

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“ESTUDIO DE LAS FORMAS DE PROTECCIÓN Y
HUMEDAD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN
DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2016”**

Presentado por

Bach. Percy Mateo SONCCO PAREDES

JULIACA – PERÚ

2016

DEDICATORIA

“A MI AMADO DIOS, QUE GRACIAS A EL TENGO VIDA, Y ES POR SU VOLUNTAD CULMINAR MI CARRERA PROFESIONAL. GRACIAS.”

“A MI QUERIDO PADRE Y A MI QUERIDA MADRE, QUIENES CON MUCHO AMOR, ESFUERZO Y SACRIFICIO HICIERON POSIBLE LA CULMINACION DE MI ESCUELA PROFESIONAL. GRACIAS”

Percy Mateo Soncco Paredes

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial para todos mis docentes, quienes hicieron posible que me forme profesionalmente y por su esfuerzo constante para que nosotros sus alumnos aprendamos la Ingeniería Civil de la mejor manera posible.

Como también un agradecimiento a esta casa de estudios “Universidad Alas Peruanas”, a mi Facultad de Ingenierías y Arquitectura, a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación que lleva por título: “ESTUDIO DE LAS FORMAS DE PROTECCIÓN Y HUMEDAD EN LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN DE LA CIUDAD DE JULIACA - 2016” está orientado al análisis de la humedad y sus procedimientos de protección en la construcción de las diferentes infraestructuras de la ciudad de Juliaca.

Las interrogantes de investigación a las que el trabajo responde son: ¿La presencia de la humedad perjudica en las diferentes construcciones de las infraestructuras?

La investigación tuvo como objetivo general: Establecer las causas de la presencia de la humedad perjudicial en las construcciones y proponer obras e protección e impermeabilización a fin de incrementar su vida Útil. Sus objetivos específicos fueron: Determinar el comportamiento del agua en las construcciones y su efecto nocivo; y Establecer obras de drenaje de bajo costo y actividades de conservación y mantenimiento; y Proponer obras de protección e impermeabilización en los materiales deteriorados por humedecimiento.

Las conclusiones a las que se llegó luego de la investigación fueron: El agua en las viviendas, ocasiona deterioros en la construcción y en la salud, El hombre desde épocas remotas ha tenido preocupación por la humedad, por ser causa de insalubridad. La presencia de la humedad en las construcciones, ha permitido al hombre desarrollar y perfeccionar la construcción de edificios, La presencia de humedad ha permitido un desarrollo en la fabricación de tuberías y accesorios que se utilizan en las instalaciones interiores, La presencia de la humedad por capilaridades la más frecuente en las construcciones, seguidas por las filtraciones de aguas de lluvia, La presencia del agua en las habitaciones provoca enfermedades de diversa índole, Es necesario la utilización de materiales impermeabilizantes, de los que se tiene de diversas variedades, Es necesario tener muy en cuenta la poca profundidad de la napa freática, Los rellenos con materiales finos, ocasionan grandes alturas de ascensión capilar.

ABSTRACT

The present research work entitled "STUDY OF HUMIDITY AND PROTECTION PROCEDURES IN THE CITY OF JULIACA - 2016" is oriented to the analysis of humidity and its protection procedures in the construction of the different infrastructures of The city of Juliaca.

The research questions to which the work responds are: Does the presence of moisture affect the different constructions of the infrastructures?

The general objective of the investigation was to establish the causes of the presence of harmful moisture in buildings and to propose works and protection and waterproofing in order to increase their useful life. Its specific objectives were: To determine the behavior of water in buildings and their harmful effect; And Establish low cost drainage works and conservation and maintenance activities; And Propose works of protection and waterproofing in materials deteriorated by wetting.

The conclusions reached after the investigation were: Water in homes, causes deterioration in construction and health, Man from remote times has been concerned about moisture, as a cause of insalubrity. The presence of moisture in buildings has allowed man to develop and perfect the construction of buildings, The presence of moisture has allowed a development in the manufacture of pipes and fittings that are used in indoor installations, The presence of moisture by Capillarities the most frequent in the constructions, followed by the leaks of rainwater, The presence of water in the rooms causes diseases of various kinds, It is necessary to use waterproofing materials, which has several varieties, It is necessary to have Taking into account the shallow depth of the water table, fillings with fine materials, cause great heights of capillary ascension.

INDICE

CAPITULO I

JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

1.00	INTRODUCCION.	09
1.01	DESCRIPCION U UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	10
1.02	IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	12
1.03	FORMULACION DE OBJETIVOS	13
1.04	CARACTERISTICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA	15

CAPITULO II

DIAGNOSTICO DE LAS CONSTRUCCIONES DE LA CIUDAD DE JULIACA

2.00	INTRODUCCION	19
2.01	CONSTRUCCION DE MATERIAL TRADICIONAL	22
2.02	CONSTRUCCION DE MATERIAL NOBLE	24
2.03	FUNCIONAMIENTO DE LOS SERVICIO.	25
2.04	CLIMA Y PRECIPITACIONES	26
2.05	CONSERVACION Y MANTENIMIENTO DE CONSTRUCCIONES	35

CAPITULO III

ESTATICA DE FLUIDOS

3.00	INTRODUCCION	37
3.01	PRESION DE UN PUNTO DEL SUELO	38
3.02	PRESION EXPRESADA COMO LA ALTURA DE UN FLUIDO	40
3.03	PRINCIPIOS BASICOS DEL FLUJO DE FLUIDOS	41
3.04	TIPOS DE FLUJO	42
3.05	SENDAS, LINEAS DE CORRIENTE Y LINIAS FLUIDAS	47
3.06	CANTIDAD DE FLUJO Y VELOCIDAD MEDIA	48

CAPITULO IV

DRENAJE SUPERFICIAL Y SUBTERRANEO

4.00	INTRODUCCION	50
4.01	ORIGEN DEL AGUA SUPERFICIAL	51
4.02	ORIGEN DEL AGUA SUBTERRÁNEA	53
4.03	VARIEDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.	55
4.04	NIVEL FREÁTICO.	56
4.05	DRENAJE SUPERFICIAL.	60
4.06	DRENAJE SUBTERRÁNEO.	61
4.07	CARACTERISTICAS Y FUNCION DEL DRENAJE SUPERFICIAL.	65
4.08	CARACTERISTICAS Y FUNCION DE DRENAJE SUBTERRÁNEO.	66
4.09	ESTADISTICAS DE PRECIPITACIONES	68

CAPITULO V

EL FENÓMENO CAPILAR Y PERMEABILIDAD DE SUELOS.

5.00	INTRODUCCION.	69
5.01	ASCENSION CAPILAR DEL AGUA EN LOS SUELOS.	71
5.02	CONTRACCION EN SUELOS FINOS.	75
5.03	PERMEABILIDAD DE SUELOS.	76
5.04	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERMEABILIDAD DE SUELOS.	79
5.05	LA HUMEDAD EN EL SUELO Y SU CLASIFICACION.	81
5.06	LA HUMEDAD COMO CAUSA DE DETERIORO DE MATERIALES.	82
5.07	ESTADISTICA DE INMUEBLES AFECTADOS POR LA HUMEDAD	86

CAPITULO VI

CIMENTACIONES SUPERFICIALES

6.00	INTRODUCCION	87
6.01	CALCULO DE FACTORES DE CARGA.	89
6.02	ASENTAMIENTOS.	89
6.03	TIPOS DE CIMENTACIÓN	92
6.04	PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES. ..	97
6.05	CALIDAD DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN UTILIZADOS.	107

CAPITULO VII

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA HUMEDAD EN LAS CONSTRUCCIONES

7.00	INTRODUCCION	114
7.01	ENFERMEDADES CAUSADAS POR EL AGUA Y LA HUMEDAD	116
7.02	PROCEDENCIA DE LA HUMEDAD.	118
7.03	HUMEDAD PROPIA U ORIGINAL DE LOS MATERIALES	118
7.04	HUMEDAD POR CAPILARIDAD.	118
7.05	HUMEDAD POR FILTRACIÓN.	123
7.06	HUMEDAD ACCIDENTAL.	135
7.07	EFFECTOS DE LA HUMEDAD.	136
7.08	PROTECCION CONTRA LA HUMEDAD.	137
7.09	MATERIALES IMPERMEABILIZANTES.	145
7.10	ANALISIS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO	146

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES	152
-------------------------------------	-----

CAPITULO I

JUSTIFICACION E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

1.00 INTRODUCCION

La principal preocupación del hombre desde épocas muy remotas con referencia a su habitación fue siempre el problema de la humedad la que directa o indirectamente se confabuló contra él para hacer de su morada, muchas veces un lugar inhóspito. Podemos decir que la guerra contra la humedad fue el origen de las construcciones, huyendo de las lluvias, granizo y nieve; el hombre primitivo se refugió en las cavernas.

Pero las humedades que penetraban por paredes y suelo la expulsaron de las cuevas y el hombre se construyó sus primeras chozas con la madera que en súper abundancia le ofrecían los bosques. Fue de nuevo la humedad que produciendo la rápida putrefacción de la madera obligó al hombre a buscar otros materiales de construcción de mayor poder aislante y más resistente a la acción de la humedad.

Así en constante lucha contra el agua enemiga, el hombre fue desarrollando y perfeccionando la construcción de los edificios que le daban cobijo ideando cada vez nuevos métodos para impedir la formación de humedad es. Cuando al fin había logrado un aislamiento casi perfecto, la comodidad le hizo conducir hasta el interior de su morada el agua que necesitaba para su sustento y limpieza, creando nuevas fuentes de humedad.

Motivo por el cual se fueron desarrollando técnicas destinadas a vencer este mal, actualmente podemos decir o asegurar que este mal ha sido vencido siempre que el constructor observe con toda pulcritud las reglas fundamentales para obtener una buena protección contra este agente de bacterias.

Una de las principales causas de insalubridad de las construcciones y al mismo tiempo de depreciación de las mismas es la humedad que en mayor o menor intensidad, se acumula en los materiales utilizados en la ejecución de cimientos, muros, pisos, cubiertas etc. Sin olvidar por supuesto de la humedad por capilaridad que se produce desde el momento en que se coloca sobre el terreno la primera piedra o ladrillo de las cimentaciones.

Los deterioros producidos en las viviendas, en las zonas de estudio por simple observación son debidas a la humedad, pero lo interesante era saber:

Su origen, sus efectos y consecuencias para poder encontrar métodos y materiales para prevenida y al mismo tiempo remedios para las lesiones ya existentes.

1.01 DESCRIPCION Y UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Puno es un Departamento bicéfalo: política y administrativamente depende de la ciudad de Puno, pero, la capital económica y comercial es la ciudad de Juliaca (Tamayo, 1982: 29). Las dos ciudades concentran no solo la infraestructura y la actividad urbana más importante de la región, sino también son los centros de decisión y de mayor jerarquía en la Región; Pero, Juliaca y Puno no poseen la base económica necesaria para integrar las actividades regionales y sus relaciones con el medio rural solo reproducen

relaciones de dependencia urbano rural, a partir de la actividad comercial. (ORDEP, 1979b:9).

Puno es un área con una estructura productiva desarticulada y desintegrada, con una deficiente tecnología, destinado a la exportación de materias primas, donde los sistemas comercial y financiero permiten la fuga de los excedentes de la región. Con escaso desarrollo de las actividades de transformación, la actividad industrial es incipiente, desarticulada y dependiente, la actividad primaria constituye la base económica regional (ORDEP, s. f. 10), su orientación es pecuaria antes que agrícola, es la zona de los ovinos, los camélidos sudamericanos y los vacunos (Tamayo, 1982: 29). A nivel de sectores: el agropecuario aporta al PBI departamental el 24%, electricidad, gas, agua, transporte y otros 17%, Gobierno 16%, manufactura 14%.

Puno es la tierra de las inundaciones y sequías (Tamayo, 1982: 111), su territorio de 72 mil 382.44 Km. 2 (el 5.63% del Perú) está dividido en selva (al noreste) y sierra (al sur), por la cordillera de Carabaya, que penetra por el nor-orienté y está separada de la Costa por la Cordillera Occidental, que la bordea por el oeste. La selva esta a espaldas del Altiplano Puneño, por eso las provincias de Carabaya y Sandia están poco integradas al departamento. En la sierra se distingue la Hoya del Titicaca, por la presencia del Lago Titicaca (que comparte con el vecino país de Bolivia). Su superficie es ondulada, accidentada y compleja, con altipampas cruzadas por pequeñas cadenas de cerros y colinas, cortadas por el lecho de ríos poco profundos o de cárcavas pronunciadas. El frío, las heladas, sequías e inundaciones ha determinado que la región sea pastoril, de su superficie (72 mil 643km²) más de la mitad son pastos naturales (Tamayo, 1982: 30-34). La sierra (68% del total regional) presenta a) Altiplano (3800-4000 m.s.n.m., distinguiéndose su área circunlacustre), b) Laderas-Areas Intermedias (4000 a 4200 m.s.n.m.) y c) Cordillera (más de 4200 m.s.n.m.). En la selva se observa: a) Ceja de Selva (3000 a 1500 m.s.n.m.), b) Selva Alta (1500 a 500 m.sn.m.) y c) Selva Baja (menos de 500 m.s.n.m.). (ORDEP, 1979a Vol. III: 1-2).

Puno es un área con una población desigualmente distribuida en su espacio y con un elevado flujo emigratorio de la población, generalmente la más

joven y mejor calificada (ORDEP, s.f.: 7), a pesar que tiene un débil incremento de la población total, un bajo crecimiento de la población rural y un creciente proceso de urbanización, fundamentalmente alrededor de Puno y Juliaca. (En la población se distingue como mayoría a la Etnia Colla, hablantes de quechua al norte y hablantes de aymara al sur), que viven en economías de subsistencia rural. En tanto los sectores cholificados bilingües y los mistis hispanohablantes son minoritarios (Tamayo, 1982: 31, 37, 3~, 33), esa población predominantemente rural, se asienta en centros poblados y no en áreas urbanas, a excepción de Puno y Juliaca, se concentra fundamentalmente en el área circunlacustre, donde predomina el minifundio y la actividad agropecuaria, en tanto el área de laderas intermedias y cordillera es escasamente poblada y dedicada a la actividad pecuaria. Por otra parte, en la Ceja de Selva y Selva la población se asienta en los márgenes de ríos y carreteras, con actividades mineras y selva-agrícolas (ORDEP, s.f.: 12, 7) Y es área sub poblada.

1.02 IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Las principales ciudades del Perú, y muy particularmente el departamento de Puno; la expansión urbana es intensa y se tiene por ejemplo que la parte Oeste de la orilla del Lago Titicaca se ha efectuado construcciones de inmuebles donde gran parte de ellas tienen un .deterioro en los pisos y cimentaciones por la presencia de la humedad.

La presencia de humedad en los elementos estructurales y acabados hace que se tenga que destacar ciertos recursos económicos para su reparación y el problema se agrava más cuando ello se realiza de manera frecuente.

Considerando este aspecto, el presente trabajo trata de estudiar las causas de la presencia de la humedad y en lo sucesivo con diseños cuidados apropiados evitar la presencia de y la humedad, que son sobre todo causas de insalubridad.

Si bien es cierto, que el agua dentro del suelo se manifiesta de diferentes maneras es cierto también que en la mayoría de casos la presencia de ella es indeseada y dañina para la construcción y la salud de sus habitantes.

Ello requiere de su análisis y estudio de la procedencia de la humedad y establecer el control e impedir su acción negativa en las construcciones. En esta parte es importante considerar los drenajes superficiales y subterráneos que se pueden considerar, a fin de eliminar el agua y no ocasionar situaciones perjudiciales.

Por otro lado el conocimiento de las principales características físicas de los suelos es fundamentalmente importante y para ello es necesario recurrir a la mecánica de suelos. La atinada interpretación establecer la mejor manera de usar los para comodidad del hombre.

El suelo, como se ha podido observar a través de la ya estudiado, es un material con arreglo variable de sus particulares que dejan entre ellas una serie de poros conectados unos con otros para formar una compleja red de canales de diferentes magnitudes, que se comunican tanto con la superficie del terreno como con las fisuras y grietas de la masa del mismo.

1.03 FORMULACION DE OBJETIVOS

Una de las consideraciones más importantes en la mecánica de suelos es el estudio de los efectos del agua sobre las propiedades de ingeniería del suelo. Los ensayos de los límites de ATTERBERG señalan como puede variar el suelo de sólido a fluido viscoso con el contenido del agua.

La facilidad con que se mueve un fluido a través de cualquier medio poroso, es una propiedad de ingeniería geotécnica, En los problemas de ingeniería el fluido es el agua y el medio poroso es la masa de suelo.

En el caso de construcciones de viviendas y ya en la etapa de servicio o funcionamiento de la infraestructura, la presencia del agua es indeseada e insaludable, por que puede originar enfermedades.

Por otro lado la humedad en la construcciones deterioro los materiales utilizados, que origine gastos considerables en las reparaciones y todo ello hace que se estudie, se analice a fin de controlar esta humedad perjudicial.

OBJETIVO GENERAL

Establecer las causas de la presencia de la humedad perjudicial en las construcciones y proponer obras e protección e impermeabilización a fin de incrementar su vida Útil.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OBJETIVO ESPECIFICO 1

Determinar el comportamiento del agua en las construcciones y su efecto nocivo.

OBJETIVO ESPECIFICO 2

Establecer obras de drenaje de bajo costo y actividades de conservación y mantenimiento.

OBJETIVO ESPECIFICO 3

Proponer obras de protección e impermeabilización en los materiales deteriorados por humedecimiento.

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Ante las inversiones significativas realizadas por los propietarios de las construcciones y ante la insalubridad de ellos por la presencia de la humedad será necesario proponer la recuperación arreglo de las mismas, para ello es necesario entender fenómenos y términos como:

- Suelo
- Roca
- Cielo erosivo
- Erosión química
- Erosión Física
- Humedad

- Índice de Poros
- Permeabilidad
- Capilaridad
- Ilustración.
- Materiales impermeabilizantes

1.04 CARACTERISTICAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

En la meseta del Collao se desarrolló la destacada cultura Tiahuanaco de época preincaica, en ella se ubica el Lago Titicaca que dio origen a la mítica leyenda de Manco Cápac y Mama Ocllo, hijos del dios Sol, que según las tribus quechuas, salieron de sus aguas y se dirigieron hacia el Cuzco para fundar la capital del imperio de los Incas.

Puno es la capital del departamento de Puno, fue fundada con el nombre de Villa Rica de San Carlos de Puno en 1668, por el Virrey Conde de Lemos, para poner fin a los problemas de posesión de las minas de plata de Laicacota de los hermanos Gaspar y José Salcedo. Puerto lacustre a orillas del Titicaca, el lago navegable más alto del mundo, con paisajes de indescriptible belleza, ha sido el origen y cuna de grandes civilizaciones prehispánicas como la Tiahuanaco, los Collas y los Aimaras, y de la mítica leyenda de Manco Cápac y Mama Ocllo quienes emergieron de sus aguas y marcharon hacia Cusco para fundar la capital del imperio de los Incas.

Famosos son los Uros, pueblo ancestral que viven en islas artificiales flotantes, o las comunidades indígenas de Taquile y Amantani que mantienen sus costumbres y ritos sin cambios en el transcurso del tiempo, inmersos en paisajes únicos. Muy cerca de la ciudad encontrará interesantes complejos arqueológicos de culturas preincaicas, como las chullpas de Sillustani dentro de la Reserva Ecológica de Umayo, Pucará, o antiguas ciudades de fundación española como Chucuito, Juli y Pomata que albergan joyas de la arquitectura y arte colonial, expresadas en sus templos e iglesias, que florecieron como producto de la fortuna de las minas de plata de esta región y la conquista española del Paraguay y de los Mojos.

Juliaca ha sido denominada la "La ciudad de los vientos" por la riqueza de sus expresiones artísticas y culturales, especialmente a través de la danza; se tienen registradas más de 300, de las 1,500 en el ámbito nacional, danzas autóctonas que alcanzan su mayor manifestación en las celebraciones de la Fiesta de la Virgen de la Candelaria y en el Concurso Regional de Danzas Autóctonas.

El poblador oriundo de Puno es de la etnia aymara (12.9% de la población del Perú), tienen por lengua el aymara. Para la subsistencia en alturas, promedio de 4,000 m.s.n.m. (13,122 pies), y un clima frío han logrado una excelente adaptación a lo largo de muchos años, el color de su piel es oscura, alta capacidad pulmonar y desarrollo del tórax, poseen 2 litros más de sangre, que el promedio, con alto contenido de glóbulos rojos, lo que les otorga gran resistencia física. Muchos de ellos están dedicados a la elaboración de bellas artesanías y finos tejidos en lana de alpaca.

En las llanuras y montañas de Puno será común que encuentre hatos de llamas y alpacas, siendo la zona de más intenso desarrollo de esta ganadería, originando hermosos panoramas en lugares desprovistos de árboles y escasa vegetación.

El departamento de Puno esta incrustado en la extensa planicie del Collao, a orillas del lago Titicaca. El paisaje de la ciudad es severo, y sus casas con grises techos de calamina acentúan su aspecto austero. La verdadera riqueza de la zona se halla en la belleza natural que rodea la ciudad, donde las hermosas aguas del Titicaca (decoradas con sus islas flotantes), la Torre de Tinajani (con sus piedras inmensas que le dan la apariencia de una ciudad) y los antiguos monumentos preincas (chullpas de Sillustani) subyugan al turista. Además, Puno es la capital folclórica del Perú por la variedad y belleza de su música y sus danzas (posee mas de 300 danzas diferentes, entre las cuales destacan la diablada, la morenada, la llamerada, la marinera puneña y la pandilla puneña). Actualmente, es una importante región agrícola y ganadera, dueña de un gran potencial turístico.

La belleza y encanto de la ciudad, es una mezcla de sus típicas construcciones de arquitectura andina en las laderas de los cerros hasta la orilla del lago Titicaca, y la de su gente, humilde, pobre y amable.

DESCRIPCIÓN:

Puno, ciudad edificada a orillas del Lago Titicaca, es un puerto lacustre que muestra paisajes de singular belleza. En sus llanuras y montañas los pobladores se dedican a la crianza de llamas y alpacas, en parajes de escasa vegetación pero de abundantes pastos naturales y también a la elaboración de artesanías y finos tejidos en lana de alpaca.

