	DENSID. HÚMEDA	HUMEDAD %	DENSID. SECA	ALTURA PROBETA	HINCHAMIENTO				HINCHAM. %	PROBETA EMBEBIDA	HUMEDAD FINAL
									1° DIA	2° DIA	3° DIA	4° DIA			
PENETRACIÓN			0.63	1.27	1.90	2.54	3.81	5.08	7.62	10.16	12.70	V.S.			
FACTOR CALCULO (n)						K. 0.0738		K. 0.0492	K. 0.0389	K. 0.0321	K. 0.0284				
MOLDE N°	Lectura dial														
	Lectura corregida														
	Fact.cal.xLect.correg.														
MOLDE N°	Lectura dial														
	Lectura corregida														
	Fact.cal.xLect.correg.														
MOLDE N°	Lectura dial														
	Lectura corregida														
	Fact.cal.xLect.correg.														

Observaciones:.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Fecha:..... Fecha:.....

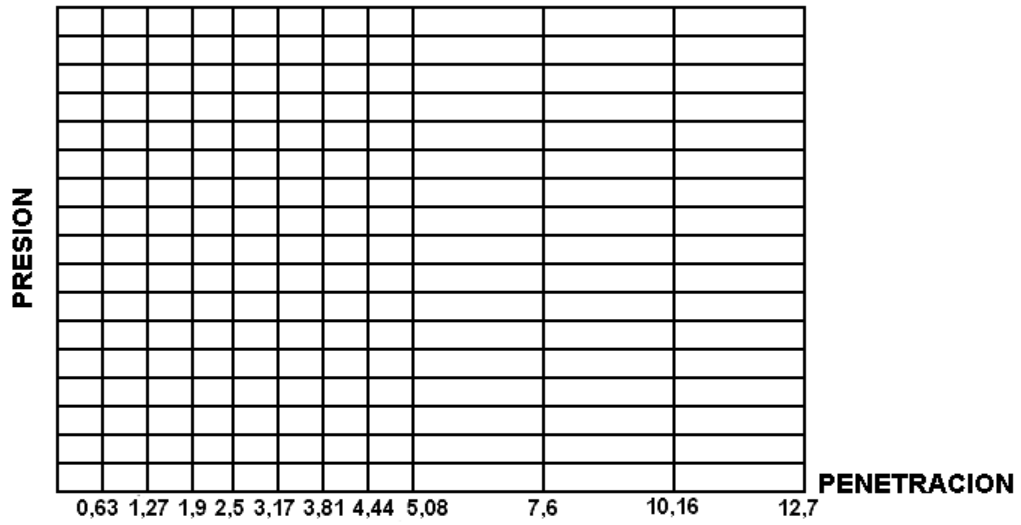
Laboratorista Jefe

V.S. = n x L.c.

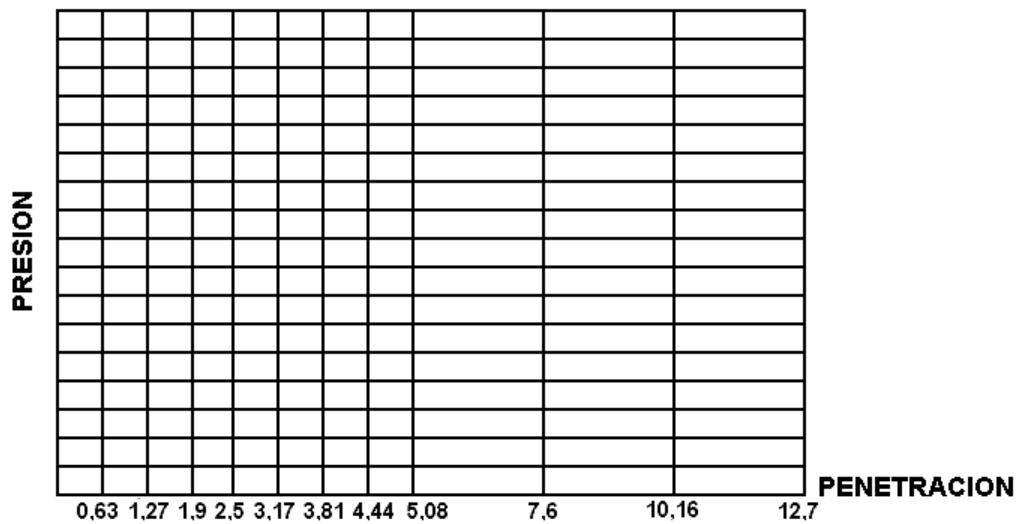
Planilla N° 1

CURVAS DE PENETRACION

MOLDE N°



MOLDE N°



MOLDE N°

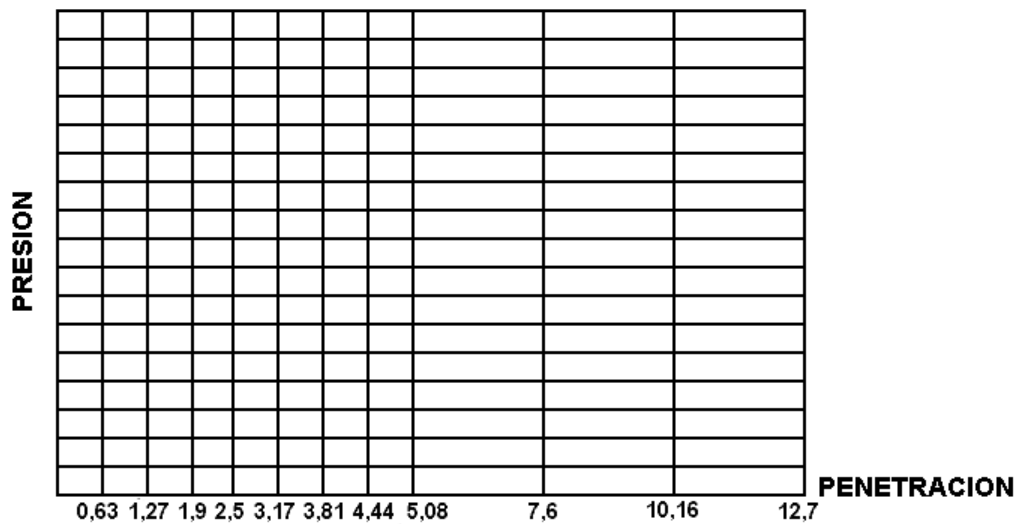
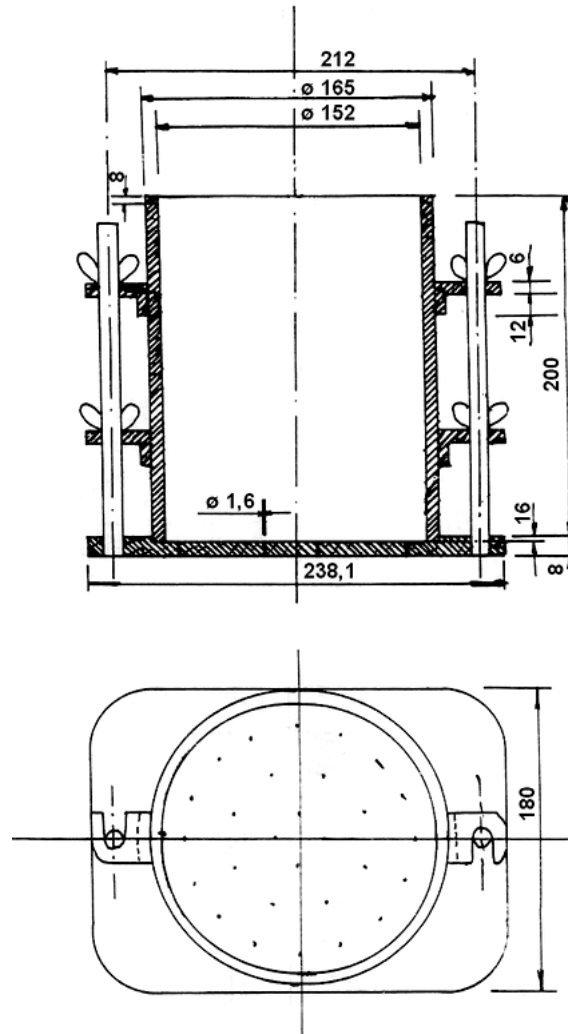


Figura N° 1

**MOLDE PARA LA DETERMINACION
DEL VALOR SOPORTE**



**BASE PERFORADA.
EN CADA LABORATORIO SE DEBERA CONTAR
CON UNA BASE SIN PERFORACIONES.**

PLATO PERFORADO CON VASTAGO REGULABLE

CON 42 PERFORACIONES IGUALMENTE ESPACIADAS ENTRE SI, DE ϕ 1,5 mm.