Los habitantes originarios de Puno pertenecen también a la etnia aimara, cuyos rasgos físicos se han adaptado al frío de las altas mesetas; tienen gran capacidad pulmonar, el tórax desarrollado y alto contenido de glóbulos rojos en la sangre, que le proporcionan gran resistencia física.

LOCALIZACIÓN:

La ciudad de Juliaca está ubicada en la parte norte de la provincia de San Román y al lado noroeste del Lago Titicaca y a 35 Km. de ésta. El área geográfica del distrito de Juliaca ocupa la parte céntrica del departamento de Puno y la meseta del Collao. Debido a su importancia geoeconómica, 1926 Juliaca se integra a la Provincia de San Román como su capital.

POBLACIÓN:

Estimada en 225,146 habitantes.

CLIMA:

En lo referente al clima, la ciudad de Juliaca presenta una amplia oscilación entre el día y la noche; aunque predomina el frío, siendo éste más intenso en el invierno, principalmente en los meses de junio y julio, alcanzando valores inferiores a 0 °C

En cuanto a su temperatura media esta es de entre 4 a 10 °C, la temperatura máxima se mantiene uniforme a lo largo del año durante todos los meses con un promedio de 17,08 °C, no de la misma manera la temperatura mínima que tiene como un promedio los -7,5 °C durante el mes de julio.

Generalmente el verano es la estación húmeda, incluye los meses de diciembre a marzo, en los cuales la precipitación media varía entre los valores de 85,9 mm a 183.3 mm, la mejor temporada para visitar Juliaca es la primavera, comprendida entre septiembre y diciembre, ya que es soleada y con poca humedad.

SITUACION ACTUAL.

La ciudad de Puno en la actualidad se extiende al oeste del lago Titicaca, inscrita dentro de los lugares principales que corresponden ha: Jayllihuaya, Salcedo, Cerro Cancharani, Cerro Chacarilla, Cerro Pirhuapirhuani, Ventilla, Cerro Azoguini, Yanamayo, Cerro llallahuani, Cerro Machallata , Huaje y La Isla Esteves, las áreas de estos lugares referidos se encuentran totalmente poblados. Las vías principales por las que circulan los vehículos esta conformada por: la Av. Circunvalación que tiene un recorrido de norte a sur lo que facilita la circulación de los vehículos del departamento del cusco y Arequipa hacia los departamentos de Moquegua, Tacna y la República de Bolivia. Dentro de la ciudad las vías más importantes están constituidas por la Av. la Torre, Av Floral, Av El Sol, Av. Laykakota, Av. Simón Bolívar y Av. El Ejercito; transversal a estas se tiene los Jr. Lampa, Jr. Deza, Jr. Los Incas Jr. Deustua, Puno, Av. Titicaca, Av. El Puerto, Jr. Carabaya, Jr. José Antonio Encinas, Jr. Echenique, Etc.

CAPITULO II

DIAGNOSTICO DE LAS CONSTRUCCIONES DE LA CIUDAD DE JULIACA

2.00 INTRODUCCION

Contar con una vivienda bien construida, debe ser objetivo fundamental de los pobladores, con tendencia a progreso y superación. Pues bien, se tiene que definir; que constituye una buena vivienda. Esta debe poseer las características de brindar seguridad ante todo, con un apropiado estudio de suelos, un buen proceso constructivo y la asistencia técnica de un profesional.

Estas condiciones pueden cumplirse de varias formas, considerando que no todas las viviendas exigen una cimentación costosa. El elemento más importante de una edificación, es sin duda la cimentación, sin embargo, a menudo sucede que los pobladores de la zona periférica de la ciudad de Puno restan su debida importancia.

Las cimentaciones tienen gran importancia por ser el elemento fundamental de una construcción. Todas las estructuras dentro de la rama de la construcción aplican una carga al suelo o a la roca subyacente. Esta parte de la estructura a menudo está por

debajo del nivel del terreno. Un cimiento es la base de soporte de una estructura, que constituye la interfase a través de la cual se transmiten las cargas al suelo.

En la mayor parte de los casos, los cimientos para las estructuras de edificios, casas y otras construcciones se ejecutan con concreto simple o reforzado. Esto amerita que las construcciones tengan análisis más detallados, particularmente constructivas y descripción específica de ellos, el funcionamiento general y viabilidad de un cimiento depende en gran parte de la unidad estructural que está arriba y la unidad del suelo que está por abajo.

Uno de los problemas característicos de las construcciones de la zona periférica de la ciudad de Puno; es la construcción informal, ya que quienes son los propietarios de estas viviendas son personas que provienen del medio rural en su mayoría y carecen de medios económicos, aspecto que obliga a estas personas a tomar los servicios un maestro de obra empírico, que en muchos de los casos percibe una remuneración que está por debajo del mercado laboral, limitando de esa manera la Asistencia Técnica de un profesional. El otro grupo característico de esta población lo integran personas de clase media, quienes también incurrir en el error del caso anterior, esta problemática se puede atribuir a la falta de conciencia del poblador y control por parte de las autoridades del ramo; en este caso cae la responsabilidad al Municipio local, ente que debe velar por el desarrollo ordenado de la ciudad.

Una de las características muy notorias de las construcciones en la ciudad de Puno, es la humedad aspecto que está íntimamente ligada con la proximidad del lago Titicaca, aspecto que nunca ha sido analizado con la importancia del caso, por lo que esta humedad en muchos casos se ha tornado muy peligroso ya que ha afectado a la salud de sus habitantes, aspecto que será el tema principal de análisis del presente trabajo de tesis.

En la década de los ochenta, la ciudad de Puno se ve amenazada por la inmigración de ciudadanos de diferentes lugares de la región, acto que origina el crecimiento urbano desordenado en sus urbanizaciones y asentamientos humanos, ya que se puede detectar que la mayoría de estos inmigrantes proceden del medio rural. El grado de instrucción que poseen estos ciudadanos, en su mayoría no supera la primaria, propiciando de esa manera el desconcierto residencial.

Dentro de las características constructivas de la ciudad de Puno, predomina la construcción de material tradicional en menor escala.

Por todo lo dicho anteriormente, se puede argumentar la mala calidad viviendas existentes en nuestro medio, ya que se descuida los mínimos principios de una edificación ideal.

CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES

Las estructuras de las viviendas existentes en la zona periférica de nuestro medio, en gran medida carecen de un buen sistema constructivo, ya que éstas; son ejecutadas por personal informal en construcción, o que sencillamente desconocen la rama además sin intervención de la Asistencia técnica de un Profesional.

Las viviendas materia de nuestro estudio, se caracterizan por presentar sistema de albañilería aporicada; vale decir columnas en promedio de 25 x 215 cms. Y vigas peraltadas de 25 x 40 cms. Y que por lo tanto, los muros no cumplen una función estructural, hecho que justifica el uso de ladrillo artesanal de dudosa calidad, la losa aligerada tiene una altura de 17 cms. o menor en algunos casos, los sobrecimientos que en muchos de los casos superan el metro de altura. El otro aspecto que caracteriza a las construcciones en mención son los vanos de iluminación que éstos llevan sobre las vigas y los muros, es decir en la parte superior.

CARACTERÍSTICAS DE ALBAÑILERÍA Y ACABADO

Para tratar este aspecto, tomaremos en cuenta la idea conceptual de Albañilería, el que en el lenguaje común quiere decir arte de construir muros o tabiques, por ello es que se ve la imperiosa necesidad de evaluar este aspecto. Existe poco interés por parte de los entes que rigen en control de la calidad de las construcciones por exigir, a quienes elaboran el ladrillo artesanal a parametrarse en las recomendaciones emitidas por el Reglamento Nacional de Construcciones, y luego de esa manera obtener ladrillos rígidos, que no se desmoronen, para posteriormente elaborar aparejos de calidad.

Dentro de los defectos que se encuentran en este proceso, se puede hacer mención a falta de dentados de los muros, los que no adhieren correctamente con las columnas

existentes, también se puede referir a la falta de uniformidad en las juntas de los morteros que adhieren las hiladas de muros, las luces excesivas de los muros que en muchos de los casos pasan de los cuatro metros, etc.

En cuanto a acabado se refiere, lo característico de la zona, es enlucir los interiores de los ambientes con yeso elaborado artesanalmente, aliviando así el frío crudo de la zona, los enlucidos exteriores o tarrajeos, se realizan con mortero de arena y cemento, en la parte céntrica de la ciudad, específicamente la zona comercial prefiere enchapar su fachada con bloques de cerámica.

2.01 CONSTRUCCION DE MATERIAL TRADICIONAL

El otro aspecto a tratar en este capítulo es la construcción de material tradicional, quizás en menor proporción; pero de gran importancia, debido a que los inmigrantes del medio rural, la primera acción que realizan es la construcción de sus primeros ambientes de material tradicional.

A continuación haremos referencia a algunos aspectos fundamentales del proceso constructivo en material tradicional.

IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA DE CONSTRUCCIÓN: Antes de construir una vivienda se debe averiguar las características y antecedentes del terreno, para ello averiguar si alguna vez se dieron casos de huaycos, deslizamientos, inundaciones y otros peligros.

CIMENTACIÓN: El fondo de la zanja no debe ser arena suelta ni suelo blando, por lo tanto la zanja debe tener como mínimo 60 cm de profundidad y 50 cm de ancho. Luego se procede a llenar el cimientado hasta una altura de 50 cm, con piedra grande y una mezcla de cemento y diez partes de hormigón. Para proteger las primeras hiladas de los muros, construir un sobrecimiento, con una altura mínima de 30 cm sobre el piso y un ancho igual al ancho del muro.

Luego de realizar el encofrado se llena el sobrecimiento con piedra mediana y mezcla de cemento y hormigón: una parte de cemento y ocho partes de hormigón.

ADOBE: Es un material de torta de barro con intervención de la paja, característica del adobe óptimo. Para darle ductilidad y rigidez a los muros se recomienda adobes de 40 cm x 40 cm x 10 cm, evitar adobes pequeños ya que presentaría muros muy débiles.

MUROS: Los muros no deben ser muy largos ni muy altos. Se recomienda que los muros tengan entre 2.40 y 3.00 m de altura. El largo de los muros debe ser de 4 m como máximo. Es preferible que un muro solo tenga una abertura el centro, para puerta o ventana, ya que los muros con más aberturas son muy débiles. Se recomienda que los vanos no deben tener anchos superiores a 90 cm.

VIGA COLLAR: Todas las construcciones de adobe deben tener una viga collar que sirve de unión de los muros. La viga collar se coloca a la altura de los dinteles de puertas y ventana, a lo largo de todos los muros; para formar la viga collar se coloca dos piezas de madera rolliza, labrada, en todos los muros de la vivienda.

Las piezas de madera labrada deben ser de 4" x 4", Y se colocan sobre una capa de barro. Las piezas se unen con travesaños de madera colocados a cada 1.20 m. Los espacios entre las piezas de madera se rellenan con barro, Sobre la viga collar se coloca 4 hiladas más de adobe.

TECHO: El techo predominante de este tipo de construcciones es liviano, el soporte del techo está formado por piezas de madera rolliza azuelada o madera labrada. En los muros donde se va a apoyar el techo se coloca una pieza de madera de 4" x 4", en toda la longitud del muro unida al muro con torta de barro. Sobre esta pieza se apoyan las viguetas que sostienen la cubierta. Las viguetas generalmente son de madera rolliza o labrada, el grosor de las viguetas dependen del peso de la cubierta y de la separación de las paredes.

COBERTURA LIVIANA: En zonas lluviosas como la nuestra el techo es inclinado y las viguetas sobresalen de los muros a una distancia de 0.60 m. como máximo, debido a la presencia de vientos de gran fuerza. La existencia de este alero tiene como finalidad la protección de los muros exteriores de la acción de las lluvias.

2.02 CONSTRUCCION DE MATERIAL NOBLE

Este tipo de edificaciones es el de mayor presencia porcentual de nuestro universo de estudio, por tanto nos referiremos a los aspectos estructurales básicos de este tipo de viviendas.

CIMIENOS: Los cimientos son partes de las estructuras, que actúan como transición entre las mismas estructuras y el suelo portante. Condición esencial de una apropiada cimentación es que las presiones transferidas al suelo portante no excedan las presiones admisibles, correspondientes al suelo de que se trate.

Otras condiciones también son exigibles. Entre ellas, que no se produzcan asentamientos desiguales entre secciones de una estructura; esta indeseable eventualidad podría originar el agrietamiento de las edificaciones.

VIGAS: Es el elemento estructural horizontal o inclinado, de medida muy superior a las transversales, cuya sollicitación principal es de flexión. Cuando las vigas se apoyan sobre columnas, su longitud estará comprendida entre las caras de las columnas; en caso de vigas apoyadas sobre muros, su longitud deberá comprender el apoyo de las vigas.

Las vigas soportan cargas transversales entregadas por las viguetas, elementos similares, losas y aligerados y transmitirlas a los apoyos (columnas portantes) en sus dos extremos o solo en uno (voladizo).

COLUMNAS: Son elementos de apoyo aislados, generalmente verticales con medida de altura muy superior a las transversales, cuya sollicitación principal es de compresión. Está encargado de soportar cargas verticales de la edificación, así como flexiones y cortes de ella introducidos.

LOSAS ALIGERADAS: Son losas constituidas por viguetas de concreto y elementos livianos de relleno. Las viguetas van unidas entre sí por una losa o capa superior de concreto que es donde se coloca la armadura secundaria.

Los elementos de relleno están constituidos por ladrillos o bloques huecos que sirven para aligerar el peso de la losa y además para conseguir una superficie uniforme de cielo raso.

2.03 FUNCIONAMIENTO DE LOS SERVICIOS

SISTEMA DE AGUA Y DESAGUE

La ciudad de Puno cuenta con un sistema de agua potable y otro de desague, los cuales son administrados por la empresa EMSAPUNO, ambos sistemas funcionan por gravedad, puesto que la topografía así lo permite.

SISTEMA DE AGUA POTABLE

El sistema de agua potable de la ciudad de Puno, esta conformado por dos sistemas. Por bombeo y por gravedad.

- **PLANTA DE TRATAMIENTO.** El agua, como líquido elemento y captado del Lago Titicaca a través de bombeo, el cual pasa por un tratamiento riguroso, para luego ser almacenado en reservorios de grandes capacidades.

- **RESERVORIOS DE ALMACENAMIENTO.** Después de procesado el líquido elemento, este se impulsa mediante bombeo hacia los reservorios de almacenamiento que se encuentran en las partes altas de la ciudad de Puno como es el caso de los que se encuentran en los cerros de Chacarillas, piruhuapiruani entre otros.

- **RED DE DISTRIBUCIÓN.** De los reservorios de almacenamiento baja el agua a través de tubos y se unen a las tuberías de redes troncales, estos a su vez a tuberías que concluyen en las conexiones domiciliarias.

SISTEMA DE DESAGUE.

El sistema de desagüe se da a través de un servicio por gravedad, el mismo que es facilitado por la topografía inclinada que tiene gran parte de la ciudad de Puno.

SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES.

El actual sistema existente está constituido por canalizaciones existentes en dirección OE, ubicado en los lugares donde el curso natural de las precipitaciones pluviales a determinado, los mismos que coinciden con las calles transversales a la ciudad y concluyen en el Lago Titicaca.

2.04 CLIMA Y PRECIPITACIONES

El conocimiento y aplicación de la Hidrología en estudio de construcciones es fundamental por lo que es necesario conocer el ciclo hidrológico de las aguas, las cuales están sujetas a una circulación permanente así como a los cambios continuos de su estado físico que se precipita en el suelo.

El agua se encuentra en grandes extensiones superficiales de los mares, lagos y aguas corrientes desde donde se evapora, formando nubes que por acción de los vientos son trasladados por el aire hacia las costas y posteriormente a las zonas frías como las montañas, lugares propicios para cambios de temperaturas así como de presiones, se produce la condensación de las gotas de agua en vapor, para formar según la temperatura de la nube y el aire en lluvia, nieve y granizo.

Luego de la precipitación una parte del agua aún antes de llegar a la superficie va retornando a la atmósfera, otra parte además de llegar a la superficie va retornando a la atmósfera, otra parte además de llegar a la

superficie es retenida por las hojas de vegetación desde las que se evaporan retornando a la atmósfera; parte de la lluvia que permanece en la superficie es absorbida por las plantas, otras se infiltran en el suelo a través de las capas permeables que dará origen a las aguas sub-terráneas, el agua permanece y circula en el terreno hasta alcanzar las capas impermeables, luego aflora para formar las fuentes de aguas superficiales, el exceso de agua que permanece en la superficie discurre por el terreno lo que se denomina “Escorrentía” que viene a ser el agua que circula por la superficie las que llegarán a formar cursos de agua permanente y van a engrosar el caudal de los ríos, en su camino hacia los lagos y mares, desde los cuales una cantidad de ellos se evaporan para repetir el ciclo hidrológico.

El estudio del ciclo hidrológico de la zona en estudio, permitirá:

- Alcanzar a conocer el comportamiento hidrológico de la zona, para determinar su incidencia sobre los cursos de agua o quebradas de interés.
- Determinar los parámetros y/o factores hídricos para el diseño de las obras de drenaje, así mismo la eliminación del agua o humedad que en cualquier forma pueda perjudicar a las construcciones.

La zona en estudio corresponde a la zona Altiplánica, donde el clima es frío seco, debido a su altitud respecto al nivel del mar fluctúa entre los 3800 a 3900 m.s.n.m.; la temperatura media anual varía entre 7° y 0.5°C, en las respectivas altitudes indicadas. La precipitación promedio anual para los últimos 35 años (1964 - 1999) alcanza a 715.80 mm. de altura.

La vegetación está influenciada por el periodo anual de lluvias y por la altitud a la que se encuentra, donde está representada por pastos naturales y forrajes (ichu o paja), que se desarrolla en buena proporción y que sirve de alimento a la ganadería.

HIDROLOGIA LOCAL.

Las características hidrológicas de la zona son del tipo dentrítico, regionalmente se considera como drenaje radial con relación a que sus aguas son drenados al Lago Titicaca.

Se ha efectuado la evaluación de las obras de arte y drenaje existentes, así como se ha determinado el incremento de los mismos, estableciéndose un adecuado establecimiento de los mismos, estableciéndose un adecuado establecimiento de captación, conducción y evacuación de las aguas. En la cuenca se producen altas precipitaciones las cuales originan avenidas de considerable magnitud. Por lo tanto es necesario hacer estudios hidrológicos que nos permitan determinar caudales de diseño, con sus respectivos tirantes de flujo y velocidades, y que nos servirán para definir las dimensiones, cotas de las alcantarillas y obras de arte.

ESTUDIO HIDROLOGICO.-

a) ESTACIONES METEREOLÓGICAS BASICAS.

En el cuadro No. 01 se muestran las Estaciones Meteorológicas circundantes a la zona de estudio; sin embargo para el análisis hidrológico se elige la estación Puno No. 708 (PLU), siendo esta la más representativa por ubicarse en el lugar del proyecto.

NOMBRE DE ESTACION	UBICACIÓN POLITICA			COORDENADAS GEOGRAFICAS	
	DPTO.	PROV.	DIST.	LONG. OESTE	LAT. ESTE
PUNO No. 708 (PLU)	Puno	Puno	Puno	70° 01'	15° 50'

PLU = Pluviométrica.

CP = Climatológica Principal.

b) ANALISIS DE LA INFORMACION PLUVIOMETRICA.

Los estudios hidrológicos requieren del análisis de cuantiosa información hidrometeorológica; esta información puede consistir de datos de precipitación, descarga, temperatura, evaporación, etc.

Con la estación pluviométrica base y por medio de métodos gráficos se realiza los contrastes puntuales y estacionales de los datos entre sí apreciando que su distribución estacional en relación a los estados del tiempo es normal observando que su incidencia promedio se manifiesta en forma paralela a los valores de las estaciones vecinas o cercanas.

El objetivo de este análisis es estimar las descargas máximas probables de la cuenca en estudio. Como no se dispone de información de caudales; las descargas máximas son estimadas a partir de la serie histórica de precipitaciones máximas en 24 horas. se tiene las precipitaciones máximas en 24 horas anuales, medidos en la estación meteorológica de Puno. La serie está ordenada en forma decreciente. Con estos datos se efectúa el análisis de frecuencias, para determinar la frecuencia con que precipitaciones máximas en 24 horas serán igualadas o superadas.

c) DETERMINACION DE LAS INTENSIDADES MAXIMAS DE PRECIPITACION.

Por la escasa información pluviométrica de la zona de estudio y por la importancia que tiene el análisis de las “intensidades máximas” para diferentes periodos de duración en la Ingeniería Vial tomaremos como base referencial las intensidades máximas mensuales horas, para la determinación de los parámetros respectivos.

Por las características e importancia de la vía para la determinación de la avenida de diseño se considera un periodo de retorno $T = 100$ años. Bajo estas consideraciones se calcula las precipitaciones máximas en 24 horas, cuyos resultados de muestran en la tabla No.5

TABLA No. 5 Precipitaciones máximas en 24 horas con un período de retorno de T = 100 años.

ESTACION	P (mm)
- Puno	267

Para el cálculo de la precipitación promedio en toda cuenca se considera que la estación de Puno tiene su área de influencia hasta la curva de nivel de 3850 m.s.n.m.

Tomando en cuenta que la cuenca en estudio, tiene un área aproximada de 638 km², las áreas por encima y debajo de la cota 3850 m.s.n.m. son:

- Encima de los 3850 m.s.n.m. ----- 612 Kms².
- Debajo de los 3850 m.s.n.m. ----- 22 Kms².

Por lo tanto, para un periodo de retorno de 100 años, el valor promedio de la precipitación máxima en 24 horas es:

$$P = 268 \text{ mm.}$$

El ingeniero agrícola Yance Tueron efectuó estudios para relacionar las precipitaciones máximas en 24 horas con las intensidades máximas de precipitación de diversas zonas del país, entre las que se incluyó la zona de estudio, encontrando las siguientes relación:

$$I_{\text{max}} = 0.4602 (P)$$

Donde:

I max = Intensidad máxima horaria de las lluvias
(mm/h)

P = Precipitación máxima en 24 horas.

Considerando: P = 28 mm., se obtiene

I max = 61 mm/h.