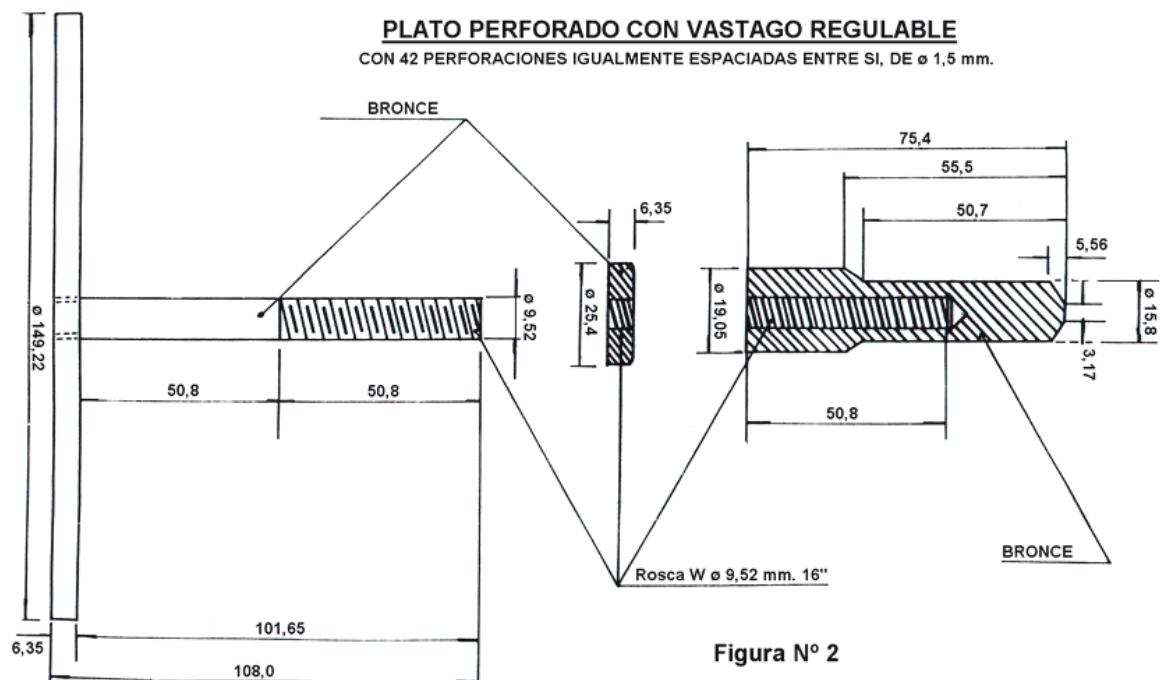


Figura N° 2

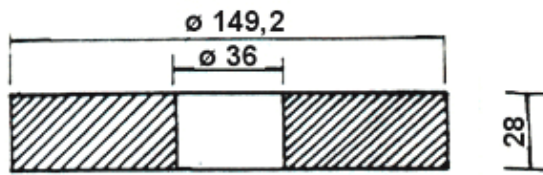


Figura N° 3

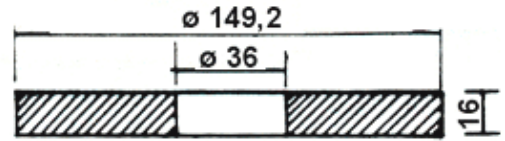
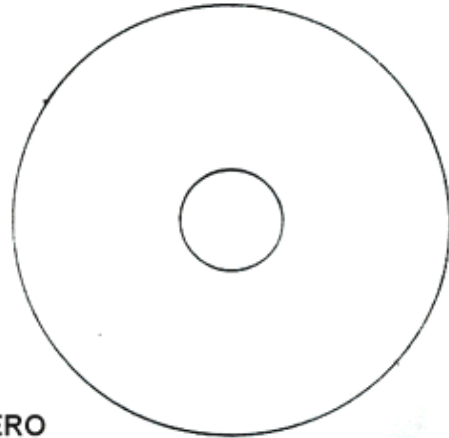
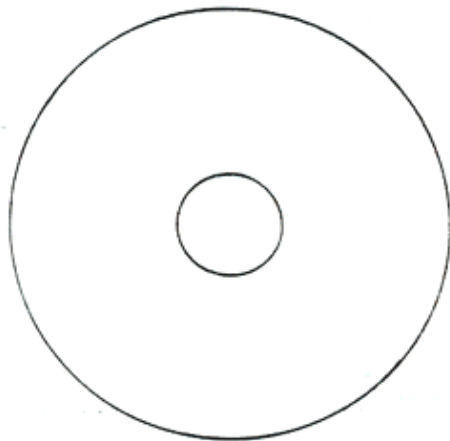


Figura N° 4



PESAS

MATERIAL: ACERO
TRATAMIENTO: CINCO A FUEGO
(NORMA IRAM N° 252)

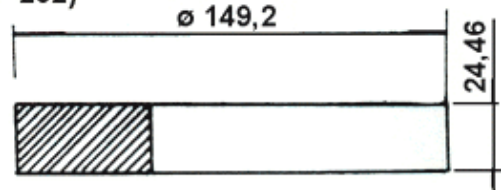
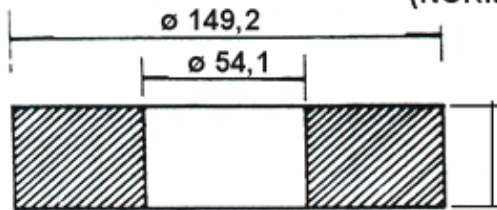
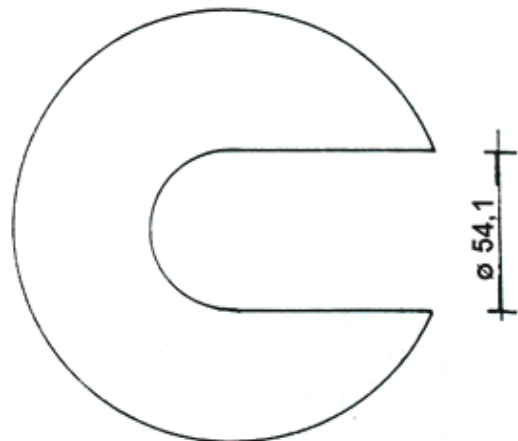
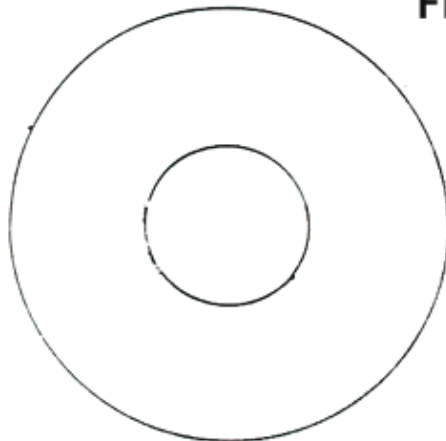
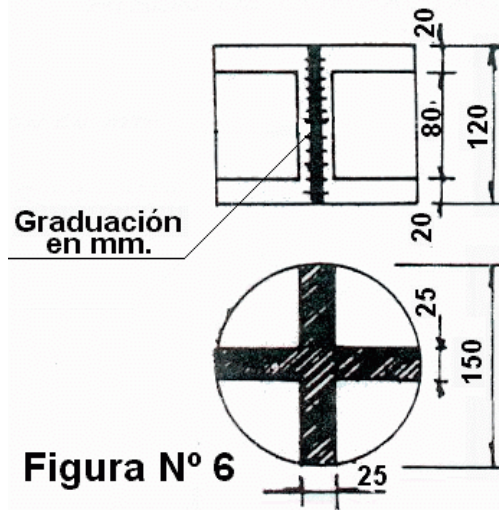