Cuadro 4.1

CUADRO DE PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm)

(1964 - 1999)

ESTACION	: PUNO	LATIT. S	: 15° 50'	DPTO.	: Puno
CODIGO	: 708	LONG. W	: 70° 01'	PROV.	: Puno
CATEGORIA	: PLU	ALTITUD	3850 msnm	DIST.	: Puno

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1970	20.2	78.8	74.9	37.7	12.0	0.0	0.0	0.0	12.1		15.4	66.3	317.4
1971	105.9	133.5	108.5	53.8	0.0	0.0	0.0	0.0	19.7	10.5	20.4	128.5	580.8
1972	16.3	44.8	82.6	9.6	35.1	0.0	0.0	0.0	1.3	19.7	82.0	38.4	329.8
1973	85.8	46.8	143.7	23.9	0.0	0.0	8.0	9.6	14.7	10.7	3.1	110.5	456.8
1974	62.2	164.1	53.1	19.7	16.1	18.3	5.7	0.5	20.9	55.8	74.7	48.5	539.6
1975	168.5	82.8	37.7	55.5	0.0	0.0	2.4	0.0	5.7	10.6	49.7	75.3	488.2
1974	147.8	146.2	153.1	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6	2.4	105.0	571.1
1975	83.4	165.7	15.0	30.1	0.0	1.9	0.0	0.0	1.7	21.6	76.5	62.9	458.8
1976	147.2	166.9	116.8	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	23.9	27.2	98.3	591.8
1977	123.8	141.3	59.0	34.1	4.7	0.0	0.0	10.4	57.4	24.2	22.8	76.3	554.0
1978	253.0	207.9	146.2	50.1	0.0	0.6	0.0	9.2	6.2	1.4	32.0	35.4	742.0
1979	173.0	191.1	77.5	33.8	56.5	0.0	0.0	0.0	40.0	56.1	27.3	217.4	872.7
1980	172.9	149.3	122.7	38.8	9.3	0.0	0.0	3.4	72.5	5.7	2.8	87.8	665.2
1981	81.7	197.4	120.3	6.6	0.9	0.0	3.8	0.0	36.2	36.2	79.7	122.1	684.9
1982	201.8	100.6	150.1	40.7	0.0	0.0	1.9	0.0	13.5	8.0	114.3	163.1	794.0
1983	188.8	45.4	134.3	52.9	11.4	0.0	0.0	3.9	0.0	21.2	12.7	101.9	572.5
1984	42.0	60.8	232.3	4.9	0.0	0.0	2.2	4.4	54.1	72.8	29.0	48.4	550.9
1985	241.2	189.1	157.6	92.7	0.0	0.0	0.0	13.0	0.0	39.2	62.7	37.9	833.4
1986	189.5	73.9	68.2	124.8	0.0	0.0	0.0	0.0	29.4	76.0	131.9	22.5	716.2
1987	44.6	40.8	9.9	22.2	0.0	5.8	0.0	4.2	33.0	9.4	26.7	97.5	294.1
1988	372.6	273.7	247.8	29.2	20.0	4.7	0.0	22.6	0.0	111.5	100.3	158.9	1341.3
1989	172.7	293.2	104.3	94.9	10.4	14.7	0.0	0.0	33.2	10.8	118.1	149.4	1001.7
1990	200.1	225.9	169.0	156.1	0.0	0.0	0.0	13.8	11.3	14.3	11.7	96.4	898.6
1991	154.6	42.3	25.7	3.2	0.0	0.0	25.2	0.0	0.0	32.2	96.1	61.4	440.7
1992	304.5	95.3	210.8	139.3	19.8	0.0	0.0	0.0	7.2	54.5	9.9	125.8	967.1
1993	225.0	164.1	153.0	96.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	14.9	41.7	31.6	727.2
1994	177.0	62.1	69.5	37.7	16.0	43.3	0.0	22.4	7.0	68.2	137.7		640.9
1995	150.6	123.2	89.0	49.0	2.9	39.4	0.0	0.0	27.0	29.4	34.0	76.4	620.9
1996	150.6	123.2	89.0	49.0	2.9	39.4	0.0	0.0	27.0	29.4	34.0	76.4	620.9
1997	150.6	123.2	89.0	49.0	2.9	39.4	0.0	0.0	27.0	29.4	34.0	76.4	620.9
1998	150.6	123.2	89.0	49.0	2.9	39.4	0.0	0.0	27.0	29.4	34.0	76.4	620.9
1999	150.6	123.2	89.0	49.0	2.9	39.4	0.0	0.0	27.0	29.4	34.0	76.4	620.9
2000	150.6	123.2	89.0	49.0	2.9	39.4	0.0	0.0	27.0	29.4	34.0	76.4	620.9
2001	150.6	123.2	89.0	49.0	2.9	39.4	0.0	0.0	27.0	29.4	34.0	76.4	620.9
2002	150.6	123.2	89.0	49.0	2.9	39.4	0.0	0.0	27.0	29.4	34.0	76.4	620.9
2003	150.6	123.2	89.0	49.0	2.9	39.4	0.0	0.0	27.0	29.4	34.0	76.4	620.9
TOT.	5511.5	4692.6	3844.6	1744.4	238.3	443.9	49.2	117.4	723.4	1084.6	1714.8	3055.1	23219.8
MAX.	372.6	293.2	247.8	156.1	56.5	43.3	25.2	22.6	72.5	111.5	137.7	217.4	1341.3
MIN.	16.3	40.8	9.9	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	2.4	22.5	294.1
PROM.	153.1	130.4	106.8	48.5	6.6	12.3	1.4	3.3	20.1	31.0	47.6	87.3	751.9
STAN													

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI-PUNO.

CUADRO 4.2

CUADRO DE TEMPERATURAS (°C)

ESTACION	: PUNO	LATIT. S	: 15° 50'	DPTO.	: Puno
CODIGO	: 708	LONG. W	: 70° 01'	PROV.	: Puno
CATEGORIA	: PC	ALTITUD	3850 msnm	DIST.	: Puno

DESCRIPCION	ALTITUD (m.s.n.m.)		
	3850	4000	4200
TEMPERTURA MAXIMA ANUAL °C	+ 14.40	+ 13.00	+ 6.70
TEMPERTURA MINIMA ANUAL °Cz	+ 2.30	+ 0.90	- 5.40
TEMPERTURA MEDIA ANUAL °C	+ 9.20	+ 6.90	+ 0.60

FUENTE : Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SENAMHI - PUNO.

NOTA.- La gradiente de temperaturas correspondientes entre 3850 y
4200 m.s.n.m., es equivalente a -0.7°C por cada 100 m. de altitud.

DETERMINACION DE LA MAXIMA DESCARGA.-

La determinación del caudal tiene por objeto el cálculo de la longitud en el caso de puentes y la determinación de las áreas hidráulicas en el caso de alcantarillas. Los métodos para el cálculo del gasto son:

a) **METODO DE COMPARACION.**

Consiste en la determinación del gasto por comparación o bien usando fórmulas se realiza mediante la observación y estudio de la eficiencia de una estructura cercana a la obra durante un periodo de 10 a 50 años.

b) **METODO DEL ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL.**

El cálculo en este método, se produce mediante el uso de fórmulas racionales y empíricas, registros de precipitaciones pluviales, los que están en relación directa con las intensidades máximas de precipitación para distintos periodos y duraciones de ocurrencia para cuencas de hasta 1500 hectáreas (15 km²).

Para el caso de cuencas mayores a 15 km² existen relaciones empíricas que están en función del tamaño del área de la cuenca.

Los métodos más aplicados son los siguientes:

b.1 METODO RACIONAL.

Utilizado para cuencas con áreas menores a 50 hectáreas (0.50 km²).

b.2 METODO TMP (TRACCYTLY MAXIMIZED METHOD).

Es aplicado para cuencas con áreas máximas de 15 km², es más realista que la anterior.

b.3 METODO DE BURKLY - ZIEGLER.

Se emplea para calcular el gasto máximo producido en una alcantarilla debido a un intenso aguacero en un área tributaria pequeña menor de 250 Hás (2.5 km²).

b.4 METODO DE DICKENS.

Empleando para calcular el gasto máximo producido en una alcantarilla debido a una lluvia de 24 horas de duración en un área tributaria entre 25 a 2500 Hás (0.25 a 250 km²).

b.5 METODO DE TALBOT.

La fórmula da directamente el área del canal o alcantarilla siendo por ello conveniente y simple su empleo, además de ser un método empírico. No toma en cuenta la intensidad de la precipitación ni la velocidad de escurrimiento ni otros factores racionales.

b.6 METODO DE HOWARD COOK.

Este método es aplicable para el cálculo del caudal en avenidas en pequeñas cuencas que no cuentan con datos pluviométricos o

hidrométricos, para el efecto se requiere de un reconocimiento de la cuenca a fin de determinar sus características físicas definidas como: relieve, infiltración, cobertura vegetal y almacenamiento superficial, a las que se les asigna diferentes pesos. Así mismo se determina la longitud y el área aproximada de la cuenca. La sumatoria de los pesos de las características físicas y el área de la cuenca permiten establecer gráficamente el caudal básico de avenidas para una frecuencia de 25 años, multiplicando este caudal básico por un factor de lluvia y por un factor de forma se obtiene el caudal máximo de avenidas.

El método de COOK se utiliza para el dimensionamiento de alcantarillas, drenes y cualquier estructura hidráulica que no requiera de cálculos muy precisos y que su dimensionamiento considere el caudal de avenidas de una pequeña cuenca siendo esta la más económica para el caso de carreteras.

2.05 CONSERVACION Y MANTENIMIENTO DE CONSTRUCCIONES

Estas actividades por lo general están siempre descuidadas, sobre todo con las referidas al drenaje subterráneo y drenaje superficial. Para mayor objetividad mostramos las siguientes fotografías que de por si son objetivas.



COMPLEJO DEPORTIVO LA CAPILLA.- Se aprecia la falta de conservación y mantenimiento, la humedad de los ladrillos de la parte inferior se viene desintegrando.



INMUEBLE DE LA AV. HUANCANE.- Se aprecia que los muros de ladrillo están en contacto directo con las veredas y la humedad con facilidad desintegra a los ladrillos, falta conservación y mantenimiento.

CAPITULO III

ESTATICA DE FLUIDOS

3.00 INTRODUCCION

No existen esfuerzos cortantes en los fluidos en reposo, por lo que solamente están presentes las fuerzas normales de presión. Las fuerzas normales producidas por fluidos en reposo son a menudo muy importantes. Por ejemplo, tienden a reventar presas de hormigón, recipientes a presión, y romper las compuertas de las esclusas en los canales. Evidentemente, para diseñar semejantes instalaciones, necesitamos calcular la magnitud y la posición de las fuerzas normales de presión. Entenderlas nos permitirá desarrollar instrumentos para medir la presión y sistemas para transferir la presión, tales como los empleados en frenos de coche y montacargas.

Nótese que se pueden producir fuerzas normales de presión en un fluido móvil sólo si se mueve el fluido como un conjunto sin deformación, es decir, como si fuera sólido o rígido.

La intensidad media de la presión p se define como la fuerza ejercida sobre una unidad de área. Si F representa la fuerza de presión normal total sobre un área finita A , mientras que dF representa la fuerza sobre un área infinitesimal dA , la presión viene dada por:

$$p = \frac{\partial F}{\partial A}$$

Si la presión es uniforme sobre todo el área, entonces $p = F/A$. En el sistema internacional (SI) las unidades de presión que se utilizan comúnmente son el pascal

3.01 PRESION DE UN PUNTO DEL SUELO

En un sólido, debido a la posibilidad de esfuerzos tangenciales entre partículas adyacentes, los esfuerzos en un punto dado pueden variar en direcciones distintas. Pero no pueden existir esfuerzos tangenciales en un fluido en reposo, y las únicas fuerzas entre superficies adyacentes son las fuerzas de presión normales a las superficies. Por tanto, el valor de la presión en cualquier punto en un fluido en reposo es igual en todas las direcciones.

Esto se puede comprobar examinando la Figura 3.1, que representa un elemento muy pequeño de fluido en reposo con forma de cuña cuyo espesor normal al plano del papel es constante e igual a dy .

Las fuerzas que actúan sobre el elemento de fluido, con la excepción de aquéllas en la dirección y y en las dos caras paralelas al plano del papel, se han representado en la figura. Para nuestros fines, no es preciso tener en cuenta las fuerzas en la dirección y porque se cancelan mutuamente. Debido a que el fluido está en reposo, no están implicadas fuerzas tangenciales. Como ésta es una condición de equilibrio, la suma de los componentes de fuerza en el elemento en una dirección dada debe ser igual a cero.

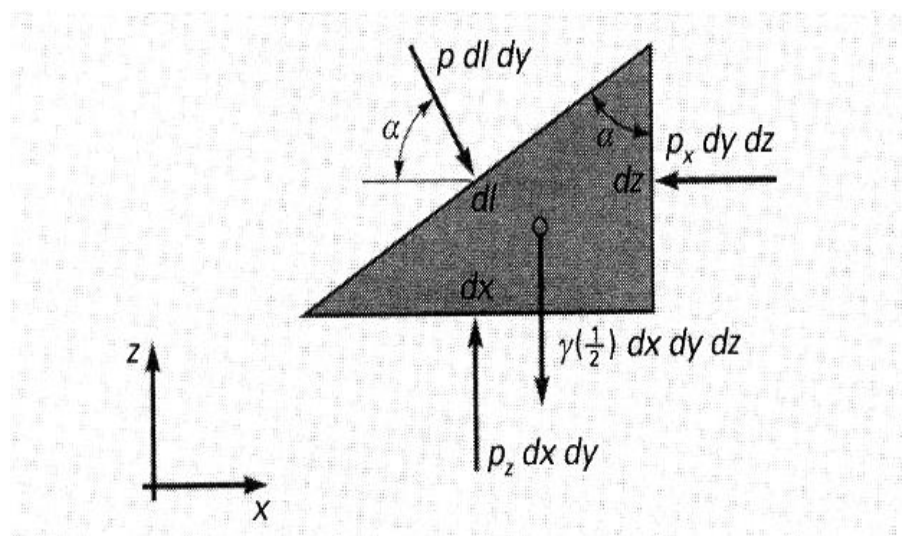


FIG. 3.1

VARIACIÓN DE PRESIÓN EN UN FLUIDO EN REPOSO

Considere el elemento diferencial de fluido en reposo mostrado en la Figura 3.2. Como el elemento es muy pequeño, se puede suponer que la densidad del fluido dentro del elemento es constante. Suponga que la presión en el centro del elemento tiene un valor de p y que las dimensiones del elemento son dx , dy y dz . Las fuerzas que actúan sobre el elemento del fluido en la dirección vertical son

- a) la fuerza interior, la acción de la gravedad sobre la masa dentro del elemento.
- b) las fuerzas superficiales, transmitidas desde el fluido a su alrededor y actuando perpendicularmente contra las caras inferiores, superior y laterales del elemento.

Debido a que el elemento está en reposo, el elemento se encuentra en un estado de equilibrio y la suma de las fuerzas que actúan sobre el elemento en cualquier dirección debe ser igual a cero.

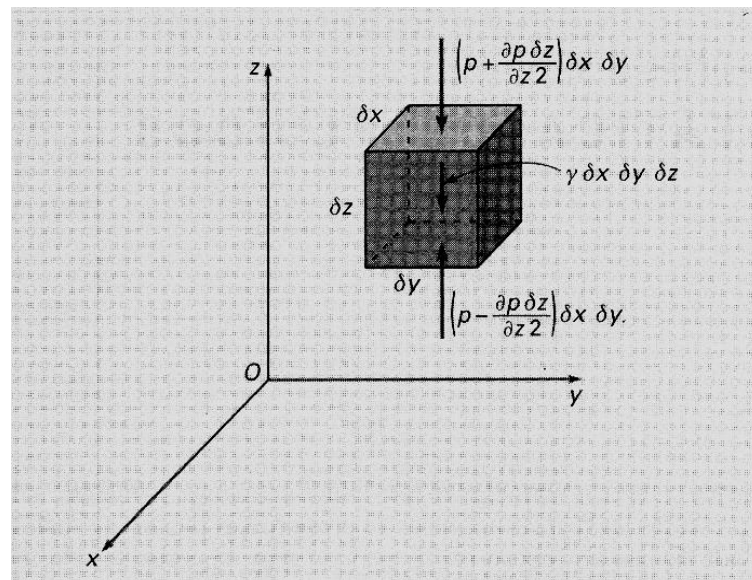


FIG. 3.2

$$\frac{\partial P}{\partial Z} = - \gamma$$

Ésta es la expresión general que relaciona la variación de presión en un fluido en reposo con la posición vertical. El signo negativo indica que mientras z aumenta (mayor elevación) disminuye la presión.

3.02 PRESION EXPRESADA COMO LA ALTURA DE UN FLUIDO

Imagine un depósito de líquido abierto cuya superficie no experimenta presión, aunque en realidad la presión mínima sobre cualquier superficie de líquido es la presión de su propio vapor (Figura 3.3). La presión a cualquier profundidad h es $p = \gamma h$. Si se supone que γ es igual a una constante, existe una relación explícita entre p y h . Esto es, presión (fuerza por unidad de área) es equivalente a una altura h de algún fluido de peso específico constante γ . Muchas veces es más conveniente expresar la presión en términos de una altura de una columna de fluido que como presión por unidad de área. Incluso dado el caso que la superficie del líquido sufra alguna presión, sólo es necesario convertir esta presión en una altura equivalente del fluido en cuestión y sumarle al valor de h mostrado en la Figura 3.3, para obtener la presión total.

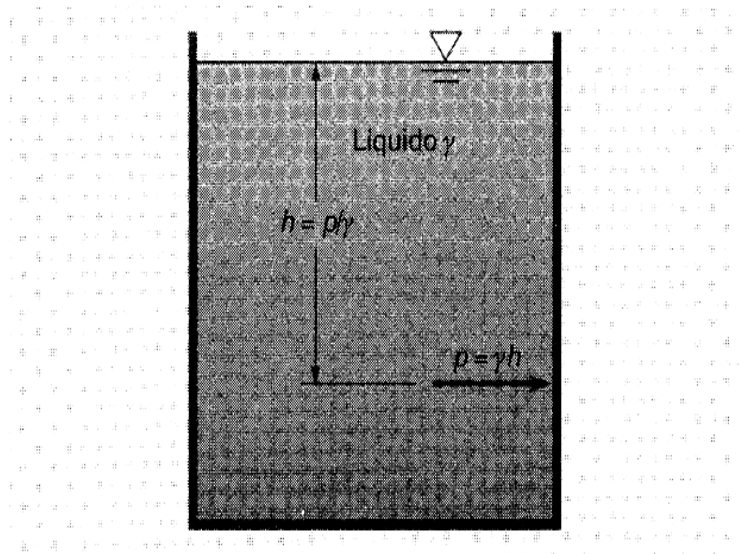


FIG. 3.3

La exposición anterior ha tratado de un líquido, pero es igualmente válido utilizada para un gas o vapor especificando un peso específico constante y para el gas o vapor en cuestión. Por tanto, la presión se puede expresar como la altura de una columna de *cualquier* fluido mediante la relación

Esta relación es válida para cualquier sistema de unidades coherente. Cuando la presión se expresa de esta manera, se suele denominar altura de presión.

Es conveniente expresar las presiones que se producen en un fluido en términos de la altura de otro fluido, por ejemplo, presión barométrica en milímetros de mercurio.

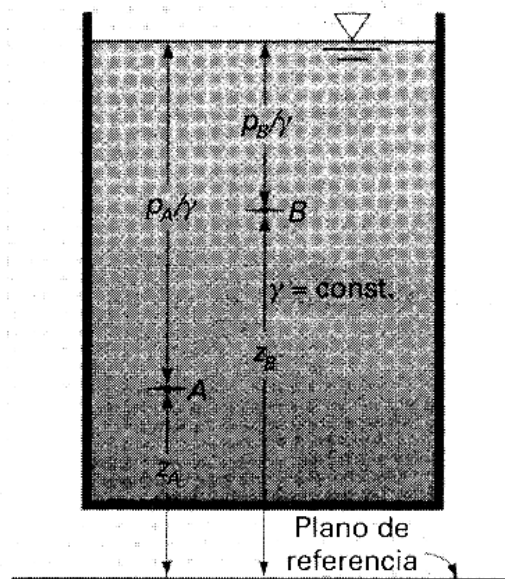


FIG. 3.4

3.03 PRINCIPIOS BASICOS DEL FLUJO DE FLUIDOS

En este capítulo trataremos de la velocidad y aceleración de los fluidos y de sus distribuciones en el espacio sin tener en cuenta fuerza alguna que pudiera estar implicada.

Debido a que solamente se pueden tratar ciertos tipos de flujo con los métodos de la cinemática, y porque hay muchos tipos distintos de flujo, resumiremos éstos primero para dar una perspectiva general. También se presentan algunos conceptos relacionados, especialmente el volumen de control y la red de flujo.

3.04 TIPOS DE FLUJO

Cuando se habla de un flujo fluido, nos referimos muchas veces al flujo de un fluido ideal. Se supone que semejante fluido no tiene viscosidad. Esta situación idealizada no existe; no obstante, se dan casos de problemas de ingeniería donde la suposición de un fluido ideal ayuda a resolverlos. Cuando hacemos referencia al flujo de un fluido real, los efectos de la viscosidad se introducen en el problema. Esto da lugar al desarrollo de esfuerzos cortantes entre partículas del fluido vecinas cuando están moviéndose a velocidades distintas. En el caso de un fluido ideal que fluye dentro de un conducto recto, todas las partículas se mueven en líneas paralelas a igual velocidad (Figura 3.04 a). En el flujo de un fluido real la velocidad adyacente a la pared tendrá un valor de 0; se incrementará rápidamente dentro de una distancia corta desde la pared y producirá un perfil de velocidades tal como el representado en la Figura 3.04 b.

Perfiles de velocidad típico. a) Fluido perfecto. b) Fluido real.

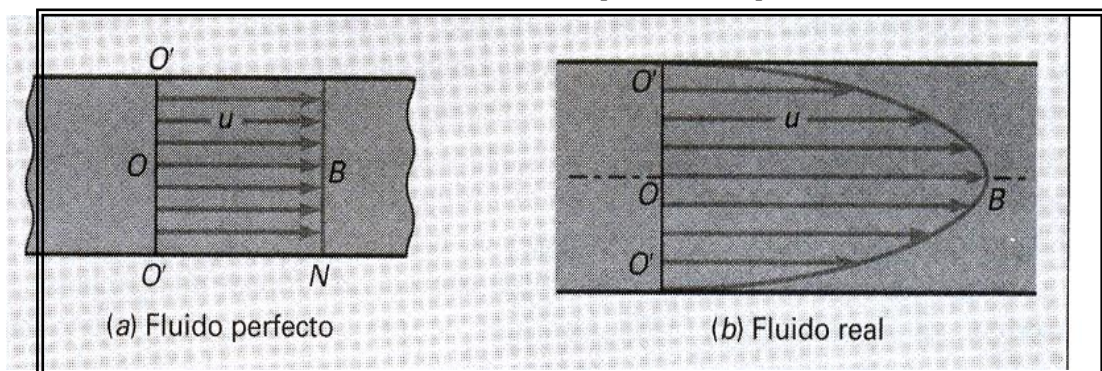


FIG. 3.04

Un flujo se puede clasificar también como el flujo de un fluido incompresible o compresible. Debido a que los líquidos son relativamente incompresibles, se suelen tratar como fluidos totalmente incompresibles. Bajo con-

diciones particulares donde hay poca variación en la presión, el flujo de los gases se puede considerar también como incompresible, aunque generalmente deben tenerse en cuenta los efectos de la compresibilidad del gas.

Además del flujo de los distintos tipos de fluidos, es decir, reales, ideales, incompresibles y compresibles, existen varias clasificaciones del flujo. El flujo puede ser estacionario o no estacionario con respecto al tiempo. Puede ser laminar o turbulento, como se tratará en la siguiente sección. Otras clasificaciones del flujo incluyen rotacional o irrotacional, supercrítico o subcrítico, etc.

FLUJO LAMINAR Y TURBULENTO

En una situación dada, el hecho de que un flujo sea laminar o turbulento, o sea una combinación en mayor o menor grado de uno de los dos, es muy importante por los efectos marcadamente distintos que estos dos tipos de flujo tienen sobre una variedad de características del flujo, incluyendo pérdidas de energía, perfiles de velocidad y mezcla de materias transportadas.

Osborne Reynolds demostró en 1883 que había dos tipos claramente diferentes de flujo. Inyectó una corriente fina como un hilo de líquido coloreado, que tenía la misma densidad que el agua, en la entrada de un tubo grande de vidrio a través del cual fluía agua desde un depósito. Una válvula en el extremo de descarga le permitía variar el flujo. Cuando la velocidad dentro del tubo era pequeña, este líquido de color se veía como una línea recta a lo largo de todo el tubo, mostrando por tanto que las partículas del agua se movían en líneas rectas paralelas. Cuando la velocidad del agua se iba incrementando gradualmente al abrir la válvula cada vez más, había un punto en que cambiaba el flujo. La línea empezaba a ondularse al principio, y luego a una distancia corta de la entrada se rompía en numerosos vórtices después de los cuales el color se dispersaba uniformemente de tal modo que no se podía distinguir ninguna línea de corriente. Observaciones posteriores han mostrado que en el último tipo de flujo las velocidades están sujetas a fluctuaciones irregulares continuamente.

El primer tipo de flujo se denomina laminar, de líneas de corriente, o viscoso. El significado de estos términos es que el fluido parece moverse debido al deslizamiento de láminas de espesor infinitesimal sobre láminas adyacentes, con el movimiento relativo de partículas de fluido ocurriendo a una escala molecular; las partículas se mueven sobre trayectorias o líneas de corriente definidas y observables, como en la Figura 4.2; y además el flujo es característico de un fluido viscoso o de un fluido en que la viscosidad juega un papel significativo.

El segundo tipo de flujo se denomina flujo turbulento, y aparece en la Figura 4.3, donde (a) representa el movimiento irregular de un gran número de partículas durante un intervalo muy breve de tiempo, mientras que (b) muestra la trayectoria errática seguida por una partícula única durante un intervalo más largo de tiempo. Una característica particular de la turbulencia es su irregularidad, dado que no hay una frecuencia definida como en la acción de las olas, y no se produce una configuración observable como en el caso de los grandes torbellinos.

Los grandes torbellinos y los movimientos irregulares de grandes masas de fluido, que se pueden atribuir a fuentes de perturbación obvias, no constituyen turbulencia, pero se pueden describir como flujo perturbado. En cambio, se puede encontrar turbulencia dentro de lo que parece ser una corriente que fluye muy suavemente y en la que no parece haber ninguna fuente de perturbación. El flujo turbulento se caracteriza por fluctuaciones en la velocidad en todos los puntos del campo fluido.

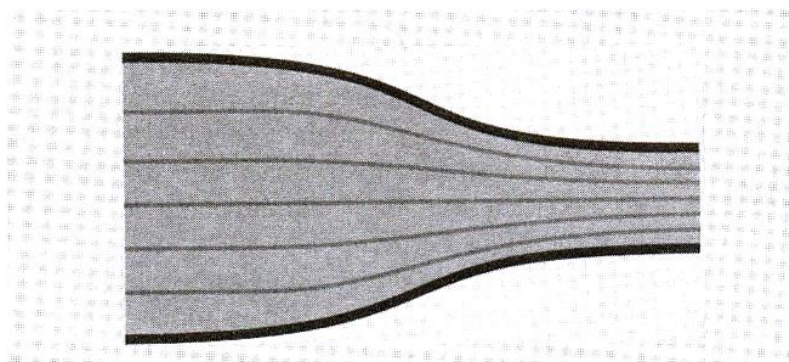


FIG. 4.2

Estas fluctuaciones se producen porque el fluido se mueve como una serie de partículas pequeñas discretas o «paquetes», denominados remolinos, empujándose entre ellos de forma aleatoria. Aunque son pequeños, los remolinos más pequeños tienen un tamaño macroscópico, mucho mayores que el tamaño molecular de las partículas en el flujo laminar. Los remolinos interactúan entre sí y con el flujo general. Son la causa de la efectiva acción mezcladora que se observa en flujos turbulentos. Cerca de los contornos, los remolinos giran a menudo. Cambian de forma y tamaño con el tiempo, mientras se mueven con el flujo. Cada remolino disipa su energía mediante una interacción cortante viscosa con su entorno y desaparece finalmente. Nuevos remolinos se forman continuamente. Los remolinos grandes (turbulencia a gran escala) tienen remolinos más pequeños dentro de ellos que dan lugar a turbulencia a pequeña escala. Las fluctuaciones de velocidad resultantes son rápidas e irregulares y a menudo se pueden detectar solamente por medio de un medidor de respuesta rápida, como un anemómetro de hilo caliente o película caliente.

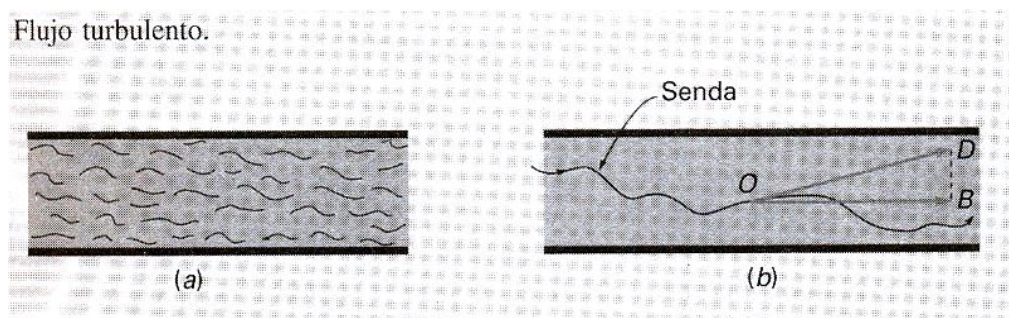


FIG. 4.3

FLUJO ESTACIONARIO Y FLUJO UNIFORME

En un flujo estacionario, todas las condiciones en un punto dentro de una corriente se mantienen constantes con respecto al tiempo, pero las condiciones pueden ser distintas en puntos distintos. En un flujo uniforme verdadero la velocidad en un instante dado es igual tanto en magnitud como en dirección en cada punto del fluido. Es preciso modificar de alguna manera ambas definiciones, puesto que el flujo estacionario verdadero se encuentra únicamente en flujos laminares. En el flujo turbulento hay fluctuaciones continuas en la velocidad y en la presión en cada punto, como se explicó anteriormente. Pero si los valores fluctúan igualmente a ambos lados de un

valor medio constante, el flujo se denomina flujo estacionario. Sin embargo, una nomenclatura más correcta para este caso sería la de flujo estacionario medio.

De la misma manera, esta definición estricta del flujo uniforme tendrá poco significado para un flujo de un fluido real donde la velocidad varía a través de una sección, como en la Figura 4.1b. Pero cuando el tamaño y la forma de la sección transversal son constantes a lo largo del canal bajo consideración, el flujo se denomina uniforme.

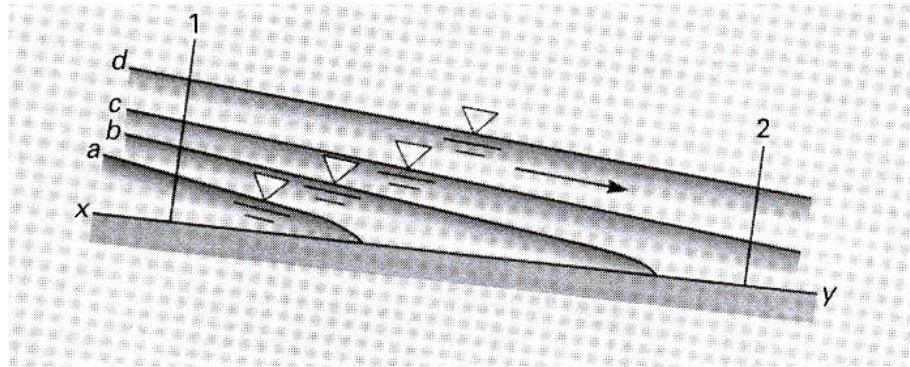
Los flujos estacionario (o no estacionario) y uniforme (o no uniforme) pueden existir independientemente uno del otro, de tal modo que cualquiera de las cuatro combinaciones es posible. Por tanto, el flujo de líquido a caudal constante en una tubería recta y larga de diámetro constante es un flujo uniforme estacionario, el flujo de líquido a caudal constante a través de una tubería cónica es un flujo no uniforme estacionario, mientras que si hay un cambio de caudal, estos casos se convierten en flujo uniforme no estacionario y flujo no uniforme no estacionario respectivamente.

El flujo no estacionario es un fenómeno transitorio, que con el tiempo se puede convertir en flujo estacionario o desaparecer. Un ejemplo se puede ver en la Figura 4.4, donde (a) representa la superficie de una corriente que acaba de entrar en el fondo de un canal al abrir repentinamente una compuerta. Después de un cierto tiempo la superficie del agua se encontrará en (b), luego en (c), y finalmente llega a un equilibrio en (d). El flujo no estacionario entonces se ha convertido en un flujo estacionario medio. Otro ejemplo de un fenómeno transitorio se produce cuando se cierra una válvula en el extremo de descarga de una tubería, dando lugar a que la velocidad en la tubería se reduzca a cero. Mientras tanto se producirán fluctuaciones tanto en la velocidad como en la presión dentro de la tubería.

El flujo no estacionario puede incluir también el movimiento periódico como el de las olas en las playas, el movimiento de las mareas en los estuarios y otras oscilaciones. La diferencia entre tales casos y los casos de flujo

estacionario medio reside en que las desviaciones de la media son mucho mayores y la escala de tiempo es también mucho más larga.

Flujo no estacionario en un canal



3.05 SENDAS, LINEAS DE CORRIENTE Y LINIAS FLUIDAS

Una senda (Figura 4.3b) es la trayectoria seguida por una partícula individual durante un período de tiempo. Si una cámara tomase una exposición prolongada de un flujo en el que hubiera una partícula coloreada de fluido para que se impresione el negativo, la fotografía mostraría la trayectoria seguida por la partícula. Ésta sería su senda. La senda indica la dirección de la velocidad de la partícula en instantes sucesivos de tiempo.

Las líneas de corriente indican la dirección media de una serie de partículas en el mismo instante de tiempo. Si una cámara tomase una exposición muy corta de un flujo donde hubiera un número grande de partículas, cada partícula marcaría un recorrido corto que indicaría su velocidad durante ese breve intervalo. Una serie de curvas trazadas tangentes a los vectores de velocidad media son líneas de corriente.

Sendas y líneas de corriente son idénticas en el flujo estacionario de un fluido en que no hay componentes de velocidad que fluctúan, en otras palabras, para un flujo estacionario verdadero. Semejante flujo puede ser el de un fluido ideal sin fricción o el de un fluido tan viscoso que se mueve tan lentamente que no se forman remolinos. Este último es el flujo laminar,

dentro del cual las capas de fluido se deslizan suavemente, una sobre la otra. En el flujo turbulento, sin embargo, las sendas y líneas de corriente no coinciden, siendo las sendas muy irregulares mientras que las líneas de corriente son en todas partes tangentes a la velocidad media temporal local. Las líneas de la Figura 4.2 representan tanto sendas como líneas de corriente, si el flujo es laminar; representan solamente líneas de corriente si el flujo es turbulento.

En la Mecánica de fluidos experimental se suele inyectar un tinte u otro trazador en el flujo para trazar el movimiento de las partículas de fluido. Si el flujo es laminar, el resultado es una cinta de color. A ésta se le denomina línea de traza o línea de filamento. Representa una imagen instantánea de la posición de todas las partículas del flujo que han pasado por un punto dado (es decir, el punto de inyección). Al utilizar las técnicas de trazador de fluido es importante elegir un trazador con características físicas (sobre todo la densidad) igual a las del fluido observado. Por tanto, el humo que sube de un cigarro, aunque da la impresión de ser una línea de traza, no representa correctamente el movimiento del aire del ambiente en la habitación debido a que es menos denso que el aire, por lo que asciende más rápidamente.

3.06 CANTIDAD DE FLUJO Y VELOCIDAD MEDIA

La cantidad de fluido que fluye por unidad de tiempo a través de cualquier sección se denomina cantidad de flujo o simplemente flujo. Se puede expresar:

- 1) en términos de flujo volumétrico (caudal) (metros cúbicos por segundo, m^3/s)
- 2) en términos del flujo másico (kilogramos por segundo, kg/s)
- 3) el flujo de peso (kilonewtones por segundo, kN/s).

Al tratar con fluidos incompresibles, normalmente se utiliza el caudal, mientras que el flujo de peso o flujo másico es más conveniente con fluidos compresibles.

Esto indica que el caudal es igual a la magnitud de la velocidad media multiplicado por el área de flujo normal a la dirección de la velocidad media. El flujo másico y el flujo de peso se pueden calcular multiplicando el caudal por la densidad y el peso específico del fluido respectivamente.

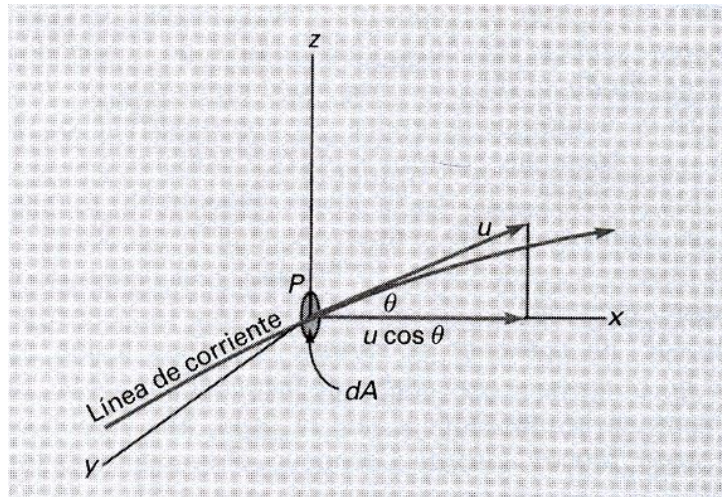


FIG. 4.5

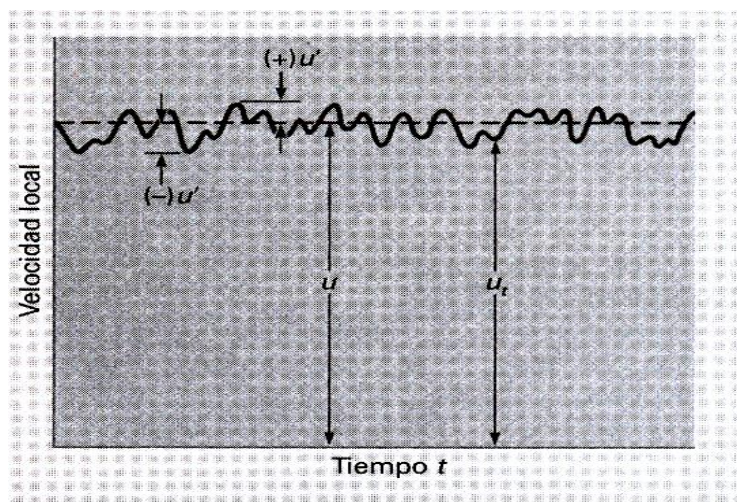


FIG. 4.6

En un fluido real la velocidad media temporal local u variará de alguna manera a través de la sección.

CAPITULO IV

DRENAJE SUPERFICIAL Y SUBTERRANEO

4.00 INTRODUCCION

Ya se ha establecido sobre la importancia de las técnicas destinadas a recoger, canalizar y eliminar las aguas susceptibles de perjudicar de cualquier modo a una carretera o a una pista: Las aguas amenazan a estas estructuras de muy diversas maneras; procedentes de las lluvias, se infiltran o discurren por la superficie del terreno.

Las aguas que fluyen superficialmente provocan erosiones en cortes y terraplenes y tienden a correr hacia las cañadas y bajos topográficos; allí se almacenan a causa del obstáculo que representa el bordo de tierra, a no ser que sean oportunamente eliminadas por una alcantarilla construida a través de la estructura; al almacenarse, se infiltran a través del bordo produciendo en él

saturación que abate su resistencia al esfuerzo cortante y propicia asentamientos, fuerzas de filtración que amenazan su estabilidad y peligro de tubificación, Las aguas que se infiltran en el terreno tienden a brotar en los cortes practicados para alojar en las carreteras o en las coronas de las mismas, amenazando la estabilidad de los primeros y el buen comportamiento de los pavimentos que cubren las segundas.

Los problemas de drenaje superficial o subterráneo (subdrenaje) son de la mayor importancia en la construcción de carreteras y vías y se reflejan quizá más que cualesquiera otros en la duración y buen funcionamiento de estas estructuras, así como en los costos de su conservación. Para muchos ingenieros con experiencia las preocupaciones de drenaje y subdrenaje son el capítulo fundamental a cuidar en el proyecto y construcción.

En este capítulo se tratarán los aspectos básicos relativos a drenaje en general, haciendo énfasis en las vías, por lo menos en una aproximación no muy detallada, como será la que aquí se intente; desde luego únicamente se tratarán aquellos aspectos del tema que en forma más o menos directa caigan dentro de la jurisdicción de la Mecánica de Suelos.

4.01 ORIGEN DEL AGUA SUPERFICIAL

El agua como toda materia, ni se crea ni se destruye solamente se transforma y desarrolla un ciclo en la naturaleza al que denominamos ciclo del agua. Este ciclo consiste fundamentalmente en: Circulación del agua del océano, a través de la atmósfera, hacia el continente; su retorno al océano en varias formas después de su detención ocasional por escurrimiento superficial o subterráneo, y en parte también por la misma atmósfera.

Corto circuitos que eliminan etapas del ciclo completo, como por ejemplo: el paso de agua del subsuelo y de la superficie terrestre hacia la atmósfera sin pasar por el océano. la fuente principal de energía que da movimiento a este ciclo es la radiación solar. El ciclo se origina con la evaporación del agua depositada en los mares y océanos que al ascender se condensa

formando las nubes las que transportadas por los vientos se distribuyen irregularmente sobre la superficie de la tierra. La condensación del vapor de agua la vuelve a su estado líquido, en cuya forma se precipita por la acción de la gravedad, adquiriendo en su recorrido a través de la atmósfera, gases y otros elementos sólidos y líquidos.

La precipitación en forma de lluvia a la superficie de la tierra hace que parte del agua corra por ella (escurrimiento superficial) por los ríos y arroyos y finalmente va a Engrosar el caudal de los mares y océanos, aunque una parte queda depositada en las depresiones del terreno (lagos, presas).

Otro volumen apreciable de agua se infiltra en el subsuelo y recorre sus distintas capas, vertical y horizontalmente (infiltración) , dando origen a los mantos de agua. freáticos y profundos, hasta ir también a parar a los mares y océanos. En estos diversos recorridos las aguas siguen modificando su calidad al incorporárseles elementos biológicos y químicos (orgánicos e inorgánicos) que se encuentran en la superficie y el subsuelo, muchos de los cuales son dañinos para la salud del hombre.

El contenido de sustancias extrañas en el agua procede, en mínima parte, de la atmósfera, y en su gran mayoría de la tierra. Las aguas superficiales son las que se contaminan con más facilidad, a causa de su mayor exposición a las fuentes habituales de contaminación. Las aguas subterráneas sufren una filtración que será mayor o menor según la calidad del terreno que atraviesan en su descenso y el grosor de la capa filtrante. Así, el agua será más pura cuando atraviesa gruesas capas de tierra fina, arenosa, que cuando se infiltra a través de terrenos fisurados o agrietados. Pero el agua subterránea puede también arrastrar sustancias extrañas que encuentra en los terrenos por los que atraviesa, así como microorganismos provenientes de la superficie de la tierra o de pozos negros u otro origen.