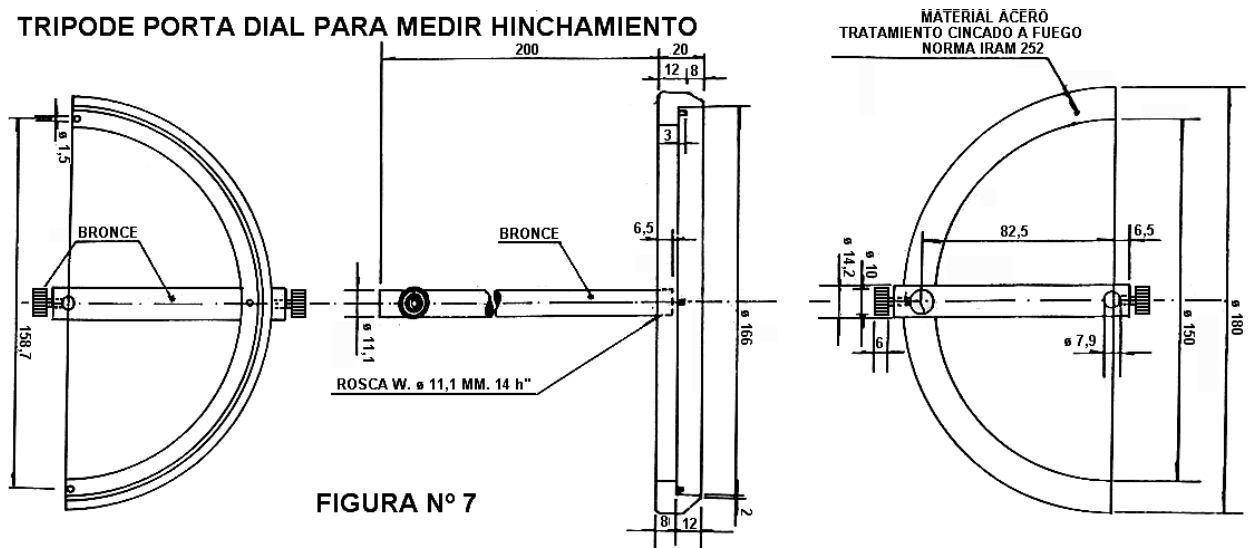
Figura N° 5



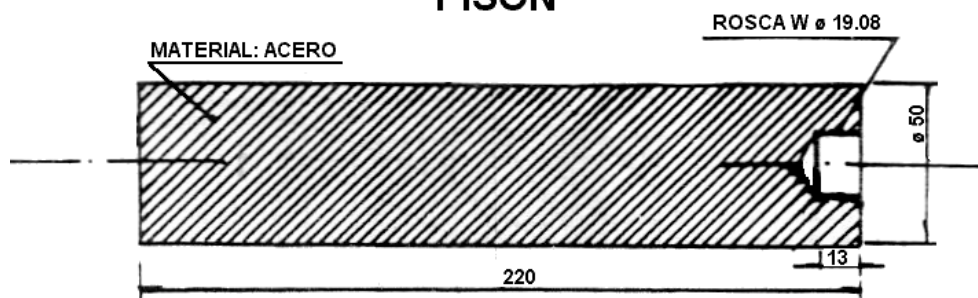
PISON DE COMPACTACION



TRIPODE PORTA DIAL PARA MEDIR HINCHAMIENTO



PISON



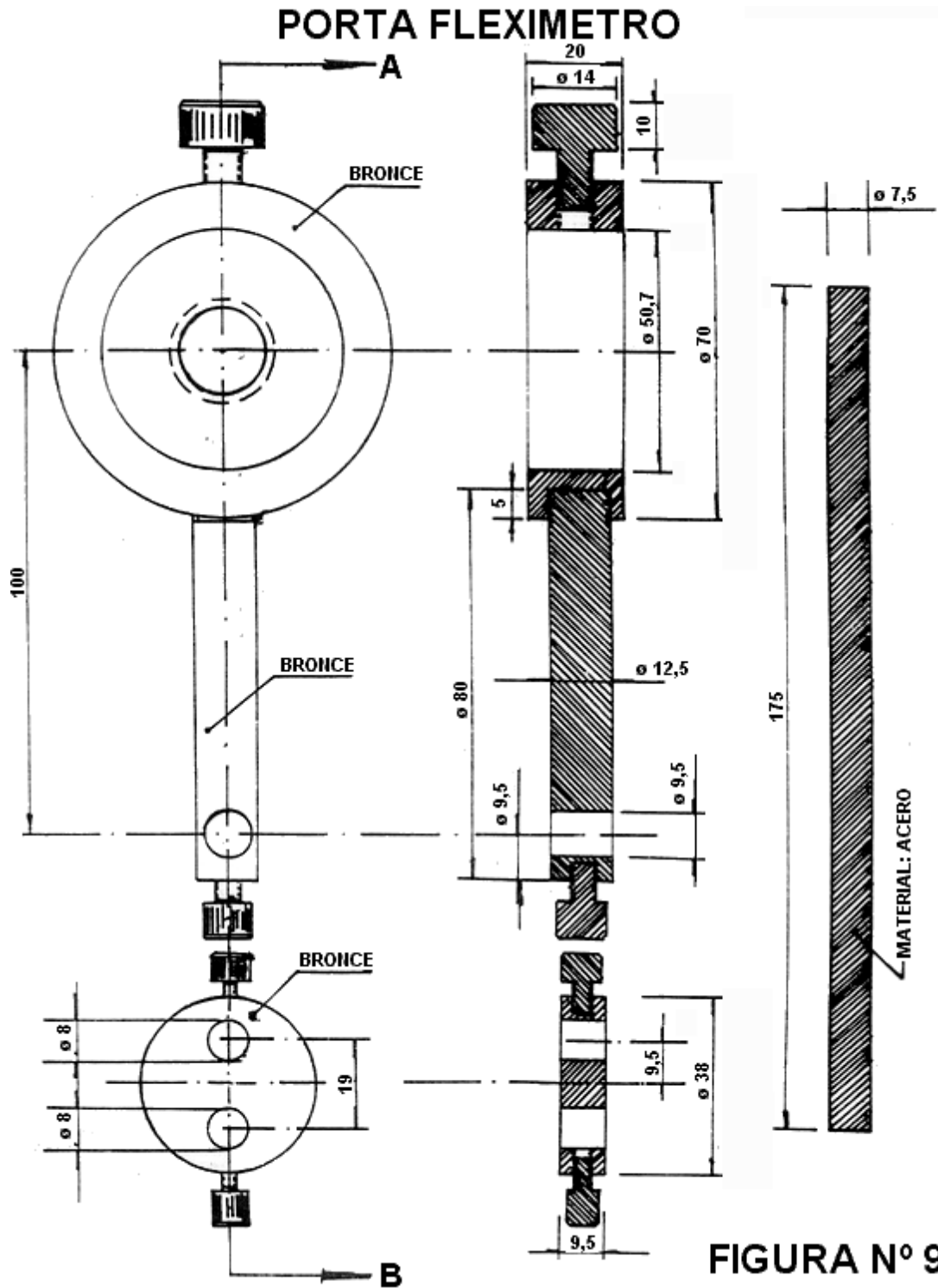
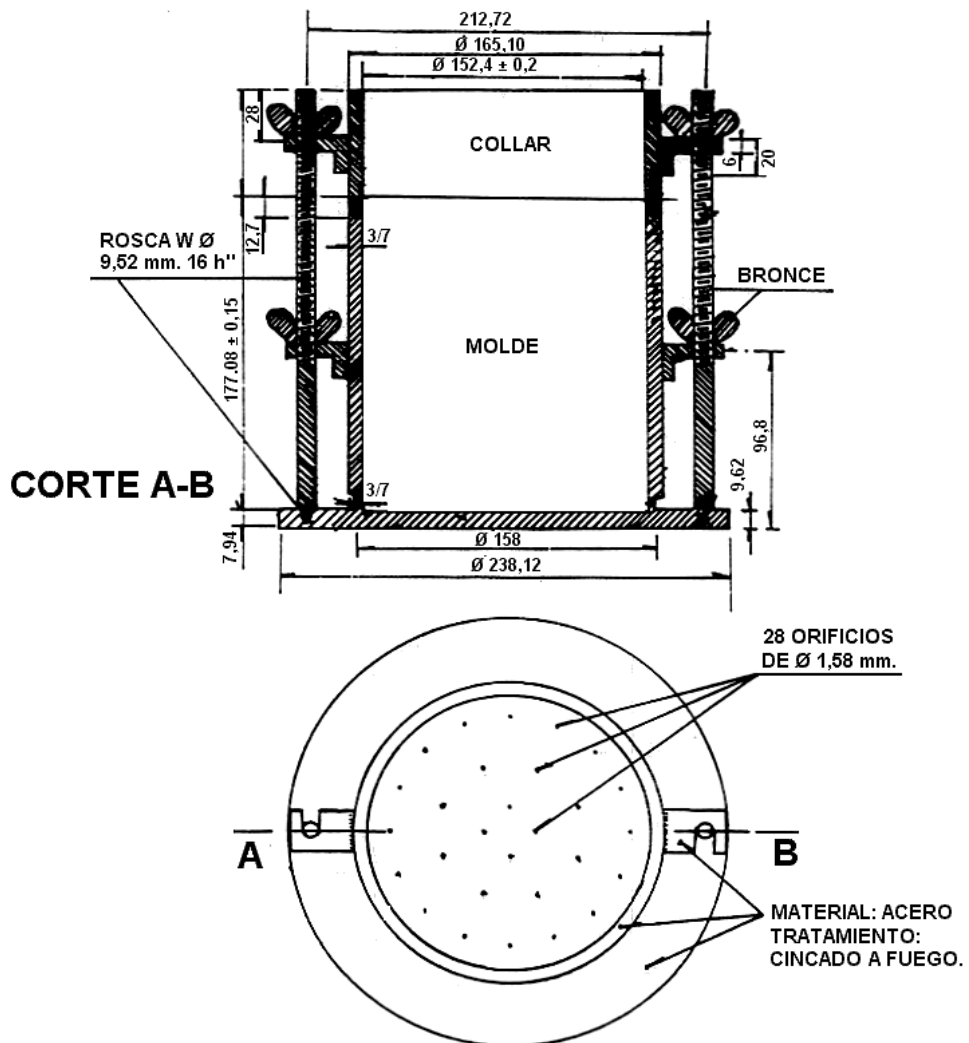
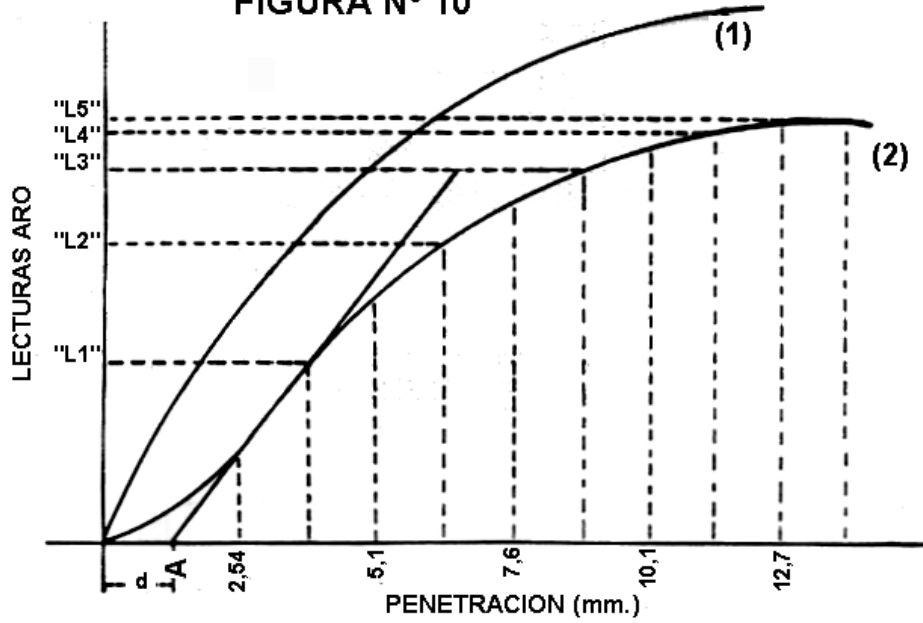