En síntesis, se puede resumir el origen de la contaminación de las aguas, en estos dos grandes grupos: Por aguas provenientes de fenómenos naturales (erosión, etc.) . Por aguas residuales de las actividades humanas (albañales domésticos o residuales industriales). Autodepuración de los cursos de agua con posterioridad a la contaminación de una masa líquida, en esta ocurren

paulatinamente químicas, devolver le bioquímicas y regidas por biológicas, leyes físicas, transformaciones complejas que tienden a sus condiciones primitivas. Transcurrido cierto período de tiempo el curso de agua puede regenerarse, constituyendo esto el fenómeno denominado autodepuración, que es uno de los ciclos sorprendentes por medio de los cuales la naturaleza trata de mantener su equilibrio. La capacidad de un curso de agua para neutralizar los daños físicos de una contaminación se determina por dos características: Su caudal o volumen, que permite la dilución de la materia contaminante y por otro lado su velocidad, que impide la formación de depósitos de sedimentos o que los remueve cuando su sección se reduce a causa de ellos. Las aguas subterráneas son un recurso nacional muy importante. Tenemos que protegerlas contra la contaminación. Más del 50% de la población de la sociedad mundial y 95% de los peruanos que viven en zonas rurales usan aguas subterráneas para sus usos domésticos. La responsabilidad de proteger las aguas subterráneas radica principalmente en la los comunidad local, pues las condiciones y abastecimientos de aguas subterráneas varían de un área a otra.

4.02 ORIGEN DEL AGUA SUBTERRANEA

En esta parte se desarrolla la importancia que tiene las aguas subterráneas en la estabilidad de las masas de tierra como en carreteras; sin embargo paradójicamente los verdaderos mecanismos a través de los que el agua actúa sobre la estabilidad son poco comprendidos. Las aguas del subsuelo como las aguas provienen de las lluvias, no son independiente unas de otras si no que por el contrario están muy ligadas entre si. Muchas corrientes superficiales reciben agua del subsuelo y se realimentan de las aguas superficiales.

El estudio tiene por objetivo determinar de que manera las aguas subterráneas influyen en el deterioro de las construcciones y considerar, precauciones contra sus malos efectos, control del recurso agua, dar una solución mediante sistema de drenaje, siendo esta una aplicación que se

puede utilizar dentro de la Ingeniería, de tal manera que el líquido no cause daño a la dicha vía propiamente.

El agua que se encuentra en el subsuelo tiene usualmente cualquiera de tres orígenes.

- a. **Aguas Meteóricas.** Caída de la atmósfera (precipitación), en forma de lluvia o nieve.
- b. **Agua de formación.-** Se encuentra presente en la roca durante su formación o deposición ocupando los espacios entre sedimentos que quedaron en el fondo de océanos y lagos; esta agua es generalmente salada, los sedimentos formados en aguas marinas son los más abundantes entre los que hoy puede encontrarse.
- c. **Aguas magmáticas o juvenil.-** Producto actividad volcánica, de la magmática o de la condensación de vapores derivados de magmas profundos (formada químicamente dentro del subsuelo y traída a la superficie por rocas intrusitas. Tanto el agua de formación como agua juvenil con frecuencia son la fuente de minerales indeseables en el agua subterránea). Probablemente esta agua es mucho mas abundante de lo que en principio pudiera sospecharse y para comprenderlo así basta considerar que el 90% del producto total arrojado por los volcanes es vapor de agua, lo que da idea de la abundancia de las aguas magmáticas, independientemente de que sido una buena parte de ese vapor debe haber suministrado al volcán por diversas fuentes superficiales y subterráneas.

La cantidad de agua que penetra a la tierra determinada por varios factores.

1. Cantidad y tipo de precipitación.
2. **Ritmo de precipitación.-** Cuando mas rápidamente cae la lluvia, menos agua penetra, pues se satura la superficie del terreno.

3. **Declive superficial.-** La infiltración es mayor en terrenos más planos, a los que corresponde velocidades de escurrimiento superficial menores.
4. La porosidad de los suelos y las rocas.
5. **La permeabilidad de los suelos y las rocas.-** Una formación muy porosa no es necesariamente muy permeable.
6. **La estructuración de suelos y rocas.-** Especialmente en lo que refiere a fracturación, estratigrafía y a la secuencia de los estratos permeables y los impermeables.
7. Cantidad y tipo de vegetación.
8. **Humedad atmosférica.-** Si la humedad es baja, gran parte del agua caída se evapora antes de penetrar en el terreno.

4.03 VARIEDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

Entendiéndose al agua como un compuesto químico formado por dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O), o unión de hidrógeno y otro de oxidrilo (OH). Su fórmula es H_2O . El agua es el elemento fundamental para el desarrollo de la vida. Elemento vital, el PH del agua es 7, esta por 16 partes de oxígeno, y dos de hidrógeno, por lo tanto su peso atómico es 18.

Las aguas subterráneas se localizan en una zona con cavidades conectadas entre sí, son constituidas por el agua precipitada sobre la tierra como lluvia, granizo o nieve que se filtra a través de la tierra.

De acuerdo a su variedad se clasifican en dos tipos.

- aguas freáticas
- aguas artesianas

De acuerdo a su posición se encuentran en la zona de saturación, en esta zona las cavidades están llenas de agua bajo presión hidrostática y reciben el nombre de agua subterránea.

Agua Freática.- (Nivel freático), se encuentra paralelo a la superficie del suelo y su profundidad varia desde unos centímetros hasta cientos de metro, lugar donde los intersticios están llenos de agua.

Aguas Artesianas.- (Acuíferos confinados) las aguas artesianas se encuentran generalmente a presión debido al peso de sobrecarga y a la cabeza hidrostática.

4.04 NIVEL FREÁTICO

Nivel freático o nivel piezométrico se le suele denominar altura piezométrica, cota piezométrica o carga hidráulica, pero un termino muy usado en geotecnia es el nivel freático.

Cerca de la superficie del suelo esta la zona de aireación (agua vadosa poros del suelo con aire y agua). Bajo la zona de aereación esta la de saturación (poros del suelo llenos de agua). La frontera entre las dos zonas es el **nivel freático**.

En la zona de aereación el agua puede ser gravitacional, capilar o higroscópica. De estas tres, la capilar es la susceptible de mayores variaciones, en las zonas de aireación y saturación del agua proviene de la precipitación atmosférica, los movimientos de penetración son rápidos en la zona de aireación a la gravedad, tensión superficial atracción molecular y fuerzas osmóticas, pero en la de saturación depende del reacomodo de grandes masas de agua, la configuración del nivel freático depende del relieve superficial, permeabilidad, y del abastecimiento de agua se acercan mas en ríos y en lagos. Los periodos de sequía traen abatimientos del nivel freático, se eleva mucho tras periodos de fuertes lluvias. Estas fluctuaciones suelen ser aún mas marcadas en terrenos granulares permeables. El agua subterránea recoge fuertes aportaciones de ríos y lagos donde la elevación del nivel freático tras lluvia siempre es menor que la altura de la precipitación.

NIVEL FREÁTICO INSITU

Los pozos de ensayo que se hizo en los lugares más importante y ubicados cerca de las riveras del Lago Titicaca y en zonas donde se tienen construcciones masivas, que se hizo para ver su comportamiento, demostrado en el cuadro siguiente.

CUADRO N° 4 - 1
PROFUNDIDADES DE NIVEL FREATICO

CALICATA	LUGAR	ESTRATO	PROFUNDIDAD	NIVEL FREATICO
N° 1	SALCEDO	RELLENO NO CLASIFICADO	2.50	1.96
N° 2	AV. SIMON BOLIVAR	RELLENO NO CLASIFICADO	2.50	1.75
N° 3	AV. COSTANERA	RELLENO NO CLASIFICADO	2.50	1.86
N° 4	HUAJE	RELLENO NO CLASIFICADO	2.50	1.68

ALMACENAMIENTO Y DEPRESIONES DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

El agua subterránea puede almacenarse de varias maneras. La mayor parte se encuentra en los vacíos entre las partículas de suelo o en las cavidades, fracturas y fallas de las rocas; una parte menor puede formar ríos o lagos subterráneos.

El régimen de aguas subterráneas, su almacenamiento, sus movimientos y su afloramiento eventual, juega un papel fundamental en las consideraciones de orden geológico. En primer lugar, han de considerarse los tipos de las unidades de suelos y rocas presentes; la presencia de sedimentos no consolidados, tales como gravas arenas o formados por mezclas de estos materiales es muy importante, pues su permeabilidad, están unidas y son susceptibles de almacenar mucho agua. Las rocas ígneas cristalinas y las rocas metamórficas suelen ser las menos abundantes en agua y la que se encuentre procederá de sus fracturas. Las arcillas y los suelos arcillosos son capaces de almacenar enormes cantidades de agua.

El agua subterránea o superficial es el agua que llena todos los poros y aberturas dentro de una zona de saturación. Su parte superior se denomina capa de aguas freáticas. Entre esta y la superficie esta la zona de aireación, donde percolar las aguas descendentes para irse a reunir con la capa de aguas freáticas, y aquí los poros están ocupados alternativamente por aire y agua.

DEPRESIONES.

Existen depresiones cerradas que dan lugar a un lago si se extiende una depresión, el agua subterránea la ocupa; si la depresión es un valle abierto, produce una corriente de agua. Si la capa de aguas freáticas desciende en una estación seca, el lago o poza de poca profundidad pueden secarse. Las capas de aguas freáticas descienden temporalmente hasta que se restablezca la capa de aguas freáticas gracias a que el busque su propio nivel. El agua subterránea, como la superficial, se rige meramente por principio elemental de la gravedad.

En las estaciones secas, la capa de aguas freáticas desciende, y en las estaciones húmedas asciende. Si llega a la superficie, el terreno se hace pantanoso.

EVALUACION Y ANALISIS DE AGUAS SUB TERRANEAS

En el lugar de estudio se ha encontrado la presencia de agua subterránea, las mismas que forman parte del ciclo hidrológico y son aguas que por percolación se mantienen en movimiento a través de estratos geológicos capaces de contenerlas y de permitir su circulación.

Se ha aprovechado las calicatas que se hicieron en el lugar para obtener muestras de agua subterránea las mismas muestras tienen por objeto el estudio del acuífero o zona, el control de las variaciones temporales de composición o bien definir ciertas características locales con vistas a su uso o algún estudio particular.

Las calicatas que se hicieron fueron para verificar la profundidad del nivel freático y el tipo de material existente a fin de determinar la ascensión capilar de las aguas subterráneas.

CUADRO N° 4 - 2
PROFUNDIDADES DE NIVEL FREATICO

CALICATA	LUGAR	ESTRATO	PROFUNDIDAD	NIVEL FREATICO
N° 1	SALCEDO	RELLENO NO CLASIFICADO	2.50	1.96
N° 2	AV. SIMON BOLIVAR	RELLENO NO CLASIFICADO	2.50	1.75
N° 3	AV. COSTANERA	RELLENO NO CLASIFICADO	2.50	1.86
N° 4	HUAJE	RELLENO NO CLASIFICADO	2.50	1.68

NOTA.- Las muestras de agua para el análisis químico corresponden a los siguientes lugares: C-1 = Salcedo, C-2 = Av. Simón Bolívar, C-3 = Av. Costanera y C-4 = Huaje.

MAPAS FREÁTICAS

(mapas de isoipsas), estos mapas son preparados para una determinada época o para una estación del año, para preparar estos mapas se parte de un plano a curvas de nivel en el que se ubica los puntos de observación y los niveles absolutos de agua que uniendo estos puntos de igual valor de la superficie de agua se obtiene las líneas isofreáticas o isoipsas

Estos planos nos sirven para determinar:

- Configuración de la Napa Freática.
- Dirección de flujo.
- Gradiente hidráulico.
- Tomas de recarga y descarga

La dirección de flujo de las aguas subterráneas depende mucho de la gradiente del terreno (diferencia de cotas del terreno). Se requiere hacer el

estudio del régimen freático que consiste en la posición y fluctuación del nivel freático a través del tiempo, para tener esta información basto hacer perforaciones en el suelo (pozos) de observación de tipo eventual hasta por debajo de la napa freática.

4.05 DRENAJE SUPERFICIAL

En las vías el drenaje superficial es el destinado a captar y eliminar las aguas que corren sobre el terreno natural o sobre la estructura; principalmente, estas aguas proceden directamente de las lluvias, aunque a veces tienen su origen en inundaciones de corrientes fluviales o en manantiales. Por sus' diferencias en cuanto a las obras de defensa recomendables conviene distinguir el caso de los cortes del de los terraplenes.

En los cortes para vías las dos estructuras fundamentales del drenaje superficial son la cuneta y la contra cuneta. Las cunetas son pequeñas zanjias paralelas al eje del camino, que se construyen en los bordes de la corona, al pie del talud del corte. Su función es recoger y eliminar por gravedad las aguas pluviales que le llegan desde el talud del corte y desde la zona pavimentada del camino; para lograr esta recolección de las aguas, la superficie pavimentada deberá tener una ligera pendiente transversal (bombeo) precisamente hacia la cuneta. Generalmente la cuneta cubre toda la longitud del corte, manteniendo pendiente longitudinal en el sentido del eje del camino y hacia alguna cañada o bajo en el que pueda eliminarse el agua sin peligro de erosión; como quiera que el tramo final de bajada a la cañada tendrá una pendiente excesiva, que dará al agua alto poder erosivo, será conveniente proteger esa zona con una estructura de: descarga de mampostería o concreto, denominada lavadero. La cuneta debe ir revestida de algún material impermeable y resistente a la acción del agua corriente, para evitar filtraciones hacia los materiales que formen el pavimento o el terreno de cimentación; los materiales más utilizados para este fin han sido el concreto (de uso general mente costoso), la mampostería, el suelo~cemento, etc. La sección conveniente para una cuneta depende de la

pluviosidad de la zona, de la longitud del corte y la pendiente que pueda proyectarse; este punto debe verificarse cuidadosamente en cada caso, llegando cuando sea necesario a la construcción de cunetas de sección variable a lo largo de la longitud cubierta.

Sólo en el caso de cortes practicados en roca sana podrá pensarse en dejar sin revestimiento a una cuneta.

Es a veces frecuente en países de recursos limitados que transcurra un lapso considerable entre la construcción de las terracerías para una carretera y su pavimentación definitiva. En este caso, la cuneta plantea un problema especial pues no puede construirse en definitiva antes de la pavimentación, por hacer cambiar ésta los niveles de la corona del camino. Frecuentemente la solución dada por los técnicos a este problema es no construir cuneta alguna durante este lapso, con la consecuencia de que la sección del corte sufre deterioro por la acción del agua, requiriendo muy frecuentemente una verdadera reconstrucción en el momento de construir el pavimento.

En estos casos la experiencia ha demostrado que es más económico construir cunetas provisionales (revestidas de suelo-cemento, por ejemplo) para proteger la terracería de la carretera en el tramo de corte durante el tiempo que este sin pavimento.

4.06 DRENAJE SUBTERRANEO

La estabilidad de los cortes, terraplenes y pavimentos de una vía terrestre se ve fuertemente influida por los flujos de agua existentes en el interior de las masas de suelo, por lo que la técnica moderna ha desarrollado métodos para controlados en forma de reducir a un mínimo sus efectos perjudiciales. Como es natural, se presentarán condiciones críticas en aquellas zonas en que se aúnen una alta precipitación pluvial con características pobres en cuanto a resistencia y deformabilidad de los suelos que constituyen las terracerías de la obra vial, su terreno de cimentación y aún su inmediato contorno geológico.

Cuando se construye un corte en una vía terrestre se crea una frontera de esfuerzos exteriores nulos lo que equivale a haber efectuado una descarga en el terreno natural; esta descarga produce disminución de los esfuerzos normales y aumento de los cortantes en el terreno localizado detrás del talud del corte. La disminución de los esfuerzos normales causa, a su vez, disminución de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante, por lo que, en definitiva todo contribuye a comprometer la estabilidad de la masa de suelo en que se ubica el talud. Además el talud del corte representa también una frontera a la presión atmosférica. por lo que cualquier flujo previamente existente dentro de la masa de suelo tenderá a salir precisamente por esa superficie y por la cama del corte efectuado. Como se ha dicho repetidamente en otros lugares de este volumen, el agua que tiende a salir por el corte produce dos efectos nocivos: genera fuerzas de filtración en el sentido desfavorable y propicia las expansiones volumétricas de la masa de suelo causadas en última instancia por la descarga efectuada; todo esto conduce también a que la estabilidad del corte se vea disminuida. Como es obvio a partir de lo arriba escrito, las etapas más críticas para la estabilidad del talud suelen ser las épocas de alta precipitación pluvial o inmediatamente posteriores a ellas. ,

El efecto de los flujos internos del agua no afecta sólo a los taludes de los cortes practicados en suelos sino que también es muy perceptible e importante en los efectuados en rocas fracturadas estratificadas o. en general, en todas las formaciones rocosas que ofrezcan una cierta permeabilidad aunque sea localizada. Las juntas grietas y planos de discontinuidad suelen estar rellenos de arcilla por lo que el agua en estas formaciones. además del obvio efecto de las fuerzas de filtración produce disminución de resistencia al esfuerzo cortante en los materiales arcillosos de relleno, lo que sirve de punto de arranque para movimientos de grandes masas de roca. El efecto es particularmente perjudicial cuando el echado de los planos de estratificación o agrietamiento está dirigido hacia la corona de la obra vial.

Aun en terraplenes, los efectos del flujo de agua son nocivos e indeseables. En secciones en terraplén completo interesa el flujo interno en el suelo de cimentación, en especial si éste tiene pendiente natural; en secciones de terraplén en balcón interesa el flujo en la ladera natural y el que se infiltra al propio cuerpo del terraplén. La colocación del terraplén modifica en cualquier caso el estado de esfuerzos en el suelo que forma la ladera en que se apoya, en forma tal que van a aumentar los esfuerzos cortantes actuantes en él. así como los esfuerzos normales (por efecto de la sobrecarga que el propio terraplén representa), pero por ser la pendiente del talud del terraplén mayor que la del terreno natural el aumento en los esfuerzos cortantes no se ve debidamente compensado por el aumento de la resistencia del subsuelo, consecuencia del incremento de los esfuerzos normales. Así, la estabilidad del lugar en que se coloca el terraplén se ve disminuida. La presencia del flujo de agua agrava aún más esta situación.

Los métodos de subdrenaje en el caso de cortes tienden a controlar el flujo del agua que trata de brotar en el talud o en la cama de la obra vial reorientando el flujo de tal forma que la dirección de las fuerzas de filtración cambie y se haga menos desfavorable o disminuyendo las presiones neutras en zonas convenientes, aumentando así en ellas la resistencia de los suelos al esfuerzo cortante y restringiendo la posibilidad de cambios volumétricos.

Como ilustración del criterio a emplear es necesario analizar los cinco casos típicos que a continuación se detallan:

1) SUELO UNIFORME PERMEABLE

En este caso probablemente no se requiere ninguna instalación especial de subdrenaje ya que estos suelos son autodrenantes. El problema con estos suelos es más bien el de su alta erosionabilidad bajo el escurrimiento del agua superficial, lo cual deberá cuidarse con pendientes adecuadamente reducidas y con recubrimiento de cunetas y canalizaciones con suelo cemento o aún con concreto hidráulico.

2) SUELO UNIFORME IMPERMEABLE

Tampoco estos suelos suelen requerir subdrenaje, pues por su impermeabilidad no suelen contener flujos subterráneos de importancia. Se exceptúan aquellos casos en que sea necesario abatir las presiones hidrostáticas bajo pavimentos. Lo que sí se requiere es un buen sistema de drenaje superficial.

3) ESTRATO DE SUELO PERMEABLE SUPRAYACENTE A OTRO IMPERMEABLE

En este caso, las aguas que se filtran a través del estrato superior quedan detenidas en la frontera con el estrato impermeable y fluyen sobre ésta, siguiendo su pendiente natural. Ahora serán necesarios subdrenes de zanja que lleguen hasta dicha frontera a no ser que ésta sea muy profunda, en cuyo caso las zanjas podrán profundizarse únicamente hasta lo necesario para que el flujo que se filtre más abajo ya no sea perjudicial.

4) ESTRATO IMPERMEABLE SOBRE UN ESTRATO PERMEABLE

Este caso puede asimilarse al 2 y generalmente no requiere subdrenaje.

5) ESTRATOS ERRÁTICAMENTE DISPUESTOS CON ALTERNANCIA DE CAPAS PERMEABLES E IMPERMEABLES

Este caso generalmente requiere subdrenaje si bien no es posible dar reglas generales sobre el mismo, que dependerá de cada disposición particular. En este caso es frecuente que un drenaje superficial muy completo ahorre erogaciones de mucha cuantía en las obras requeridas de subdrenaje.

4.07 CARACTERISTICAS Y FUNCION DEL DRENAJE SUPERFICIAL

Los problemas de drenaje superficial o subterráneo son de mayor importancia en la construcción de vías y se reflejan quizás más que cualquiera otro en duración y buen funcionamiento de estas estructuras, así como en los costos de su conservación. Esta parte es fundamental para el estudio y construcción de vías, ya que una vía mal drenada está condenada a una rápida destrucción si han de estar bajo la acción de las aguas, aunque ésta no sea particularmente intensa y ello sin que importen consideraciones adicionales, tales como intensidad del tránsito u otras que, en cambio, alivian a veces las consecuencias de deficiencias en otros aspectos de la construcción, tales como el buen comportamiento de terraplenes.

Generalmente cuando se tiene que ver con problemas de estabilidad de masas de tierra, ascensión capilar y otras estructuras el mejor criterio es dotar a la estructura seguridad, encauzamiento y eliminación de aguas proporcionando caminos más fáciles por donde fluya libremente en forma gravitacional y a las presiones más bajas que sea posible. Con este criterio deberá contemplarse todos los métodos de drenaje y subdrenaje que más adelante se expone.

El drenaje juega un papel muy importante para reducir los gastos de conservación de la vía, las aguas estancadas ablandan la estructura, y movimiento provocan acción erosiva de la vía, siendo el peor enemigo de las carreteras, causa principal de la mayor parte de las fallas y destrucción de los caminos. Tanto el agua superficial y el agua subterránea son dañinas. Es entonces imperante adoptar sistemas para captarlas, encausarlas, extraerlas. Por los motivos antes expuestos surge la necesidad del drenaje, que se define como la técnica para controlar el movimiento de las aguas, con la finalidad de que no afecten la estructura de la vía, evacuándolas lo más rápidamente posible.

El drenaje superficial se caracteriza por presentar cunetas de concreto de forma circular, triangular con presencia de material sólido y en algunos

casos no existe cunetas esto generalmente en áreas desabitadas, en cuanto al sentido transversal (bombeo) las pendientes son variables en mas de una progresiva. Por tanto el agua de lluvia no escurre adecuadamente por la falta de de uniformidad de pendientes de la superficie rodadura, y en sentido longitudinal presenta un perfil donde se puede observar claramente que al escurrir el agua se empoza y no evacua hacia las cunetas, ni estas hacia las alcantarillas.

El diseño del drenaje superficial toma en cuenta necesariamente un estudio hidrológico local siendo la hidrología la ciencia que estudia la ocurrencia y distribución de las aguas naturales que permite el desarrollo y aprovechamiento de los recursos hidráulicos. El estudio de los recursos hidráulicos tiene por objetivo proporcionar el aprovechamiento y control del recurso de agua.

FUNCION DE LAS OBRAS DE DRENAJE SUPERFICIAL

La función de éste tipo de drenaje consiste en controlar y disponer de las aguas que se precipitan directamente sobre el camino y las zonas adyacentes. Su misión principal consiste en alejar las aguas lo mas rápidamente para que no se filtren dentro de las explanaciones haciéndolas perder estabilidad o erosionarlas. Este drenaje se efectúa en primer lugar mediante el bombeo de la superficie de rodadura, este hace que el agua corra transversalmente hacia las cunetas o taludes y a su vez desembocan en las alcantarillas que son las que sacan el agua a través de la vía.

4.08 CARACTERISTICAS Y FUNCION DEL DRENAJE SUBTERRANEO

El agua subterránea se encuentra entre las partículas del suelo o en cavidades; y en ocasiones se encuentra formando lagos que pueden causar problemas, se mueve a través de las capas permeables formando corrientes o permanecen estancadas en pequeños reservorios formados de material impermeable. En una u otra forma es peligrosa para la estabilidad del camino aún cuando se encuentra a cierta profundidad, ya que satura y ablanda los materiales circundantes y puede provocar

inestabilidad en la superficie de rodamiento. Conviene dejar establecido que en el subsuelo se encuentra el "agua de gravedad" o sea la que corre obedeciendo a dicha ley y que forma la napa de agua, única agua que puede drenarse, el "agua capilar" que es la humedad que sube obedeciendo a las leyes de la capilaridad, y que no puede drenarse. Esta distinción es fundamental para evitar la construcción de sub drenes costosos e inútiles.

El ingeniero debe controlar y eliminar las aguas subterráneas por medio de captación y conducción, impidiéndole que erosione o que provoque presiones indeseables, tomando en cuenta el ahorro que se tendrá durante la conservación de la vía y se justifica ampliamente; las obras de subdrenaje más comunes son los drenes longitudinales y los transversales.

FUNCION DE LAS OBRAS DE DRENAJE SUBTERRANEO

La función del subdrenaje esta proyectada para evacuar las aguas pluviales dentro de ellas encontramos alcantarillas de concreto armado y otros observando la falta de mantenimiento las cuales actualmente cumplen con su función de conducir las aguas con dirección al Lago Titicaca que es un punto de concentración de todos los afluentes existente.

A continuación se muestran fotografías se aprecia las dificultades que ocasiona las aguas subterráneas no drenadas.

4.09 ESTADISTICA DE PRECIPITACIONES

PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)

ESTACION: SALCEDO
DISTRITO : PUNO
PROVINCIA: PUNO

INSTITUCIÓN SENAMHI:
DEPARTAMENTO: PUNO

AÑOS	ENE	FEB.	MAR	ABR	MAY	JUN	JUI	AGO	SEI	OCI	NOV	DIC	ANUAL (x)
1,964	82.2	148.2	143.6	31.3	2.	O.	0.(	O.	39.	24.	20.	169.8	661.6
1,965	118.1	143.0	170.4	49.6	13../	O.	0'<	1.	37.	66.	39.	91.4	731.1
1,966	67.2	111.6	120.8	24.7	15.	O.	2.	O.	9.	48.	56.	57.9	515.7
1,967	92.5	97.7	77.0	30.0	1.	O.	1.	O.	9.	11.	51.	141.4	513.
1,968	58.4	71.7	40.6	18.9	43.	O.	O.	O.	21.	34.(	54.	53.9	397.
1,969	62.0	78.6	146.2	21.3	9.	2.	5.	11../	43.	16.	7.	156.(	560.
1,970	60.9	164.3	53.5	52.0	9.	4.	7.	2.1	29.	65.1	112.	32.(	594.1
1,971	142.6	46.5	29.7	55.7	O.	3.	14.	0'<	8.1	29.	45.	31.(	406.C
1,972	190.4	98.1	115.	55.6	3.	O.	O.	0'<	22.9	11.	42.	114.(	654.2
1,973	126.6	125.1	90.	33.3	O.	O.	O.	5.	10.	30.	47.	106.(	577.E
1,974	219.7	97.9	109.	12.3	2.	O.	O.	0.1	29.	34.	81.	74.	662.e
1,975	150.3	107.4	75.	80.3	15.	1.	5.	9.	20.	45.	14.	44.4	568.(
1,976	150.9	79.0	76.	19.9	1.	8.	O.	44.1	10.	40.	39.	69.4	542.
1,977	137.1	126.8	106.	16.6	33.	O.	O.	1.	18.	74.	25.	125.2	666.
1,978	149.0	83.0	48.	11.9	23.	1.	O.	4.1	67.	O.	6.	34.1	428.
1,979	49.1	180.8	104.	5.0	1.	O.	O.	O.	27.	49.	92.	88.9	598.
1,980	208.2	127.9	78.	42.1	0.<	O.	O.	O.	4.1	11.6	83.<	160.	715.
1,981	137.7	56.6	102.	31.2	0.(	O.	O.	O.	O.	83.6	10.	76.	498.
1,982	55.7	60.0	174.	15.1	1.(	O.	O.	2U	31.2	72.3	49.2	40.	521../
1,983	138.1	171.5	158.	77.3	14.0	O.	O.	25.	26.1	72.5	70.<	59.	814.
1,984	209.3	61.1	101.1	105.	0.0	O.	O.	4.	46.5	57.7	118.9	17.	721.
1,985	52.4	102.8	27.1	40.	12.0	O.	o.e	O.	21.	23.4	26.3	117.9	423.
1,986	2848	189.6	106.1	77.1	19.8	20.	4.e	15.<	1.	109.7	117.	90../	1036.
1,987	70.4	190.7	49.9	79.4	12.6	33A	o.e	2...;	43.5	59.4	159.5	152.	853.
1,988	127.6	144.7	112.1	96.	3.0	O.	3...;	7.<	44.	2.9	17.	132.	693.1
1,989	208.4	33.4	64.2	11.2	0.0	6...;	23.	6.	4.	37.	86.	30.	513.<
1,990	195.0	47.8	174.	61.	40.0	O.	O.	O.	O.	33.	1.	80.	633../
1,991	183.4	99.3	83.	30.8	O.	4.<1	O.	4.	2.	13.	14.1	58.	493.
1,992	110.8	35.0	20.	25.	7.	36.	O.	7.	12.	41../1	60.	88.1	444.
1,993	107.2	47.8	86.	46.	13.	51.	4.	1.	20.	26.	36.	55.	495.
1,994	64.1	80.8	12.	30.	O.	O.	6.	39.	0.0	58.	47.	72.	410.
1,995	158.8	53.8	105.	54.	1.	O.	O.	28.	16.	71.	113.	89.	691.
1,996	122.4	98.0	105.	60.	26.	O.	O.	O.	15.	14.	87.	113.	640.
1,997	127.0	98.0	88.	19.	O.	O.	O.	7.	29.	22.	53.	52.	496.
1,998	1448	65.5	51.	26.4	7.	O.	1.	O.	6.	25.	55.	97.8	480.
1,999	183.1	199.5	144.	100.8	5.	O.	O.	18.	45.	22.	113.	49.	882.
2,000	91.8	94.8	76.	22.1	O.	O.	O.	O.	3.	32.	68.	9.	398.
2,001	119.7	87.6	139.	88.1	O.	O.	O.	1.	35.	114.	21.	28.	634.
2,002	177.0	31.7	105.	51.8	38.	O.	O.	42.	16.	99.	125.	77.	765.
2,003	118.1	114.3	106.	15.6	8.	O.	1.	10.	40.	20../	52.	30.	518.
2,004	137.5	147.2	110.	61.5	2.	O.	O.	9.	24.	27.	90.	29.	640.

PROM	131.5	102.4	95.0	43.6	9.5	42.2	1.9	8.1	21.8	42.3	52.0	78.1	597.5
------	-------	-------	------	------	-----	------	-----	-----	------	------	------	------	-------

CAPITULO V

EL FENOMENO CAPILAR Y PERMEABILIDAD DE SUELOS

5.00 INTRODUCCION

Cuando se altera la forma de la superficie de un líquido, de manera que el área aumente, es preciso realizar para ello un trabajo; éste se recupera cuando la superficie se retrae a su forma primitiva, de modo que la superficie en cuestión resulta capaz de almacenar energía potencial.

El trabajo necesario para aumentar el área de una superficie líquida resulta ser, experimentalmente, proporcional al aumento, definiéndose como coeficiente de tensión superficial la relación entre ambos conceptos.

$$dW = T \cdot dA$$

$$\therefore T_s = \frac{dW}{dA} .$$

T_s es el coeficiente mencionado, que se mide en unidades de trabajo o energía entre unidades de área o sea, por ejemplo, en dinas/cm. Representa la fuerza por unidad de longitud, en cualquier línea sobre la superficie.

Puede probarse que cuando un líquido presenta al aire una superficie curva, se genera en ese menisco curvo un desnivel de presión, de modo que la presión en el lado convexo es siempre menor que la existente en el lado cóncavo.

Una demostración particular de esta afirmación, para el caso de un menisco semiesférico se da a continuación.

El líquido enrasado en el extremo del tubo cede por la presión formando un menisco, que provoca un aumento en la superficie que encierra al tubo. Se demuestra que inmediatamente antes de que el menisco se rompa al crecer p , adopta la forma de una semiesfera.

Se supondrá al dispositivo, en lo que sigue, en esa condición. El área de la semiesfera es:

$$A = 2 \pi R^2$$

Siendo R el radio del menisco formado, que es igual al radio del tubo. Si ese radio varía a $(R + dR)$, el área de la esfera se incrementará en

$$A = 4 \pi R dR$$

El trabajo necesario para lograr ese incremento será:

$$dW = 47 \pi T_s R dR$$

En el lado cóncavo del tubo existe la presión p , mientras en el convexo obra $P_A =$ presión atmosférica, si se desprecia el pequeño aumento de presión hidrostática con la profundidad, bajo la superficie libre del líquido que rodea al tubo.

Considérese un elemento del área del menisco (dS). La fuerza neta que obra en esa área es:

$$(P-PA)dS$$

y cuando el área del menisco se incrementa dA , esa fuerza realizará un trabajo

5.01 ASCENSION CAPILAR DEL AGUA EN LOS SUELOS.

Cuando un líquido está en contacto con las paredes de un tubo, la forma de su superficie se encorva. Si el líquido es agua y las paredes del tubo son sólidas, el menisco es generalmente cóncavo. Si el tubo es de pequeño diámetro (capilar) las alteraciones de la superficie en toda la periferia producen una superficie (menisco) cuya forma tiende a la esférica, muy aproximadamente. En adelante, se supondrá que ésta es la forma del mencionado menisco.

Tal es el caso de la formación de los meniscos, pues cualquier superficie encorvada, dentro del tubo, tiene mayor área que la superficie plana original. Luego, Al formar el menisco, la superficie líquida almacena energía potencial. Si se asimila el trabajo realizado al generado por una fuerza ficticia F en el desplazamiento dx , la energía potencial almacenada será:

$$DV = - Fdx$$

$$\therefore F = - \frac{dV}{dx}$$

La superficie del menisco debe ser de equilibrio, luego en la condición de menisco formado debe tenerse $F = 0$. Por lo tanto, para la superficie del líquido que forma un menisco debe cumplirse:

$$\frac{dV}{dx} = 0$$

Por lo que, en esa superficie, la energía potencial almacenada será máxima o mínima. En Mecánica es fácil demostrar que la primera condición corresponde a un equilibrio inestable y que sólo la segunda garantiza el equilibrio estable que se presenta en el menisco de un tubo capilar.

Luego en la superficie del menisco la energía potencial almacenada al incrementarse el área debe ser mínima. Es sabido que la forma esférica cumple esa notable condición. Se concluye, pues, que en un tubo capilar el menisco cóncavo del agua debe tender a formas esféricas, como formas de equilibrio estable.

De lo anterior se deduce que, si el tubo es de pequeño diámetro, la forma del menisco podrá considerarse cercana a la esférica, con suficiente aproximación para los fines actuales. Se demostró que, en este caso, la presión P_2 en el lado convexo es menor que la P_1

en el cóncavo, siendo su diferencia $\frac{2T_s}{R}$. Si el tubo está abierto al aire, p_1 es

la presión atmosférica, por lo que debe tenerse $p_2 <$ presión atmosférica. Pero la presión del agua inmediatamente bajo la superficie del líquido que rodea al tubo es la atmosférica, mayor que p_2 por lo que el sistema inmediatamente abajo del lado convexo del menisco no está en equilibrio, teniendo una presión neta hacia arriba igual a $p_A - p_2$. Por efecto de esta presión el agua sube por el tubo hasta formar una columna que equilibre a esa diferencia de presiones.

Se observa que:

$$R = \frac{r}{\cos \alpha}$$

Además se puede efectuar la siguiente comparación:

$$p_2 = p_A - \frac{2T_8}{R} = p_A - \frac{2T_8 \cos \alpha}{r}.$$

Una vez que el agua ha subido, la presión en M es:

$$p_2 + \gamma_{10} h$$

pues P_a existía ya y $\gamma_{10} h$ es debida a la elevación a la columna capilar de altura h .

Entonces la presión en M vale:

$$p_A - \frac{2T_8 \cos \alpha}{r} + \gamma_{10} h..$$

Pero cuando se alcanza el equilibrio esa presión debe ser la atmosférica, que tiene el líquido que rodea al tubo en su superficie.

Luego debe tenerse:

$$p_A = p_2 - \frac{2T_8 \cos \alpha}{r} + \gamma_{10} h..$$

$$\therefore h = \frac{2T_8 \cos \alpha}{r}$$

Fórmula que da la altura a que debe ascender el agua en un capilar de radio r , suponiendo que el menisco formado es esférico, lo cual resulta razonablemente aproximado para fines prácticos.

La ecuación muestra que, para un caso dado, la elevación capilar es inversamente proporcional al radio del tubo capilar (Ley de Jurin).

EFFECTOS CAPILARES

La tensión superficial existente en la superficie de un líquido expuesto al aire es debida a la atracción intermolecular que la masa del líquido ejerce sobre aquellas moléculas situadas en la superficie. Mientras que las moléculas en el interior de la masa líquida son atraídas con fuerzas iguales por las que las rodean, esto no sucede con las moléculas de la capa superficial, pues están expuestas a atracciones de parte del aire y del líquido considerado; estas atracciones son diferentes y no se equilibran, originando un estado de tensión en toda la superficie libre del líquido.

Entre los fenómenos causados por la tensión superficial, uno de los más característicos y de mayor importancia práctica es, como ya se dijo, el de la ascensión capilar, cuyo mecanismo teórico ha quedado brevemente descrito en los párrafos anteriores. En ellos se vio que la altura de ascensión capilar quedaba dada, en general, por la expresión:

$$h = \frac{2T_8 \cos \alpha}{r_{10}}$$

En el caso del contacto agua-aire, el experimento prueba que, aproximadamente:

$$T_8 = 73 \frac{\text{dinas}}{\text{cm}} = 0.074 \frac{\text{gf}}{\text{cm}}$$

Siendo gf, gramos-fuerza. En realidad, T. varía con la temperatura del agua y no tiene valor fijo. El valor anterior corresponde aproximadamente a 20°C. Por otra parte, en el caso de agua sobre vidrio húmedo, se vio que el ángulo de contacto α es nulo, por lo que la fórmula (8-6), puede escribirse para esas condiciones:

$$F = - \frac{0.3}{D}$$

con h Y D , diámetro del tubo capilar, en cm.

La distribución de esfuerzo en el líquido bajo su nivel libre, está representada por una distribución lineal, según la ley hidrostática.

5.02 CONTRACCION EN SUELOS FINOS

Un suelo saturado exhibe primeramente una superficie brillante, que cambia a opaco al formarse por evaporación, los meniscos cóncavos en cada poro. Al irse evaporando el agua, va disminuyendo el radio de curvatura de esos meniscos y aumentando, por lo tanto, la presión capilar sobre las partículas sólidas, que por este efecto, se comprimen. La evaporación seguirá disminuyendo el radio de curvatura de los meniscos y comprimiendo la estructura del suelo, hasta un punto en que la presión capilar sea incapaz de producir mayor deformación; en ese momento comenzará la retracción de los meniscos hacia el interior de la masa de suelo. Macrofísicamente ese momento está señalado por el cambio de tono del suelo, de oscuro a más claro.

En el suelo los poros y canalículos ocupados por el agua no son de tamaño uniforme, sino que varían entre amplios límites, por lo que el agua no se retraerá al mismo tiempo hacia el interior de la masa, comenzando el proceso en los poros de mayor diámetro, según se desprende del análisis anterior del tubo compuesto. Estadísticamente puede decirse que toda la gama de diámetros de los canalículos existentes se presentan a lo largo de un capilar, en una distancia relativamente pequeña a partir de la superficie. Esta distancia puede ser del orden de 2.5 cm, en arenas gruesas, pero en arcillas ordinarias, con diámetros de poro comprendidos entre 0.1 y 0.001 de micra, todos ellos se presentan a una distancia del exterior no mayor que una fracción de milímetro. Por lo tanto, aun cuando una de las aberturas de la

superficie corresponda al mayor diámetro que pueda encontrarse en la muestra total de suelo, el menisco necesitará retraerse muy poco para llegar a una zona de pequeño diámetro, en la cual pueda desarrollar esfuerzos de tensión importantes. Finalmente, cada menisco se retraerá al diámetro de poro más pequeño para el que un menisco totalmente desarrollado produzca en el suelo la máxima presión capilar que pueda deformar la estructura al máximo. En ese instante, con su máxima contracción alcanzada bajo esa máxima presión capilar que el agua ejerce, el suelo habrá llegado a su límite de contracción. Cualquier evaporación posterior hará que los meniscos se retraigan hacia el interior sin más incremento en la presión capilar, pues el diámetro de los poros ya no disminuye.

Si la muestra llega a la relación de vacíos e a través de un proceso de evaporación, la presión necesaria en la fase sólida será p , que debe ser proporcionada por los efectos capilares. Pero esta presión p es aún menor que la P_c máxima que puede desarrollarse por capilaridad; así, el suelo llegará a la oquedad e sin necesidad de que los meniscos se desarrollen por completo; basta que se desarrollen parcialmente.

5.03 PERMEABILIDAD DE SUELOS

FLUJOS LAMINAR Y TURBULENTO

Los problemas relativos al flujo de líquidos en general, pueden dividirse en dos grupos principales: los que se refieren a flujo laminar y aquellos que tratan con flujo turbulento.

Un flujo se define como laminar cuando las líneas de flujo permanecen sin juntarse entre sí en toda su longitud, excepción hecha del efecto microscópico de la mezcla molecular.

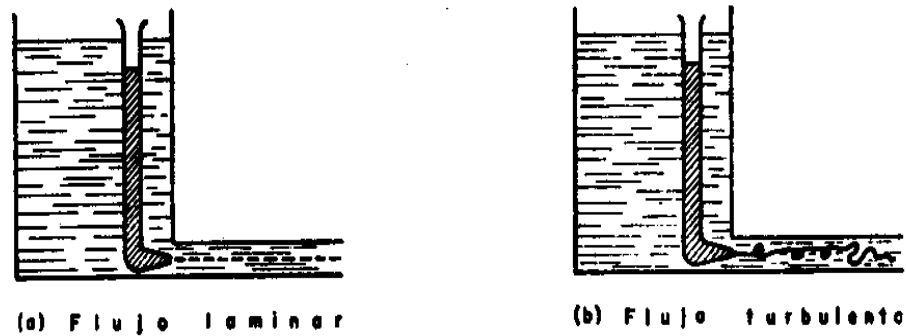


Figura IX-1. Distinción experimental objetiva entre el flujo laminar y el turbulento.

El flujo turbulento ocurre cuando la condición anterior no se cumple. Una línea de flujo se define como la línea ideal que en cada punto tiene la dirección del flujo, en el instante de que se trate; en todo punto el vector velocidad y la línea de flujo que pasa por él, serán tangentes.

Se sabe que a velocidades bajas un flujo ocurre en forma laminar, mientras que al aumentar aquéllas se llega a un límite en que se transforma en turbulento; si en ese punto la velocidad se reduce, el flujo volverá a ser laminar, pero la nueva transición ocurre, generalmente, a menor velocidad que la primera. Esto indica la existencia de un intervalo de velocidades en el cual el flujo puede ser laminar o turbulento. Reynolds probó que existe una cierta velocidad en cada líquido abajo de la cual, para un cierto diámetro de conducción y a una temperatura dada, el flujo siempre es laminar. Esta velocidad se define como la crítica.

LEY DE DARCY Y COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

El flujo de agua a través de medios porosos, de gran interés en la Mecánica de Suelos, está gobernado por una ley descubierta experimentalmente por Henri Darcy en 1856. Darcy investigó las características del flujo del agua a través de filtros, formados precisamente por materiales térreos, lo cual es particularmente afortunado para la aplicación de los resultados de la investigación a la Mecánica de Suelos.

Darcy encontró que para velocidades suficientemente pequeñas, el gasto queda expresado por:

$$Q = dV/dt = kAi \text{ (cm}^3\text{/seg)}$$

A es el área total de la sección transversal del filtro e i el gradiente hidráulico del flujo, medido con la expresión

$$I = h_1 - h_2/L$$

La ecuación de continuidad del gasto establece que

$$Q = Av$$

Siendo A el área del conducto y v la velocidad del flujo. Llevando esta expresión, se deduce que:

$$v = ki$$

MÉTODOS PARA MEDIR EL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD DEL SUELO

El coeficiente de permeabilidad de un suelo es un dato cuya determinación correcta es de fundamental importancia para la formación del criterio del proyectista en algunos problemas de Mecánica de Suelos y, en muchos casos, para la elaboración de sus cálculos.