FIGURA N° 10



DISCO ESPACIADOR

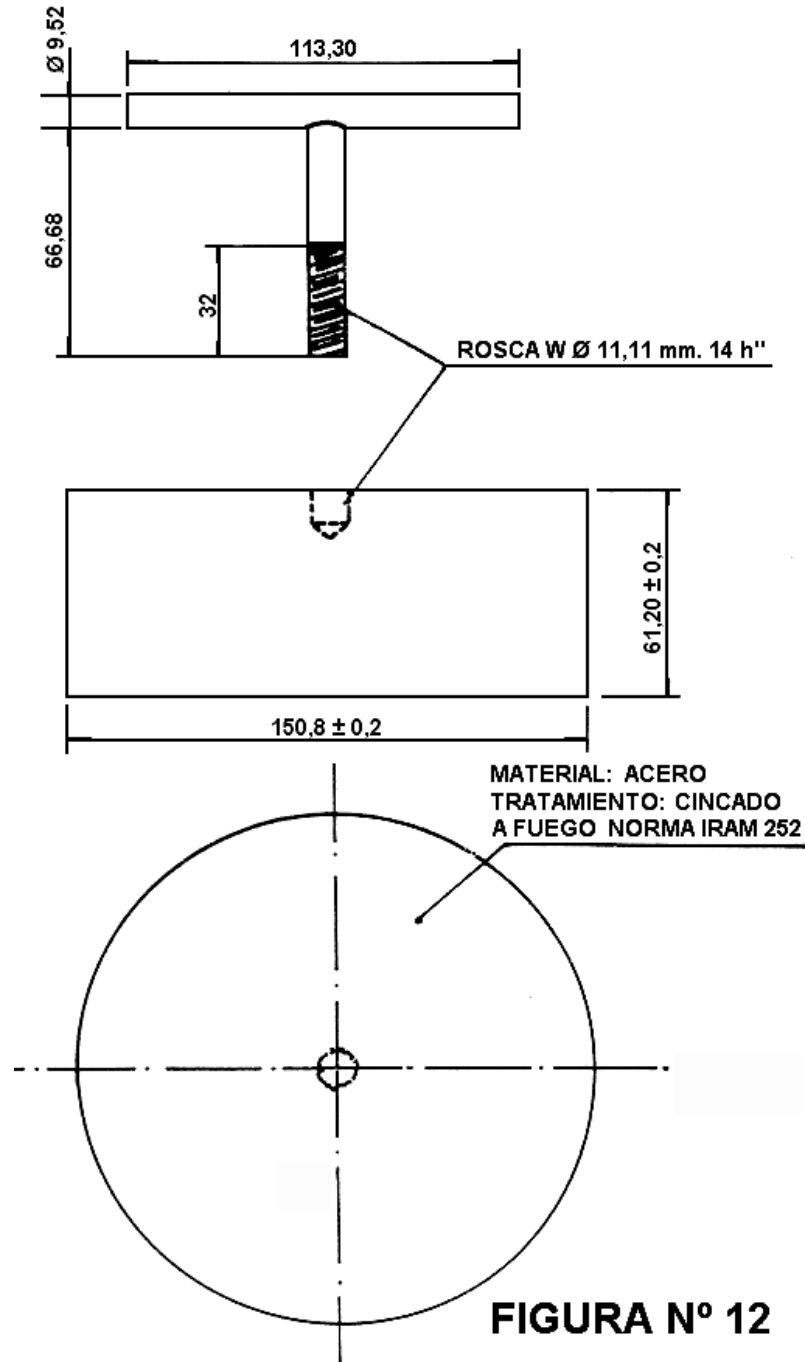
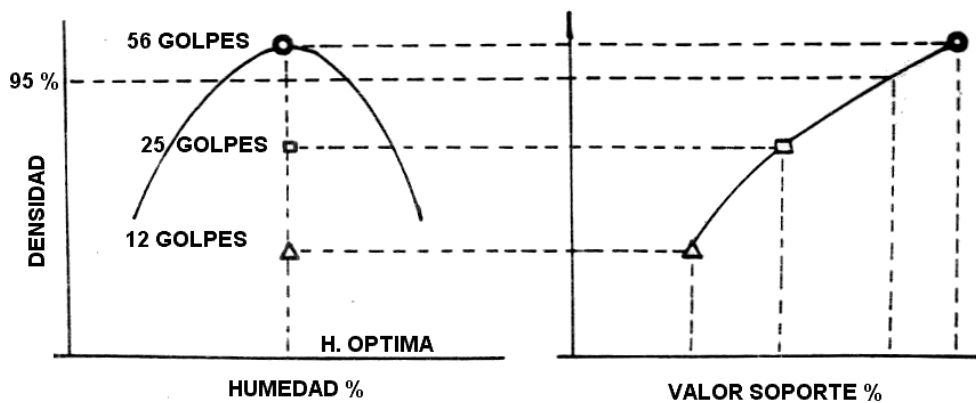