Hay varios procedimientos para la determinación de la permeabilidad de los suelos: unos "directos", así llamados porque se basan en pruebas cuyo objetivo fundamental es la medición de tal coeficiente; otros "indirectos",

proporcionados, en forma secundaria, por pruebas y técnicas que primariamente persiguen otros fines. Estos métodos son los siguientes:

a) Directos:

1. Permeámetro de carga constante.
2. Permeámetro de carga variable.
3. Prueba directa de los suelos en el lugar.

b) Indirectos:

1. Cálculo a partir de la curva granulométrica.
2. Cálculo a partir de la prueba de consolidación.
3. Cálculo con la prueba horizontal de capilaridad.

5.04 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERMEABILIDAD DE SUELOS.

La permeabilidad se ve afectada por diversos factores inherentes tanto al suelo como a características del agua circulante. Los principales de estos factores son:

1. La relación de vacíos del suelo.
2. La temperatura del agua.
3. La estructura y estratificación del
4. La existencia de agujeros, fisuras, suelo. etc., en el suelo.

A continuación se analiza la influencia de cada uno de los factores anteriores.

INFLUENCIA DE LA RELACIÓN DE VACÍOS DEL SUELO

Es posible analizar teóricamente la variación del coeficiente de permeabilidad de un suelo respecto a su relación de vacíos, 'siempre y cuando

se adopten para el suelo hipótesis simplificadoras cuyo carácter permita que las conclusiones del análisis den información cualitativa correcta.

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DEL AGUA

Para poder comparar fácilmente los resultados de las pruebas de permeabilidad es conveniente referidos a una temperatura constante, normalmente a 20°C.

INFLUENCIA DE LA ESTRUCTURA Y LA ESTRATIFICACIÓN

Un suelo suele tener permeabilidades diferentes en estado inalterado y remoldeado, aun cuando la relación de vacíos sea la misma en ambos casos; esto puede ser debido a los cambios en la estructura y estratificación del suelo inalterado o a una combinación de los dos factores.

Pueden observarse variaciones importantes en la permeabilidad debido a que en el remoldeo quedan libres partículas del suelo y que el agua al fluir las mueve y reacomoda, hasta obturar los canales; en otras ocasiones, estas partículas son arrastradas al exterior de la muestra, causando la turbidez del agua de salida. En tales casos, el coeficiente de permeabilidad variará durante la prueba. Esta condición inestable en una fracción de las partículas del suelo es, frecuentemente, resultado de la mezcla de materiales provenientes de estratos de características diferentes; esta condición es casi inevitable al probar muestras remoldeadas. Los fenómenos de formación de natas internas en los poros y la segregación de burbujas de aire, tienen efectos similares y son difíciles de distinguir entre sí, a menos que el carácter del suelo garantice que no pueden formarse esas natas limosas. En general, los suelos con coeficiente de permeabilidad comprendido entre 10⁻⁵ y 10⁻⁸ cm/seg son los que presentan el peligro de permitir el desplazamiento de las partículas por efecto de las fuerzas de filtración.

INFLUENCIA DE LA PRESENCIA DE -AGUJEROS, FISURAS, ETC.

A causa de heladas, ciclos alternados de humedecimiento y secado, efectos de vegetación y pequeños organismos, etc., pueden cambiar las

características de permeabilidad de los suelos, convirtiéndose aun la arcilla más impermeable en material poroso. El efecto no suele ser muy importante, sin embargo, en las obras ingenieriles, conservando toda su influencia en problemas agrícolas.

5.05 LA HUMEDAD EN EL SUELO Y SU CLASIFICACION.

En este capítulo se pretende proporcionar las ideas básicas para comprender los conceptos teóricos de la presencia del agua en los suelos y su clasificación . Naturalmente l, los problemas relacionados del agua a través de los suelos tiene extraordinaria importancia, en este caso como causa del deterioro de los materiales y como el origen de las enfermedades del hombre.

El agua que se infiltra a través del suelo también puede producir arrastre de partículas sólidas que de no recibir debida atención, pueden llegar a poner en peligro la estabilidad de cualquier estructura de tierra, al dejarla materialmente surcada por túneles y galerías formadas por erosión.

El problema de flujo interno a través de suelos puede establecerse razonablemente bien sobre bases teóricas, con tal de que la geometría de la región de flujo sea relativamente uniforme y de que los suelos presenten características de homogeneidad relativamente rígidas. El agua del suelo puede clasificarse en tres categorías dependiendo de su movilidad dentro de el.

1. En primer lugar está el agua absorbida ligada a las partículas del suelo por fuerzas de origen eléctrico que no se mueven en el interior de la masa porosa y que por lo tanto, no participa en el flujo quedando al margen de este tipo de problemas.
2. En segundo lugar, aparece el agua capilar, cuyo flujo presenta gran importancia en algunas cuestiones de mecánica de suelos, tales como el humedecimiento de un pavimento por flujo ascendente y otras análogas. Sin embargo, en la mayoría de los problemas de

filtración de agua el efecto del flujo en la zona capilar es pequeño y suele despreciarse en atención a las complicaciones que plantearía al ser tomada en cuenta teóricamente su influencia.

3. En tercero y último lugar, existe en el suelo la llamada agua libre o gravitacional que, bajo el efecto de la gravedad terrestre puede moverse en el interior de la masa sin otro obstáculo que el que le impone su viscosidad y la trama estructural del suelo. En una masa de suelo, el agua gravitacional esta separada del agua capilar por una superficie a la que se denomina nivel freático.

No siempre es fácil de definir ni de localizar el nivel freático en un suelo suficientemente fino, al hacer una excavación el espejo de agua que se establece con el tiempo define a nivel freático, pero tal superficie distintiva no existe en el suelo adyacente, ya que arriba de este nivel el suelo puede estar totalmente saturado por capilaridad y, por lo tanto, en ese suelo el nivel freático no tiene existencia física o real.

Tampoco hay un acuerdo total entre los autores respecto a una definición del concepto nivel freático que, como se dijo, muchas veces se refiere a una superficie sin clara existencia concreta.

5.06 LA HUMEDAD COMO CAUSA DE DETERIORO DE LOS MATERIALES.

El agua es el ingrediente del suelo que fluctúa con el tiempo y las estaciones y a medida que cambia pueden cambiar parejamente la resistencia o el volumen del suelo. El control del contenido de agua o humedad, el control del movimiento de agua y la protección contra los daños que causa el movimiento del agua en los suelos, son aspectos de vital importancia en la ingeniería de los suelos.

La energía que posee una partícula de agua esta en tres formas. Energía potencial, debida a su altura; energía de presión debida a la presión y energía cinética, debida a su velocidad. La energía del agua se expresa

corrientemente como carga, una dimensión lineal, en metros. Como la energía es solo relativa la carga debe referirse siempre a un punto fijo, generalmente a un plano de referencia arbitrario.

La humedad capilar y flujo se puede entender relacionando con parte superior de una superficie libre del agua, el movimiento de la humedad por debajo siendo esta más compleja. El suelo esta saturado hasta la altura a que llega la humedad capilar, pero por arriba de este nivel el grado de saturación es menor. La gravedad y el rozamiento del agua todavía actúan sobre la humedad del suelo, pero las fuerzas capilares son aún más importantes; éstas incluyen la tensión superficial y la adherencia fisicoquímica entre el agua y el suelo. Estas fuerzas son de tracción y producen un esfuerzo neutro negativo. La tracción aumenta cuando baja la temperatura y cuando decrece el grado de saturación. En la zona de saturación parcial también existe agua en estado de vapor y la presión del vapor disminuye conforme disminuye la temperatura.

Como se ha expuesto, la humedad se eleva sobre la superficie libre del agua por efecto de la tensión capilar. Cuando se ha establecido el equilibrio, la humedad se distribuye en forma triangular. En la zona capilar el suelo esta saturado, la humedad es continua y el esfuerzo neutro sigue las leyes de la hidrostática. Sobre esta zona está la *franja capilar*. El grado de saturación cae rápidamente pero aunque la humedad no llena los poros, todavía es continua en las cuñas interconectadas que están entre los granos del suelo. Hay todavía esfuerzo neutro en la zona superior de *humedad discontinua*, pero no sigue la distribución hidrostática. En cada cuña de humedad se desarrollan esfuerzos diferentes que dependen de su radio y aunque los esfuerzos pueden ser muy altos, actúan sólo en una pequeña fracción de los poros.

El movimiento del vapor de agua *ocurre* tanto en la zona de la franja, como en la de humedad discontinua. La diferencia entre las presiones del vapor que se requiere para que se establezca una corriente puede provenir de diferentes causas. La evaporación en la superficie del suelo reduce la presión y provoca un movimiento ascendente; una caída brusca de la temperatura en

la superficie del terreno también reduce la presión y provoca un movimiento ascendente; mientras que una subida brusca de la temperatura en la superficie produce un movimiento descendente.

El flujo capilar se produce tanto horizontal como verticalmente, si hay diferencias en la tensión capilar que causen un gradiente hidráulico. Los daños que se produjeron en el almacén de jugo de naranja congelado, a que se hizo referencia en el párrafo inicial de este capítulo, fueron debidos al flujo termo-osmótico ascendente y lateral hacia el piso frío que tenía un aislamiento inadecuado. El secamiento del suelo en una excavación profunda puede provocar un flujo capilar lateral hacia los paramentos expuestos. La lluvia sobre los mismos paramentos puede provocar un flujo capilar hacia dentro de la masa.

Debido a los cambios ambientales que ocurren diariamente, es improbable que el equilibrio capilar se mantenga por mucho tiempo. Al contrario, la humedad en la zona capilar está cambiando constantemente y con los cambios se producen grandes variaciones en las propiedades ingenieriles de los suelos. Estos cambios son más significativos en la zona de la franja capilar, pero el efecto de los cambios del esfuerzo capilar se sienten por debajo de la línea de saturación.

Luego es importante comentar sobre drenaje, que significa corrientemente eliminación del agua del suelo. Tiene dos objetivos: impedir que las filtraciones vayan a acumularse, por ejemplo, dentro de una excavación, haciendo ésta dificultosa o riesgosa y mejorar las propiedades del suelo como son: un aumento de la resistencia o una reducción de la compresibilidad. También se emplea el drenaje para reducir la presión del agua en el suelo. Esto va acompañado generalmente de eliminación de agua, pero en los suelos de grano fino puede ser efectiva aunque se extraiga sólo una pequeña cantidad de agua o ninguna.

Varias son las fuerzas que intervienen en la facilidad con que el agua drena del suelo. La primera es la resistencia a la filtración, cuyo índice es el coeficiente de permeabilidad. La segunda es el efecto del drenaje en la

estructura del suelo. Si el suelo es relativamente incompresible, la pérdida de agua será reemplazada por aire en los poros. Si el suelo es compresible, la pérdida de agua estará acompañada por la consolidación del suelo y éste permanecerá virtualmente saturado. La tercera son las fuerzas que retienen el agua: la capilaridad y la adsorción. Tanto la resistencia al flujo como la retención capilar aumentan conforme disminuye el tamaño de los granos. Los suelos de grano grueso, como la grava y la arena gruesa, drenan rápidamente y el aire reemplaza el agua en los poros. Los suelos de grano fino que tienen baja permeabilidad y muy alta retención capilar, drenan muy lentamente y pueden perder solamente la cantidad de agua que la consolidación les permite.

Para que se pueda eliminar el agua del suelo es necesario que la fuerza que produce el drenaje sea mayor que las de retención y resistencia al flujo. La gravedad es la fuerza más frecuentemente usada: el agua fluye del suelo hacia los drenes por efecto de su propio peso. Este método es barato y seguro, pero esa fuerza no es lo suficientemente fuerte en los suelos de grano fino. Se puede usar el vacío para añadir la presión atmosférica a la carga producida por la gravedad; con esta ayuda se pueden drenar suelos finos como las arenas limosas. Una corriente eléctrica continua hará que el agua fluya del suelo hacia un electrodo negativo. Este principio de la electro-ósmosis se puede usar para producir el drenaje de los suelos de baja permeabilidad, como los limos.

La evaporación no se considera corrientemente como un método de drenaje, pero es causa de pérdida de agua; es una fuerza lenta, pero tan poderosa que puede drenar hasta las arcillas. La consolidación producida por una carga sobre la masa de suelo es esencialmente un proceso de drenaje, que es efectivo en los materiales compresibles.

Finalmente la humedad puede deteriorar a diferentes materiales siendo los más significativos por: erosión, reacciones químicas, saturación, disolución, etc.

5.07 ESTADISTICA DE INMUEBLES AFECTADOS POR LA HUMEDAD

Para la formulación del cuadro que a continuación se formula, se ha tomado en cuenta la mayoría de manzanas ubicadas cerca de la orilla del Lago Titicaca, considerando que el suelo natural y los rellenos efectuados se han realizado con material de desmonte, el mismo que tiene granulometría fina generalizada.

Otro aspecto que se ha verificado, es el que la construcción de pavimentos de han efectuado después de la construcción de las viviendas que ha traído como consecuencia que la cotas de los pisos terminados del primer piso y de las áreas libres están por debajo de cota de los pavimentos terminados; adicionándose a esta particularidad la gran altura de capilaridad por el agua existente en el subsuelo el mismo que está relacionado directamente con las aguas del lago Titicaca.

Se ha constatado también que se tiene techos de loza aligerada sin la inclinación adecuada, permitiendo en época de lluvias el estancamiento de aguas en los techos, ocasionando filtraciones que humedecen las habitaciones.

Otro aspecto importante que se detectado es la falta de ventanas o vanos que permitan una ventilación, aereación, y entrada del sol a los ambientes.

CAPITULO VI

CIMENTACIONES SUPERFICIALES

6.00 INTRODUCCION

Bajo la denominación de cimentaciones superficiales se engloban las zapatas y losas de cimentación, como elementos de transmisión de cargas al terreno a través de superficies de apoyo considerablemente más grandes que su canto o dimensión vertical. En estos elementos pueden producirse flexiones para determinadas condiciones de rigidez.

Son todos aquellos tipos de cimentación, que se conocen en la rutina diaria de la ingeniería, con el nombre de poco profundas o superficiales. En general estas expresiones se refieren a cimentaciones en las que la profundidad de desplante no es mayor que un par de veces el ancho del cimienta; sin embargo, es evidente que no existe un límite preciso en la profundidad de desplante que separe a una cimentación superficial de una profunda.

El terreno debe trabajar bajo una carga tal que no se altere su estado de equilibrio, o sea, que no se produzcan deformaciones o asentamientos perceptibles que repercutan en los diferentes elementos de la estructura, produciéndoles tensiones parásitas para los cuales no han sido diseñados. Si una columna se asienta más o

menos que otra adyacente, la diferencia genera esfuerzos que pueden ocasionar daños en los elementos estructurales y no estructurales.

Para comportarse satisfactoriamente, las cimentaciones superficiales deben tener dos características principales:

1. La cimentación debe ser segura contra una falla por corte general del suelo que la soporta.
2. La cimentación no debe experimentar un desplazamiento excesivo, es decir, un asentamiento excesivo. (El término excesivo es relativo, porque el grado de asentamiento permisible en una estructura depende de varias consideraciones).

La carga por área unitaria de la cimentación bajo la cual ocurre la falla por corte en el suelo se llama capacidad de carga última.

Terzaghi sugirió que para una cimentación corrida, la superficie de falla en el suelo bajo carga última puede suponerse similar a la mostrada posteriormente.

El efecto del suelo arriba del fondo de la cimentación puede suponerse reemplazado por una sobrecarga equivalente efectiva:

$$q = \gamma D_f$$

donde:

γ = peso específico del suelo,

D_f = profundidad de cimentación.

Usando el análisis de equilibrio, Terzaghi expresó la capacidad de carga última en la forma:

$$q_u = CN_c + qN_q + \frac{1}{2} \gamma BN_\gamma$$

Donde:

C = Cohesión del suelo

γ = Peso específico del suelo

q = D_f

N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga adimensionales que están únicamente en función del ángulo ϕ de fricción del suelo.

6.01 CALCULO DE FACTORES DE CARGA:

Con base en estudios de laboratorio y campo sobre capacidad de carga, la naturaleza básica de la superficie de falla en suelos sugerida por Terzaghi parece ahora ser correcta.

Los factores de carga N_c , N_q y N_γ , son adimensionales que están únicamente en función del ángulo de fricción del suelo., y su cálculo analítico se da de la siguiente forma:

$$N_q = \tan^2(45 + \phi/2)e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$$

6.02 ASENTAMIENTOS

Cuando se aplica una carga en la superficie del suelo, existe una variación de tensión y una deformación de éste, ya que los suelos son, en su mayoría, compresibles (pero su grado de compresibilidad varía enormemente). Se llama *asiento* a la deformación vertical hacia abajo del suelo (la deformación vertical dirigida hacia arriba se llama *hinchamiento*).

A menudo se trata de un suelo de superficie horizontal y sometido a una carga vertical. El asiento representa entonces la deformación más importante porque el efecto de la carga se conjuga con la fuerza de la gravedad que actúa en el mismo sentido que ella.

Ya hemos tenido ocasión de decir que los fenómenos de asientos podrán ser peligrosos para las construcciones y que su consideración podía conducir al técnico a disminuir el valor de las tensiones límites admisibles por el terreno. Los asientos pueden ser diferenciales y traer consigo una basculación de la construcción, incluso su derrumbamiento. En las estructuras hiperestáticas los asientos diferenciales de los apoyos pueden acarrear un aumento importante de los esfuerzos en la estructura a veces incompatible con la seguridad. Como consecuencia, a menudo se está obligado a limitar los asientos bajo la cimentación. Para un puente continuo se limitarán los asientos diferenciales a algunos milímetros (alrededor de 1 cm para tramos del orden de 50 m). Siendo las deformaciones función de las tensiones aplicadas se ve inmediatamente que una limitación de los asientos obliga a una limitación de las tensiones. Es evidente la importancia de esta cuestión, que tiene una incidencia directa sobre los proyectos de cimentación y como consecuencia sobre su costo.

Las teorías que permiten calcular los asientos recurren todas a hipótesis simplificadoras que esquematizan de alguna manera el suelo, simplificándolo. Se razona entonces sobre un medio a veces bastante diferente del real.

En la mayoría de los casos será necesario dar a los resultados hallados el valor que tienen, considerándolos más como órdenes de magnitud que como cifras exactas. El coeficiente de seguridad que se adoptará no será inferior a 3, como es norma en geotecnia.

De una forma general se pueden presentar dos casos:

- a) La capa compresible está en contacto con la superficie libre del suelo. Partiendo de la superficie encontramos una capa compresible que reposa sobre una incompresible (o mucho menos compresible). Se dice que se trata de una capa *no zunchada*. En este caso, el cálculo de los asientos es muy difícil, ya que las deformaciones horizontales del suelo son importantes y las teorías sobre los asientos no se cumplen o bien se cumplen de una forma imperfecta.

b) La capa compresible está situada entre dos capas incompresibles. Partiendo de la superficie libre encontramos una capa incompresible, una capa compresible y de nuevo otra incompresible. Se dice que nos hallamos ante una capa *zunchada*. Las deformaciones horizontales de la capa zunchada son coaccionadas por las capas de suelo que la rodean, pero son despreciables, sobre todo si el espesor de esta capa es pequeño en comparación con la superficie de aplicación de la carga. Este caso es el que se encuentra más frecuentemente en los problemas de cimentación. Cuando estamos en presencia de una capa compresible que aflora a la superficie, simplemente se la atraviesa (por ejemplo, con pilotes) para ir a cimentar sobre un buen suelo. No es necesario entonces efectuar cálculos de asientos. Por el contrario, se puede desear cimentar sobre una capa sana y estar en presencia de un suelo que contenga una capa compresible intermedia, es entonces cuando el problema del asiento se plantea totalmente y llega a ser muy importante.

TIPOS DE ASENTAMIENTOS DE CIMENTACIONES

Un incremento del esfuerzo provocado por la construcción de cimentaciones u otras cargas comprime los estratos del suelo, la compresión es causado por:

- Deformación de las partículas del suelo
- Reacomodo de las partículas de suelo
- Expulsión de agua o aire de los espacios vacíos

En general, el asentamiento del suelo causado por cargas se divide en tres amplias categorías:

1. ASENTAMIENTO INMEDIATO, provocado por la deformación elástica del suelo seco y de suelos húmedos y saturados sin ningún cambio en el contenido de agua.

Los cálculos de los asentamientos inmediatos se basan, generalmente, en ecuaciones derivadas de la teoría de la elasticidad.

2. **ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN PRIMARIA**, es el resultado de un cambio de volumen en suelos saturados cohesivos debido a la expulsión de agua que ocupa los espacios vacíos.
3. **ASENTAMIENTO POR CONSOLIDACIÓN SECUNDARIA**, Se observa en suelos saturados cohesivos y es resultado del ajuste plástico de la estructura del suelo.

Éste sigue el asentamiento por consolidación primaria bajo un esfuerzo efectivo constante

6.03 TIPOS DE CIMENTACIÓN

El tipo de cimentación apropiado para cada situación depende de varios factores entre los cuales se tiene:

1. La resistencia y compresibilidad de los estratos del suelo.
2. La magnitud de las cargas de las columnas.
3. La ubicación de la napa freática.
4. La profundidad de cimentación de las edificaciones vecinas.

En la siguiente figura se muestran los diferentes tipos de cimentación: zapata de muro o cimiento corrido, Zapata aislada, zapata combinada, zapata conectada, zapata sobre pilotes y zapatas continuas, solados o plateas. Su conveniencia de determinadas circunstancias será decisión del proyectista.

PRESIÓN DE SUELO

Cada tipo de terreno tiene sus características y reacciona ante cargas externas de distintos modos. Algunos de los factores que influyen en la distribución de la reacción del terreno son la flexibilidad del cimiento respecto al suelo, el nivel de cimentación y el tipo de terreno. Por ejemplo se tiene en la figura la distribución de la presión para dos tipos de suelos: granular y cohesivo.

En el terreno granular se aprecia la presión de los bordes de la cimentación es menor que la zona central debido a la presión ejercida por las cargas aplicadas tiende a desplazar el suelo en los extremos lo cual disminuye la reacción. Este desplazamiento depende de la profundidad de cimentación. Si ésta es elevada, la fuerza ejercida por el peso propio del terreno impedirá que el suelo se desplace. En el suelo cohesivo, por el contrario, la presión en los bordes de la cimentación es mayor que en la sección central. El suelo que circunda el área cargada ejerce una fuerza de soporte sobre ella por efecto de la cohesión y por ello la reacción se incrementa.