FIGURA N° 12

FIGURA N° 13



DENSIDAD-ESFUERZO DE COMPACTACION

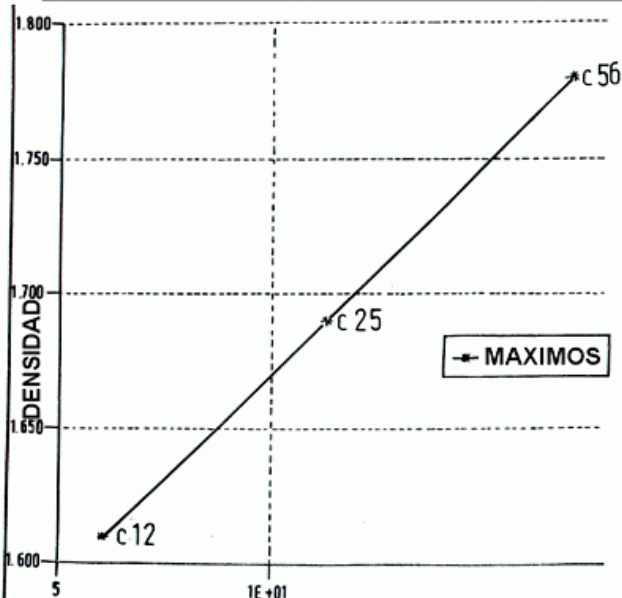


FIGURA 1 ESFUERZOS DE COMPACTACION

SUELO LL= 36%
IP= 13%

DENSIDAD - HUMEDAD

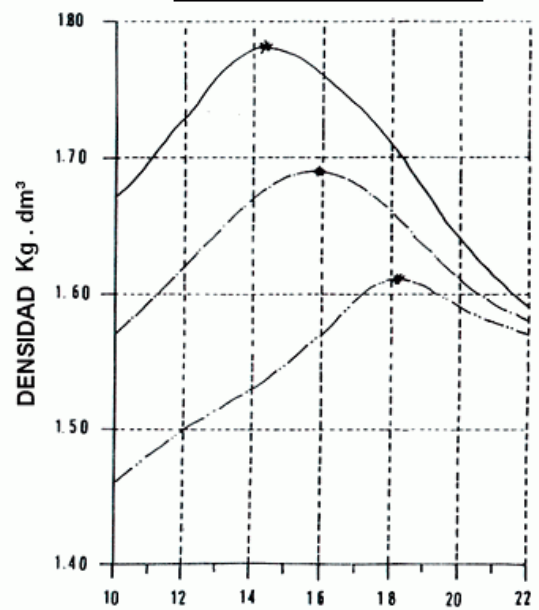


FIGURA N° 2 HUMEDAD %

SUELO LL= 36%
IP= 13%

—	c. 56
- - -	c. 25
· · ·	c. 12

FIGURA N° 14 a

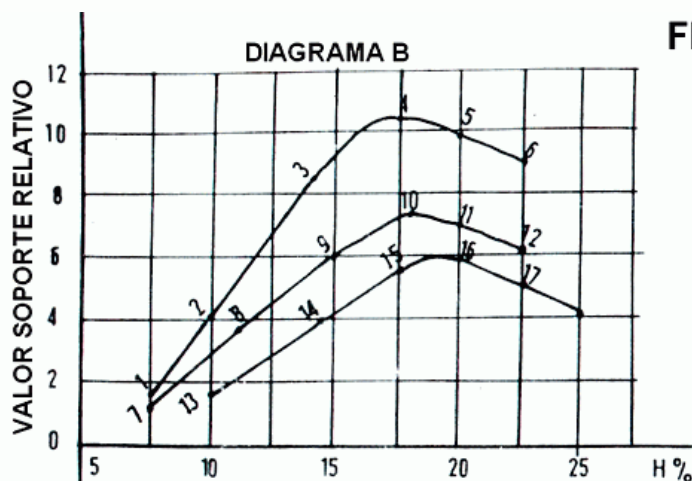
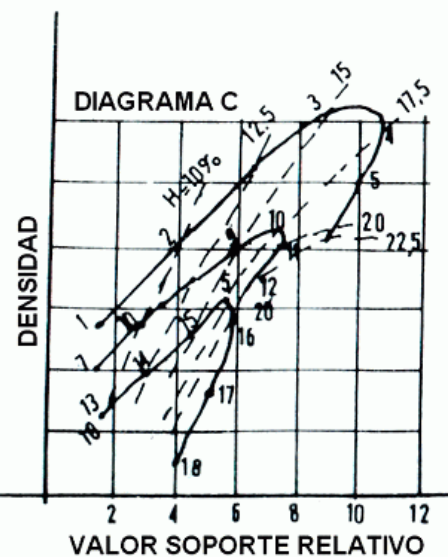
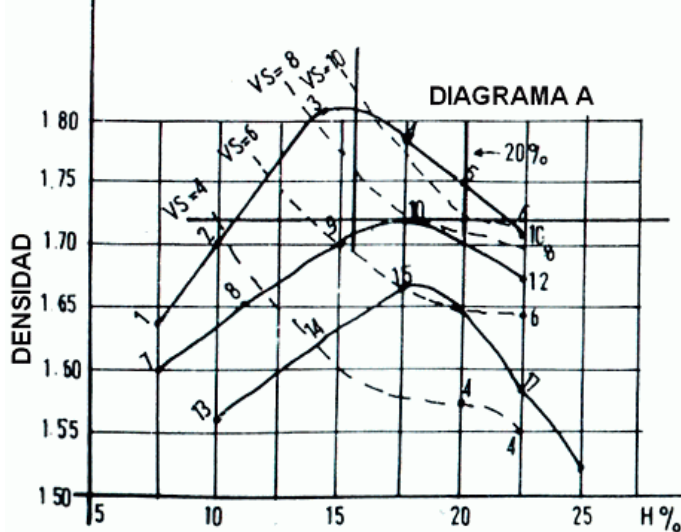


FIGURA N° 14 b

SUELO LL= 36%
IP= 13%



NORMA DE ENSAYO

VN - E8 - 66

CONTROL DE COMPACTACIÓN POR EL MÉTODO DE LA ARENA

[índice](#)

8.1. OBJETOS

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para determinar en el terreno el peso unitario de un suelo compactado, corrientemente denominado densidad, y establecer si el grado de compactación logrado cumple las condiciones previstas.

8.2. APARATOS

- a. Dispositivo que permite el escurrimiento uniforme del material utilizado para la medición del volumen, ver figura N° 1.
- b. Cilindro de hierro de las características y dimensiones indicadas en la figura N° 2.
- c. Bandeja de hierro, con orificio central, de las dimensiones y características indicadas en la figura N° 3.
- d. Cortafríos, cucharas, espátulas u otras herramientas adecuadas para efectuar un hoyo en el terreno y retirar el material removido.
- e. Balanza de por lo menos 5 Kg. de capacidad con sensibilidad de 1 gramo.
- f. Frascos o latas con cierre hermético (para recoger el material retirado del hoyo).
- g. Bolsa de material plástico y/o recipiente de plástico u otro material con tapa preferentemente roscada, de 4 lt. o más de capacidad.
- h. Tamices IRAM 850 μm . (N° 20) y 600 μm (N° 30)
- i. Elementos de uso corriente en laboratorio: probetas, espátulas, palas, pinceles de cerda etc.

8.3. CALIBRACIÓN DEL APARATO

- a. Se seca en la estufa, hasta peso constante, 20 a 25 Kg. de arena silícea de granos redondeados y uniformes.
- b. Por tamizado se separa la fracción que pasa tamiz IRAM 850 μm . (N° 20) y queda retenida en el tamiz IRAM 600 μm . (N° 30).

NOTA

No es indispensable utilizar estos tamices. Pueden elegirse cualesquiera dos tamices de la serie IRAM, siempre que la arena obtenida cumpla con la condición de que dos determinaciones consecutivas de su peso unitario (ap. 8.3. f), no dan variaciones mayores del 1 %.

No conviene emplear arena muy fina porque se puede trabar al libre movimiento del robinete y provocar vibraciones que modificarían la acomodación de la arena al caer en el pozo.

- c. Se determina el volumen, V_c , del cilindro (ap. 8.2. b). hasta los 150 mm. de altura.
- d. Se verifica el buen funcionamiento y ajuste de las partes móviles del aparato indicado en ap. 8.2. a.

- e. Se llena el recipiente superior del dispositivo (ap. 8.2. a). con un peso conocido, P1, de la arena preparada según el ap. b. Se apoya firmemente el embudo sobre una superficie plana y rígida, se abre el robinete rápidamente $\frac{1}{4}$ de vuelta de tal modo que la arena fluya libremente, hasta constatar que el embudo está totalmente lleno. Se cierra el robinete y se pasa la cantidad de arena sobrante en el recipiente superior, P2.
Por diferencia se determina el peso de la arena necesaria para llenar el embudo, $P_e = P_1 - P_2$.
Esta operación se repite cuidadosamente tres veces y se establece como valor de P_e el promedio. Los valores individuales no deberán diferir entre sí más de 5 g.
- f. Se apoya el embudo en el encastre superior del cilindro, de volumen conocido V_c , colocado sobre una superficie perfectamente lisa.
Se carga el recipiente superior con el mismo peso de arena P1 que se utilizó en el ap. e. Se gira el robinete rápidamente $\frac{1}{4}$ de vuelta, esperando hasta que la arena termine de correr y se determina el peso, P3, de la arena que quedó en el recipiente.
Se repite cuidadosamente tres veces esta operación y se toma como valor de $P_1 - P_3$ al promedio las tres determinaciones. Los valores individuales de cada determinación no deberán diferir entre sí en más de 10 g.
- g. Se pesan varias cantidad de arena zarandeada iguales a P1 y se introduce cada una de ellas en un envase adecuado (ap. 8.2. g). Conviene preparar dos o tres medidas más de arena que el número de ensayos que se prevé efectuar.

8.4. PROCEDIMIENTO

- a. Si el lugar donde debe realizarse la determinación presenta una superficie lisa, se elimina todo el material suelto con el pincel seco y se apoya el embudo del dispositivo, ap. ap. 8.2. a, marcando su contorno para que después de ejecutado el hoyo, cuya densidad piensa determinarse, sea posible colocar el embudo en el mismo lugar.
Si la superficie presenta pequeñas irregularidades, antes de eliminar el polvo con el pincel se empareja con una pala ancha.
- b. Con ayuda del cortafrió y la cuchara, o con cualquier otra herramienta adecuada, ap. 8.2.d, se ejecuta un hoyo cuyo diámetro será por lo menos de 10 cm. en el caso de suelos finos y tendrá el valor máximo (16 cm.) cuando se trate de suelos granulares. Sus paredes serán lisas verticales, con una profundidad igual al espesor que pretenda controlarse. Se recoge cuidadosamente todo el material retirado del hoyo, colocándolo dentro de uno de los frascos de cierre hermético (ap. 8.2.f), a medida que se lo va extrayendo.
Completada la perforación se ajusta el cierre y se identifica el frasco debidamente.
- c. Se vacía el contenido de uno de los envases, preparado según lo establecido en ap. 8.3 g., en el recipiente superior del aparato, ap. ap. 8.2. a, colocado previamente con su embudo en coincidencia con la marca dejada en la superficie (apartado a.)
- d. Se abre el robinete rápidamente $\frac{1}{4}$ de vuelta, evitando trepidaciones y se hace fluir libremente la arena dentro de hoyo hasta que permanezca en reposo. Se cierra el robinete y se recoge la arena sobrante en el recipiente, colocándola debidamente identificada en el mismo envase en que venía. Se levanta con cuidado la arena limpia que cayó y se guarda en un recipiente cualquiera para utilizarla posteriormente, previo retamizado.
- e. Si la superficie en donde se efectúa la determinación es irregular y no es posible emparejarla, la operación debe realizarse utilizando la bandeja (ap. 8.2.c) para tener en cuenta el volumen de arena necesario para alisar la cara superior de la

- perforación. Es necesario en este caso, para cada hoyo, disponer de dos envases llenos de arena de peso P1.
- f. En el lugar elegido se limpia cuidadosamente la superficie eliminando con el pincel todo el material suelto. Se coloca sobre la misma bandeja (ap. 8.2.c), asegurándola en forma tal que no pueda moverse. Se coloca el dispositivo (ap. 8.2. a) introduciendo el embudo en el orificio de la bandeja, hecho esto se llena el recipiente superior con el contenido de uno de los envases. Se abre el robinete permitiendo que la arena fluya hasta que se mantenga en reposo. Se retira el aparato y se vierte la arena sobrante en el envase cuyo contenido se utilizó. Por diferencia se obtiene luego el peso de la arena utilizada, Pe1.
 - g. Se limpia toda la arena suelta que cayó sobre la superficie del pozo y la bandeja. Se realiza luego, cuidando de no mover la bandeja, un hoyo en el espesor a controlar con diámetro igual al del agujero de la bandeja y se continúa la determinación en la forma ya indicada en el apartado 8.4. b),c) y d).
 - h. Se pasa todo el material depositado en el recipiente hermético, al efectuar el hoyo. Llamemos Ph a este peso.
 - i. Se coloca dicho material en una bandeja y se seca a estufa a 105 - 100° c hasta peso constante. Llamemos Ps a dicho paso.
 - j. Se pasa la arena sobrante de la operación descrita en el ap. 8.4.d. Llamemos P4 a este peso.

8.5. CALCULOS

- a. Constante del embudo: Es igual al peso de la arena que llena el embudo cuando este apoya sobre una superficie plana (ver ap.8.3.c)

Su valor es: $Pe = P1 - P2$

- b. Peso unitario de la arena seca: Se lo obtiene aplicando de fórmula (ver ap. 8.3. f):

$$da = \frac{P1 - P3 - Pe}{Vc}$$

Donde:

P1= Peso de la arena colocada en el recipiente antes del ensayo.

P3= Peso arena remanente.

Pe= Constante del embudo.

Vc= Volumen del cilindro.

- c. Densidad de la muestra seca.

Si se realizó la determinación sobre una superficie lisa (ap.8.4.a), se calcula con la fórmula:

$$Ds = \frac{Ps \times da}{P1 - P4 - Pe}$$

Donde:

Ds= Densidad del suelo seco.

Ps= Peso del suelo seco

da= Peso unitario de la arena seca

P1= Peso inicial de la arena empleada en la determinación.
P4= Peso de la arena sobrante
Pe= Constante del embudo.

Si se efectuó la determinación sobre una superficie irregular, ap. 8.4.e, la fórmula a aplicar es:

$$D_s = \frac{P_s \times d_a}{P_1 - P_4 - P_{e1}}$$

Donde P_s , d_a , P_1 y P_4 tienen la significación antes expresada y P_{e1} es el peso de la arena utilizada descrito en ap. 8.4.f.

d. La humedad de la muestra: En el momento del ensayo se calcula mediante la expresión:

$$H\% = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

Donde:

H= Contenido de humedad, en porcentaje.
Ph= Peso del suelo húmedo.
Ps= Peso del suelo seco.

e. Grado de compactación logrado: Se establece aplicando la fórmula:

$$C = \frac{D_s}{D} \times 100$$

Siendo:

C= Porcentaje de compactación obtenido con relación a la compactación especificada.

D_s = Densidad lograda (Kg./dm^3 .)

D= Densidad (en Kg./dm^3) que debió obtenerse según lo indicado en el Pliego de Especificaciones de la obra.

8.6. OBSERVACIONES

- Es de gran importancia que el material empleado (arena) para llenar el pozo esté constituido por granos de tamaño, naturaleza y peso uniforme, lo más redondeados que sea posible, a fin de asegurar una distribución homogénea, con un índice de vacíos aproximadamente constante.
- La humedad determinada en ap. 8.5.d no es indispensable para el cálculo de la densidad, pero es de gran utilidad su conocimiento para vigilar la marcha de la obra.
- La verificación del grado de compactación alcanzando, como se explica en ap. 8.5.e, se ajusta a lo establecido en los pliegos en vigencia.

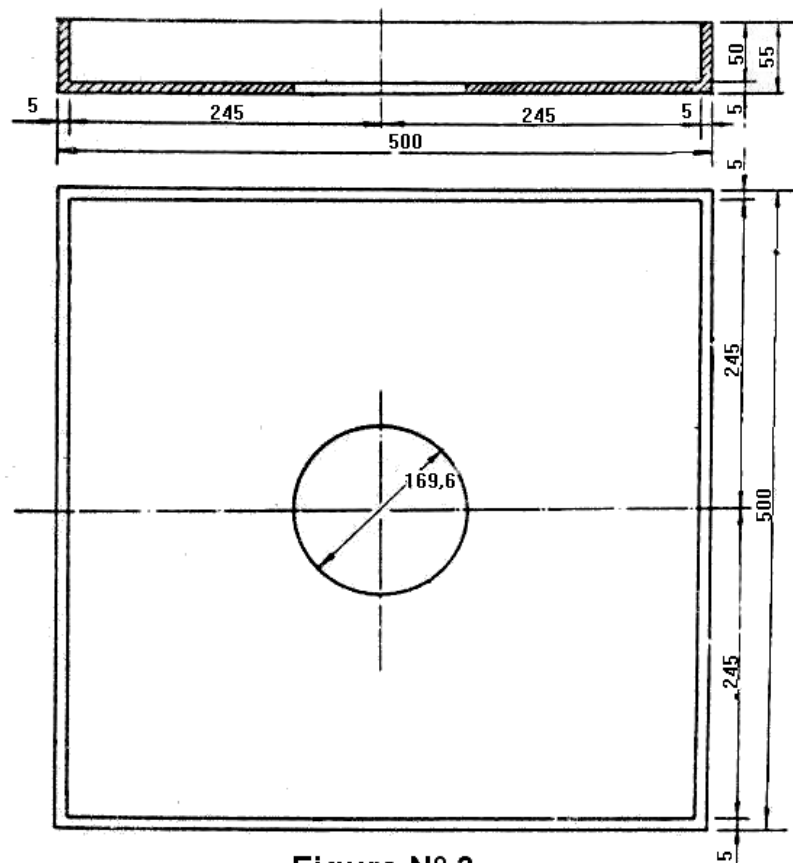
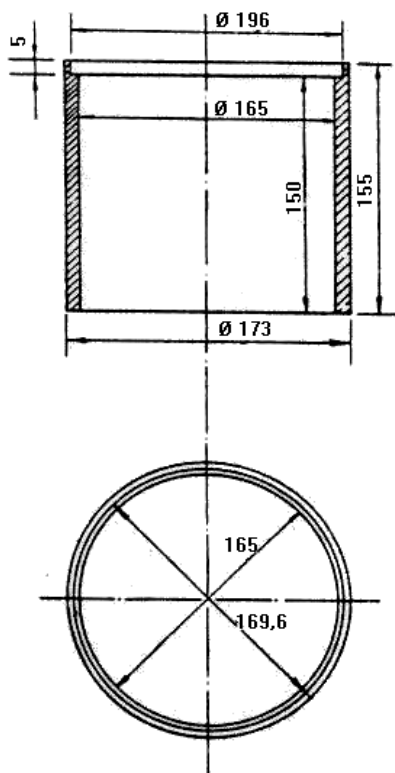
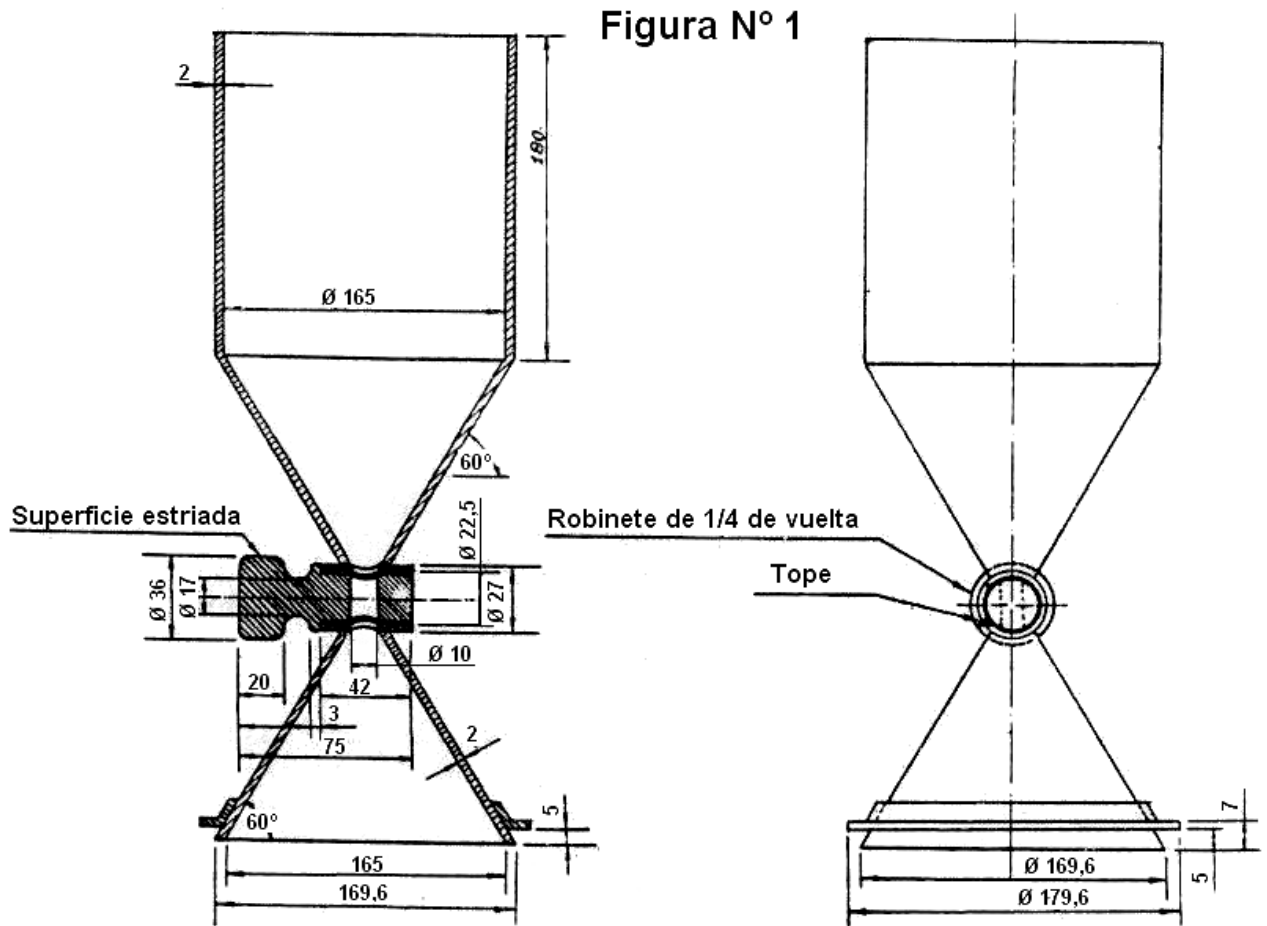


Figura N° 2

Figura N° 3

Nota: Todas las medidas estan expresadas en mm.

SECCIÓN INVESTIGACIONES APLICADAS
LABORATORIO DE SUELOS

RUTA.....TRAMO.....PROGRESIVA.....

CONTROL DE COMPACTACIÓN: (Método de la arena) Norma VN E 8

Constantes del equipo (1).....

{	Constante de Embudo..... Pe (g)	Referencias:
	Volumen del Cilindro.....Vc (cm ³)	
	Densidad de la Arena.....da (g/ cm ³)	

x: % requerido por Pliego de Especificaciones.
Dm: densidad máxima del Ensayo Proctor.

(1) Deben verificarse cada vez que se cambie de arena.

Progre- siva	Lado	MATERIAL EXTRAÍDO DEL POZO			Peso arena inicial P ₁	Peso arena sobrante P ₄	Peso arena que llena el pozo P _a = P ₁ -P ₂ -P _e	Volumen del pozo V Pa = $\frac{Pa}{da}$	Densidad lograda D _s Ps = $\frac{Ps}{V}$	Exigencia Especificac. x % Proctor x Dm dsp= $\frac{x Dm}{100}$	Porcentaje logrado $\frac{ds}{dsp} \times 100$
		Peso Húm. Ph g	Peso Seco Ps g	Humedad H (Ph-Ps) = $\frac{(Ph-Ps)}{Ps}$ %							

NORMA DE ENSAYO

VN - E31 - 69

“CONTROL DE HORMIGONES ELABORADOS EN OBRAS”

[índice](#)

31- 1 OBJETO

Esta norma detalla el procedimiento a seguir para el control de resistencia de hormigones ya sea de pastones de prueba o durante el colocado de estructuras

31- 2 APARATOS

- a) Carretilla playa, capacidad 30 lts bandeja de metal de 0,60 x 0,60 x 0,09 m
- b) Pala ancha.
- c) Cuchara de almacenero.
- d) Moldes cilíndricos de 15 cm. de diámetro y 30 cm. de altura, con sus respectivas bases.
- e) Barreta de 16 mm. de 60 cm. de longitud con punta roma.
- f) Enrasador de aproximadamente 10 mm. de espesor por 25 cm. de largo (se puede obtener de un trozo de hoja de elástico de camión)
- g) Tamiz IRAM 1,2 mm. (A.S.T.M. N° 16)
- h) Molde tronco - cónico y placa - base (para determinación de consistencia- Norma IRAM 1536)
- i) Metro o cinta con divisiones en centímetros.
- j) Varilla de 6 mm. de diámetro y 0,80 m de longitud con forma de aro de 3,5 a 4 cm de diámetro en un extremo (para improvisar una manija) y formando ancho en el otro.

31- 3 EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA

Cuando sea necesario extraer una muestra representativa del hormigón fresco, ésta deberá efectuarse de acuerdo a la Norma IRAM 1541. Por lo tanto se realizará la toma de la muestra a partir del 2º pastón, salvo casos especiales y no deberá ser inferior a 30 lts.

31- 4 LUGAR DE EXTRACCIÓN

Cuando se trate de hormigoneras pavimentadoras, la extracción se efectuará del material ya volcado sobre la subrasante.

Cuando se trate de tomar muestra de hormigoneras transportadoras a tambor giratorio, la toma se llevará a cabo varias veces durante la descarga, en períodos regularmente espaciados.

31- 5 PREPARACIÓN DE LOS MOLDES

- a) Dentro de obrador se localizará un lugar de base firme, donde serán llenados los moldes que previamente habrán sido engrasados en toda su superficie interna, con grasa mineral pero sin exceso.
- b) Los moldes para la preparación de las probetas para ensayo a compresión, serán perfectamente estancos (Norma IRAM 1534) y una vez cerrados, su borde superior no debe presentar ningún resalto a fin de poder efectuar un enrase perfecto de la cara correspondiente, después del llenado con el hormigón fresco.
- c) Cuando los moldes, ya sea por construcción o por el uso continuado, no fueran suficientemente estancos, deberá corregirse este inconveniente por medio de una pasta selladora, que se pueda recuperar y se obtiene de la siguiente manera:
En un recipiente se colocarán 1000 gr. de cera virgen y se pondrá en estufa a 100° C. Una vez fundida se agregarán 150 cm³ de aceite de lino cocido y 50 cm³ de aguarrás, una vez bien mezclado se retirará de la estufa, dejándolo enfriar si es posible en un molde hecho de cartón o cartulina.

31- 6 MEDIDA DEL ASENTAMIENTO

- a) Toda prueba de resistencia deberá ser complementada con la medida del asentamiento (Norma IRAM 1536). Esta prueba se efectuará con el molde tronco-cónico el que una vez humedecido será colocado en un extremo de la placa base también humedecida. El molde será llenado con el material de ensayo en tres capas, punzando cada capa 25 veces con la barreta de 16 mm. de diámetro, tratando en el punzonado de la primera capa de no golpear el fondo con la barreta y en las capas sucesivas que dicho punzonado llegue hasta la capa inmediata inferior. Una vez lleno será enrasada la superficie. Inmediatamente se retirará el molde suavemente en sentido vertical colocando este al lado del material desmoldado y sobre la capa base. El valor del asentamiento estará dado por la distancia medida en el eje de dicho material, hasta la proyección sobre el mismo de la altura del molde, que se efectuará con la misma barreta usada para el punzonado o una regla convenientemente condicionada para tal fin.
- b) Una vez efectuada la medida se podrá comprobar si el hormigón tratado está bien graduado, en cuando a su relación mortero y trabajabilidad, si golpeándolo suavemente los costados con la barra de punzonado, este va aumentando el asentamiento pero sin desmoronarse.
- c) El material para el llenado de los moldes, ya sea para control del asentamiento como para el de resistencia, deberá, después de mezclado, ser distribuido ya sea en la carretilla o en la bandeja en forma pareja. Luego dicho material se extraerá comenzando desde un borde, haciendo un corte con la cuchara de llenado (de almacenero) extrayendo el material hasta el fondo en cada corte y avanzando de esta forma sobre el resto de la mesa. Este procedimiento será necesario para mecanizar la labor de llenado, a fin de no influenciar al operador a seleccionar el material durante esta operación.

31- 7 LLENADO DE LOS MOLDES CILÍNDRICOS

- a) Seguidamente se procederá al colocado en los moldes, los que serán llenados simultáneamente por tercios, en la misma forma indicada en 3-6-a) para el llenado del tronco- cono, pero completando la acción en cada capa, con 20 sacudidas por cada lado del molde, pivoteando sobre el lado opuesto de la base del mismo y dejándolo caer desde 2,5 cm, de altura aproximadamente. Esta operación se

realizará con la varilla de 6 mm. de diámetro enganchando la base del molde en un lugar del sistema de unión a la base.

- b) Si al efectuar el llenado de las probetas se observaran granos de material mayores a 51 mm. deberán ser retirados, teniendo en cuenta que esa dimensión (mayor a 1/3 del diámetro de la probeta) alterará los valores de resistencia que deben ser bienes representativos del hormigón colado en obra.
- c) Una vez llenos los moldes, se procederá al primer enrasado del material contenido en los mismos esta operación se efectuará con el enrasador.

31- 8 REPOSO DE LAS PROBETAS

Las probetas, en las condiciones dadas, serán llevadas a un lugar cubierto, de poca circulación, húmedo y de temperatura ambiente lo más aproximadamente posible a 20°C. Si hubiera que trasladar los moldes después de su llenado, a un lugar adecuado como el descrito, se lo hará inmediatamente y se verificará nuevamente en enrase de manera que no quede ninguna porción de material sobre el nivel del borde del molde, para no perturbar la superficie de la probeta al efectuar el encabezado de la misma. Este se efectuará después de reposo que se mantendrá durante 3 o 4 hs. o sea hasta el comienzo del fragüe del cemento y una vez producida la retracción del material.

31- 9 ENCABEZADO DE LAS PROBETAS

- a) Se tamizará por el Tamiz IRAM 1,2 mm. (N° 16) 500 gr. de arena (para tres probetas) la que se mezclará en seco con 250 gr. de cemento (relación 1:2 en peso) y luego se le agregará agua hasta producir un mortero de consistencia suficientemente plástica.
- b) El mortero para el encabezamiento se colocará en el centro de la cara de la probeta y se extenderá hacia los bordes con el enrasador, presionando el material y alisando con movimientos de vaiven, hasta producir un plano bien determinado y liso en toda su superficie, a fin de evitar la concentración de cargas al someter la probeta al ensayo de resistencia (ver observaciones)

31- 10 DESMOLDE DE LAS PROBETAS

- a) La identificación de las probetas deberá efectuarse una vez transcurridas las 24 hs. desde su colado. Tratando en todo el proceso de no golpearlas o dañar sus aristas.

31- 11 IDENTIFICACION DE LAS PROBETAS

- a) El curado de las probetas hasta 28 días desde el momento de colado se hará por inmersión en agua en la que se colocarán las probetas una vez efectuado el desmolde y marcación. No deberán colocarse en el curso de aguas o sea en un lugar de continua corriente. En el caso de efectuarse el curado en un tanque o pileta, deberá evitarse toda acidez en el agua agregando a esta una porción de cal, en relación de 3 % en peso.
- b) Después de los 28 días, cuando la probeta haya sido curada por inmersión en agua deberá ser retirada de ésta y mantenida en condiciones húmedas hasta el momento del ensayo.
- c) Cuando la probeta se retira del agua para ser ensayada, el ensayo se efectuará a las 2 o 3 horas de esta operación.

- d) Toda las operaciones descriptas, tanto las de ejecución de la probeta, como las de curado, deben tratar de realizarse con temperaturas lo más próximas posibles a los 21°C. Cuando las condiciones óptimas necesarias no hayan sido logradas y la temperatura no se halle entre los límites extremos de $21 \pm 3^\circ\text{C}$, deberá constar dicha temperatura en el informe correspondiente al ensayo.

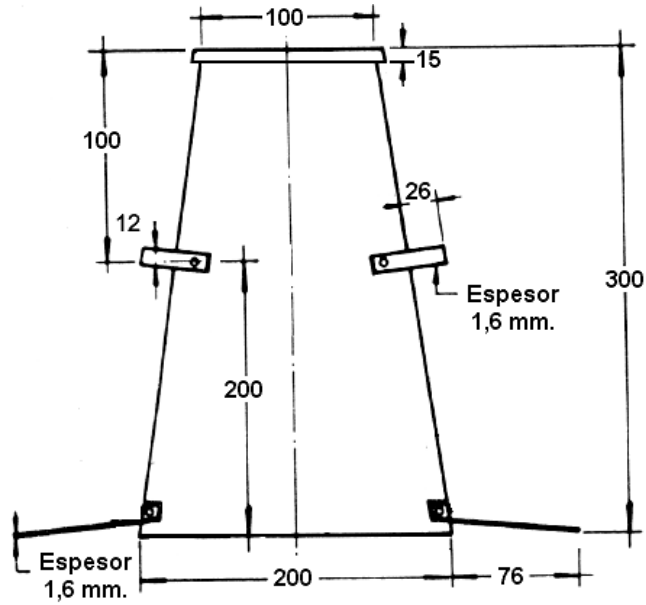
31- 12 – CURADO DE LAS PROBETAS

- a) El curado de las probetas hasta 28 días desde el momento de colado se hará por inmersión en agua en la que se colocarán las probetas una vez efectuado el desmolde y marcación. No deberán colocarse en el curso de aguas o sea en un lugar de continua corriente. En el caso de efectuarse el curado en un tanque o pileta, deberá evitarse toda acidez en el agua agregando a esta una porción de cal, en relación de 3 % en peso.
- b) Después de los 28 días, cuando la probeta haya sido curada por inmersión en agua deberá ser retirada de ésta y mantenida en condiciones húmedas hasta el momento del ensayo.
- c) Todas las operaciones descriptas, tanto las de ejecución de la probeta, como las de curado, deben tratar de realizarse con temperaturas lo más próxima posibles a los 21°C. Cuando las condiciones óptimas necesarias no hayan sido logradas y la temperatura no se halle entre los límites extremos de $21^\circ \pm 3^\circ\text{C}$, deberá constar dicha temperatura en el informe correspondiente al ensayo.

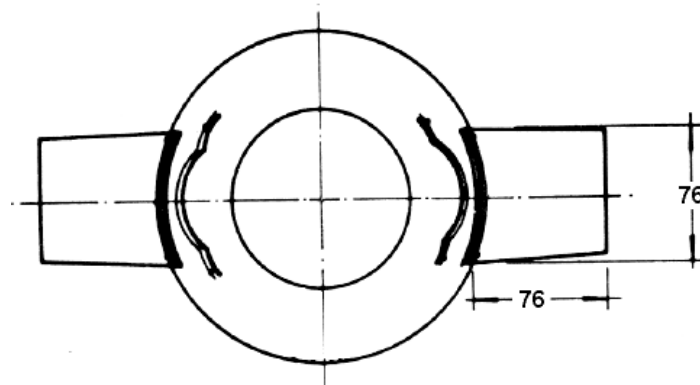
31-13 OBSERVACIONES

Para que las prevenciones tomadas en el enrase y alisado de la superficie sean efectivas, es indispensable que los bordes del molde concuerden al efectuar el armado de los mismos. Si por defecto de los moldes no se pudiera realizar esta operación, deberán ser rectificadas para que cumplan esta condición.

Deberá agotarse, por lo tanto, todas las medidas, tendientes a evitar un encabezado posterior de la probeta, porque, aunque este prevista su realización con el recurso de pastas y morteros especiales requiere técnicas más laboriosas y delicadas que la expuesta, la que asegura, sin lugar a dudas, una transmisión adecuada de esfuerzos a la estructura de la probeta durante su ensayo.



Vista Lateral



Vista Superior

Todas las medidas expresadas en mm.

CONO DE ABRAMS