En el diseño, no es práctico considerar la distribución real de la reacción del suelo, por lo que se asumen dos hipótesis básicas.

1. la cimentación es rígida
2. El suelo es homogéneo, elástico y aislado del suelo circundante.

Estas suposiciones conllevan a que la distribución de la reacción del suelo, frente a las cargas transmitidas por la columna sea lineal, consideración que ha demostrado dar resultados conservadores, excepto en terrenos cohesivos como limos o arcillas plásticas.

PROGRAMA DE DISEÑO

El diseño de cimentaciones involucra una serie de etapas las cuales se enumeran a continuación:

1. Determinación de la presión neta del suelo y dimensionamiento de la zapata.
2. Determinación de la reacción amplificada del suelo.
3. Verificación del corte por flexión y por punzonamiento.
4. Cálculo del refuerzo por flexión o refuerzo longitudinal.
5. verificación de la conexión columna-zapata o muro-zapata.

ZAPATAS AISLADAS

Las zapatas aisladas son losas rectangulares o cuadradas que sirven de apoyo a columnas. Tiene peralte constante o variable, disminuyendo hacia los

bordes. También pueden ser escalonadas como se presenta en la figura 5.08. En este caso, el elemento debe vaciarse integralmente y no por escalones. El peralte efectivo mínimo en el borde de una zapata de sección variable es 15 cm.

Las zapatas aisladas son el tipo más usual de cimentación pues son las más económicas. La columna puede ser centrada o excéntrica, aunque el primer caso es el más común. Si la cimentación se ubica en el límite de propiedad, la excentricidad de las cargas aplicadas puede ser tan elevada que la capacidad portante del suelo es superada. En estos casos se hace uso de las zapatas conectadas o combinadas las cuales se presentan en las secciones siguientes:

Las zapatas aisladas pueden ser de concreto simple o de concreto armado. Sin embargo, las primeras no se pueden usar ni sobre pilotes ni en zonas sísmicas.

Las zapatas aisladas de concreto armado se diseñan siguiendo el procedimiento que se detalla a continuación:

ZAPATAS COMBINADAS

Las zapatas combinadas consisten en una zapata común a dos o más columnas alineadas. Se utilizan cuando la distancia entre éstas es reducida o cuando la capacidad portante del terreno es tan baja que se requieren zapatas de gran área lo que ocasiona que éstas se traslapen.

Las dimensiones de las zapatas de las columnas exteriores de una edificación está condicionada por los límites de propiedad, generándose, por lo general, excentricidades en la zapata que no pueden ser resistidas por la columna. La presión del suelo no es uniforme y en muchos casos, es imposible conseguir que los esfuerzos sean menores que la capacidad portante del terreno. En estos casos, es conveniente usar zapatas combinadas que unan la columna exterior con la interior adyacente, con el objeto de

eliminar dicha excentricidad y conseguir que la reacción del suelo sea uniforme.

El código no incluye recomendaciones específicas para el diseño de este tipo de cimentación, sin embargo, indica que ni el método elástico o alterno ni el método directo utilizado para losas armadas en los sentidos no es aplicable.

No existen métodos analíticos que puedan tomar en cuenta los factores que intervienen en un problema de este tipo. La estructura es indeterminada y la verdadera distribución de la presión del suelo sobre la zapata es desconocida. Algunas de las variables que influyen en la reacción son:

1. Tipo de terreno inmediatamente debajo de la zapata.
2. Tipo de terreno a profundidades mayores.
3. Tamaño y forma de la cimentación.
4. Rigidez de la cimentación y de la superestructura.
5. Módulo de reacción de la sub-rasante.

El método de diseño presentado en esta sección considera que la zapata es rígida y que el suelo es homogéneo y elástico, y por lo tanto, la reacción del suelo es uniforme. Existen otros procedimientos más laboriosos que consideran la flexibilidad de la estructura que también pueden ser utilizados. En esta sección sólo se analizarán zapatas combinadas rectangulares con dos columnas.

El predimensionamiento de la zapata se efectúa de modo que la resultante de las cargas permanentes sin amplificar, incluidos los momentos, coincida con la ubicación del centro de gravedad de la zapata. Para ello, se extiende, desde la línea de acción de la resultante, una longitud a ambos lados igualo mayor que la distancia entre ese punto y el límite exterior de la columna más alejada. Es conveniente que, cuando sea posible, la zapata se extienda más allá del borde de la columna para que la sección crítica por punzonamiento no sea disminuida. Definido el largo de la zapata combinada, la capacidad portante neta del terreno y las cargas de gravedad, se determina el ancho de la cimentación.

ZAPATAS CONECTADAS

Las zapatas conectadas son más usadas que las combinadas cuando se trata de reducir la excentricidad que se presenta en la cimentación de columnas exteriores. Cuando la columna interior más cercana está algo alejada de la columna exterior y las cargas son pequeñas, la zapata combinada resulta larga, estrecha y sometida a momentos flectores en el voladizo. En estos casos, el uso de zapatas conectadas es más idóneo.

Las zapatas conectadas consisten en dos zapatas independientes unidas a través de una viga de cimentación. Este elemento busca transmitir el momento generado por la excentricidad que se presenta en la zapata exterior, a la zapata interior por lo que la zapata exterior se dimensiona alargada para que tenga la menor excentricidad. La viga debe ser lo suficientemente rígida como para garantizar esta transferencia y debe ser capaz de resistir las cargas transmitidas.

Para el diseño, se asume que el peso propio de la viga es resistido por el relleno debajo de ella y que la reacción del terreno a las cargas se produce únicamente a través de las zapatas. Esta suposición es coherente, si se toma en cuenta que el terreno debajo de la viga se afloja y reacciona solo lo suficiente para soportar el peso de la viga.

PLATEA DE CIMENTACIÓN

La Utilización de plateas de cimentación resulta apropiada en edificios ubicados principalmente en terrenos de baja capacidad portante, en el cual la suma de las áreas de las zapatas que serían necesarias para transmitir la carga de la estructura al suelo sobrepasa el 75% del área total a cimentar.

Un porcentaje menor al 75% nos llevaría a la alternativa de utilizar un emparrillado de vigas de cimentación.

Un porcentaje menor al 50% nos llevaría a la alternativa de utilizar zapatas aisladas.

Existen condiciones particulares en las cuales se deben utilizar diversos tipos de zapatas para una misma edificación: en algunas partes se utilizará zapatas aisladas y en otras zapatas combinadas o conectadas.

Existen condiciones críticas, en las cuales ya ni platea de cimentación es suficiente para transmitir las cargas de la estructura al suelo, en esos casos es necesario utilizar pilotos.

La hipótesis habitual es la de reparto uniforme de presiones o, en el caso de cargas desiguales o desigualmente dispuestas, a una variación lineal de presiones, considerando la losa como una gran zapata.

La variación de presiones de un extremo a otro debe ser muy grande, evitando diseños en los que la resultante de las cargas caiga fuera del núcleo central de la losa, dando lugar a despegues o trabajo en ménsula de la misma.

6.04 PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES.

El propósito de este capítulo es evaluar los aspectos y características constructivas de las viviendas de la zona periférica de la ciudad de Puno, para tal efecto se procederá a verificar in situ el estado real de éstas edificaciones, ya que el crecimiento demográfico de nuestro medio obliga al común poblador a construir su propia vivienda, para lo cual, adquiere un lote de terreno muchas veces sin la debida documentación y regla, es decir; sin la habilitación urbana asentada en el municipio local, y que posteriormente genera problemas, como es el caso de los alineamientos de las calles, instalación de los servicios básicos, etc. El otro aspecto a tomar en consideración es mano de obra, ya que éste, repercute notablemente en la calidad y seguridad de la vivienda.

EVALUACIÓN DE LOS MATERIALES UTILIZADOS

Los materiales que predominan en las construcciones de la ciudad de Juliaca específicamente el las cimentaciones superficiales, son:

HORMIGÓN.

Es la mezcla natural, en proporciones arbitrarias, de agregado fino y grueso, procedente de varios lugares como son del río Cutimbo, Juliaca en algunos casos, etc, los que se encuentran es estado natural, y son utilizados sin someter a alteraciones, vale decir que no se zarandea, lava y chanca.

CARACTERISTICAS DE SU EMPLEO

Muchas veces el transportista descuida la limpieza de este material, ya que se pudo encontrar hormigón mezclado con tierra. 8 otro aspecto que se debe tomar en consideración es la contaminación del hormigón ya que muchas veces abandonado en la calle y expuesto a la intemperie mezclándose con tierra por acción de viento y las lluvias, y que luego por desconocimiento o negligencia del maestro de obra no se realiza el lavado correspondiente para su uso.

RECOMENDACIÓN:

La proporción recomendable del hormigón en su composición es de 1:2, es decir una proporción de piedra y dos de arena o agregado fino.

Se debe seleccionar el agregado fino y grueso, ya que su omisión puede restar la resistencia del concreto diseñado inicialmente, para lo cual se establece el tamizado o cribado correspondiente, para tal efecto debe realizarse el siguiente procedimiento: Zarandear el material, teniendo en cuenta que, el material que pasa el tamiz N° 4, viene a constituir el agregado fino y el que se retiene agregado grueso.

PIEDRA.

En la rama de la construcción, la piedra es definido como una sustancia mineral, dura y compacta. Las canteras de su procedencia están muy próximas a la ciudad de Puno, tales como Huerta Huaraya, Salcedo, etc.

CARACTERISTICAS DE SU EMPLEO

VENTAJAS.

Es un material que económicamente no es muy costoso, tiene la gran virtud de ahorrar concreto en los elementos de cimentación, Su forma angular tiene gran repercusión, ya que esta característica juega un papel muy importante en la adherencia del concreto.

DESVENTAJAS.

Se da mayoritariamente en su uso, ya que al momento de fundar la cimentación se exagera en su tamaño, proporción y limpieza:

Lo recomendable es que la piedra (grande) no exceda de 25 cms. Para el caso de cimientos corridos y para sobrecimientos no debe exceder de 10 cms., pero en la práctica se encuentran piedras de gran tamaño que sobrepasan lo recomendable.

Como es sabido en el caso de cimientos corridos no debe exceder el 30% del volumen me se puede apreciar en la fotografía, el sobrecimiento esta constituido por una m cantidad de piedras en forma de pirca que sobrepasan los límites permitidos.

Este aspecto es de gran importancia sobretodo para la adherencia del concreto, pero que adversariamente es muy descuidado, debido a que en su gran mayoría no eliminan la impurezas que rodean la superficie de la piedra.

CEMENTO

Es el material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas que; cuando es como combinado con el agua, forma una capa capaz de endurecer tanto bajo el agua como aire. El cemento utilizado en el medio es el Cemento Rumi Portland tipo IP. La particularidad de este cemento, es que posee puzol ana y resiste moderadamente a la acción de los sulfatos; evitando el ataque del salitre, la diferencia con el cemento de tipo I es que, el de tipo IP tiene una resistencia a la compresión ligeramente baja a temprana edad (3 primeros días), y que posteriormente alcanza la misma resistencia que el de tipo I a los 28 días.

CARACTERISTICAS DE SU EMPLEO

VENTAJAS:

Indudablemente es el material más importante del concreto, puesto que sus propiedades así lo caracterizan. Es preciso resaltar que sin este material sería posible formar masas capaces de soportar grandes cargas.

DESVENTAJAS:

Generalmente se da en su inapropiado uso, vale decir que por desconocimiento muchos albañiles incurren en este aspecto. Dentro de las falencias más resaltantes se puede nombrar los siguientes: Adquisición, exposición al medio ambiente, almacenamiento y desproporción en su uso, etc.

Uno de los aspectos que no se debe descuidar es el proceso constructivo en época de heladas, ya que para realizar el vaciado de una estructura se debe realizar por lo menos a 10°C, de lo contrario debe prepararse fogatas y cubrir dicho concreto con lonas o plásticos, dependiendo del tipo de estructura u obra deben llevar aire incorporado.

ADQUISICIÓN.

En nuestro medio, el común poblador por desconocimiento, adquiere este material con bastante anticipación a la construcción con fines de ahorro o utiliza un cemento excedente de otra obra, en algunos casos las comercializadoras, alteran el peso original de la bolsa de cemento, reduciéndolo, aspecto que repercute en el diseño del concreto.

EXPOSICIÓN AL MEDIO AMBIENTE.

Normalmente no se instala un campamento en estos casos, por lo tanto el material adquirido es expuesto a la humedad del medio ambiente, incurriendo de esa manera en la hidratación anticipada del cemento perdiendo sus propiedades iniciales.

ALMACENAMIENTO.

Es otro aspecto muy descuidado, ya que por ganar espacio en un ambiente se arruman en pilas de más de 10 bolsas, originando de esa manera el

endurecimiento de las bolsas de la base. También se puede mencionar la falta de protección en la base de la ruma ya que las bolsas se exponen a contacto directo con el suelo.

ACERO DE REFUERZO

El acero es una aleación de diversos elementos minerales, los que determinan sus propiedades mecánicas. En el mercado local contamos con los siguientes diámetros: 1/4", 3/8", 1/2" Y 5/8", las barras de 3/4" y 1" se solicitan para obras de mayor envergadura.

El acero es el material que actúa ante sollicitaciones de flexión, mientras que el concreto a compresión.

CARACTERISTICAS DE SU EMPLEO

VENTAJAS

Constituye el elemento más importante, desde el punto de vista estructural sometido a flexión, es de fácil adquisición; ya que en el mercado local existen distribuidores.

DESVENTAJAS

Su alto costo en el mercado, corrosión y transporte local.

COSTO EN EL MERCADO.

Como es sabido, la población de nuestro estudio, carece de recursos económicos y conocimientos en la rama de la construcción, por lo tanto la idea que manejan es que; ahorrando algunas proporciones de acero pueden construir áreas mayores, aspecto muy descabellado desde el punto de vista del estudio.

Dentro de las falencias notadas se puede mencionar por ejemplo, las dimensiones limitadas de los anclajes de las zapatas, los ganchos o anclaje de los estribos y cantidades disminuidas de estribos espaciados uniformemente, barras de acero inapropiados con diámetros que técnicamente no son los apropiados para su diseño o proyección en las columnas.

CORROSIÓN.

Normalmente el acero es adquirido con anticipación, por que van almacenando a manera de ahorro, y descuidando su protección, ya que lo exponen a la intemperie. El otro aspecto que resalta en las construcciones de nuestro medio en el abandono de las obras a medias, aspecto que hace que los refuerzos de acero se corroan, y mas aún no sean limpiados antes de ser vaciados.

Durante el proceso de limpieza al que se somete al acero, muchas veces se exagera; ya que al hacer uso de la escobilla de acero se altera el diámetro de la barra. En la vista se aprecian los aceros de las columnas es estado de corrosión

RECOMENDACIONES:

Cuando se trata de construir una vivienda, no debe importar el costo, ya que es preferible tener un ambiente techado de menor área y bien acabado, a tener una construcción grande que no brinde la seguridad del caso.

Para contrarrestar la corrosión, es recomendable utilizar escobilla de acero y ácido muriático, para luego proceder a realizar la limpieza sin alterar el diámetro de la barra de acero.

Una vez que la barra de acero haya sido doblado, pierde su propiedades iniciales de diseño, por lo tanto es recomendable no utilizar la sección alterada.

RECUBRIMIENTOS

Todo elemento estructural debe tener su refuerzo de acero protegido del medio ambiente y corrosión, a la distancia comprendida entre la cara exterior del elemento y el primer refuerzo de acero se le conoce como recubrimiento.

Los elementos estructurales principales tales como columnas, muros o vigas, donde se tiene refuerzo longitudinal y transversal (estribos), el

recubrimiento se medirá desde la cara exterior al estribo pues éste es el refuerzo más próximo a la exterior.

La función principal de los recubrimientos es dar protección al refuerzo de acero para prevenir su oxidación. Además sirve para protegerlo de los incendios (altas temperaturas) .

Cuando se tiene una atmósfera corrosiva o condiciones severas de exposición debe aumentarse el recubrimiento y debe controlarse la porosidad del concreto. Valga la oportunidad para indicar que un recubrimiento muy grueso puede ocasionar rajaduras en el concreto.

LONGITUDES DE ANCLAJE

Las longitudes de anclaje se dan en función del diámetro de la barra y las solicitaciones del tipo de estructura (vigas, columnas, losas, etc). La adherencia desarrolla una fuerza a lo largo del perímetro de las varillas y serán necesario una cierta longitud de varilla para poder desarrollar una fuerza resistente igual a la tracción máxima resistente de la varilla.

EMPALMES

Los empalmes son utilizados cuando la longitud de refuerzo en un elemento excede la longitud comercial de las varillas de acero y es necesario unir dos de ellas para conseguir el largo adecuado.

En el tipo de construcción que tenemos se utiliza el empalme traslapado, el que consta en empalmar dos varillas, una a continuación de la otra, con una cierta longitud de traslape. Los empalmes traslapados tienen la desventaja que el concreto que los rodea presenta grietas locales irregulares.

PAQUETES DE VARILLAS

En algunos casos es necesario distribuir gran número de varillas en elementos de dimensiones reducidas que no permiten cumplir los requisitos mínimos de recubrimiento y espaciamiento. En estos casos es conveniente hacer uso de paquetes de barras.

Las barras que conforman un paquete no deben ser empalmadas simultáneamente. Los empalmes deben escalonarse a una distancia de por lo menos $40d_b$, donde d_b , es el diámetro de las varillas del paquete. Para el caso de nuestro estudio no se requiere este aspecto.

ADHERENCIAS

Es sabido que el concreto es un material que trabaja eficientemente a la compresión y el acero a la tracción, aún cuando también sirve para resistir compresiones.

Deducimos por tanto que generalmente usamos el concreto armado para satisfacer los esfuerzos de compresión y el acero para tomar las tracciones que se presenta en los distintos elementos estructurales. Básicamente el acero satisface las tracciones aún cuando éste también resiste convenientemente esfuerzos de compresión.

Para que el concreto y el acero trabajen en conjunto, es necesario que estén íntimamente unidos entre sí, a esta unión se le denomina ADHERENCIA.

CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES

Por tratarse el tema de estudio de Cimentaciones Superficiales, se explicará los siguientes elementos estructurales:

- Zapatas
- Columnas
- Cimientos corridos
- Sobrecimientos

ZAPATAS:

Considerado como el elemento principal para transmitir las cargas al suelo, en nuestro estudio se pudo notar que existen muchas deficiencias en esta aspecto, tales como la falta de solados o falsas zapatas, diseño de mezclas, recubrimientos, geometría y profundidad de fundación.

COLUMNAS:

Elemento encargado de transmitir las cargas de la vigas a las zapatas, el que también es muy descuidado, ya que carecen de todo criterio técnico como un apropiado recubrimiento, falta de ganchos de anclaje, mala distribución de estribos, diseño de mezclas deficiente, anclaje de columnas inapropiadas.

CIMIENTOS CORRIDOS:

Es el elemento encargado de transmitir las cargas de los muros, a través de los sobrecimientos al suelo. Es preciso indicar que en albañilería confinada el muro cumple la función de soportar la carga de las vigas, y estas a su vez de la losa aligerada, en cambio cuando se trata del sistema aporticado, el muro no cumple tal función.

Realizado el sondeo del caso, se pudo notar deficiencias como; profundidad de zanjas muy superficiales, excesiva cantidad de piedras y de gran tamaño, deficiencia en la proporción del concreto.

SOBRECIMIENTOS

Este elemento tiene la función de recibir las cargas del muro y transmitirlos a los cimientos corridos, además de proteger de la humedad a los muros de cualquier gente externo que pueda causar daño a los muros.

De la evaluación realizada, se puede comentar que se encontró deficiencias como; inapropiada altura de éste elemento, exceso de piedras en su conformación y presencia de cangrejas.

PROPUESTA Y ESPECIFICACIONES DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS BÁSICOS.

Este aspecto constituye uno de los puntos más importantes de este proyecto de tesis, pero las recomendaciones pertinentes se realizaron en cada acápite oportunamente.

Las características halladas en los sistemas constructivos de la periferia de la ciudad de Juliaca, definitivamente requieren una reorientación, ya que en el estudio se pudo notar crasos errores destinados a fatales consecuencias. A lo ya mencionado se puede recomendar el mejoramiento y capacitación de los

maestros de obra a través de charlas de capacitación impartidas por los entes competentes, además deben contar con la asistencia técnica de un profesional.

ENCOFRADOS

Se denomina así al conjunto de moldes, hechos con tablero de madera o paneles de metal, los que son utilizados en el vaciado del mezcla hasta lograr el fraguado. Los encofrados están sometidos a diversos tipos de esfuerzos, además del peso del concreto y las presiones que ejerce sobre el, el concreto fresco, se debe considerar las sobrecargas producidas por el personal al momento del vaciado así como de la maquinaria utilizada en el proceso de vaciado, se debe considerar asimismo el impacto que produce el concreto al caer sobre la tabla.

Cuando se hace el diseño de encofrados no se considera el peso propio de la madera por no ser muy significativo con relación a las cargas aplicadas con el concreto y las sobrecargas que se pueda tener. Las normas ACI, en su norma 622 recomienda utilizar los siguientes valores como sobrecarga en un encofrado.

- a) Cuando se va a vaciar con equipo normal 250 kg/cm²
- b) Cuando de va a vaciar con carretillas 375 kg/cm²

La presión lateral del concreto fresco cuando es depositado en los encofrados y se encuentra en estado plástico, aumenta con la altura del encofrado, disminuyendo según el concreto empiece a fragua, se tiene que el valor de la presión máxima que ejerce el concreto sobre las paredes laterales de los encofrados dependen de los siguientes factores:

1. Velocidad del vaciado
2. Temperatura del concreto durante el vaciado
3. Peso del concreto
4. Consistencia del concreto
5. Método de compactación
6. Forma y dimensión de los encofrados
7. Rugosidad de los tableros del encofrado.

6.05 CALIDAD DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN UTILIZADOS.

Los materiales constituyen la materia prima de la construcción, por lo tanto es de vital importancia contar éstos pero de buena calidad.

Si nos referimos al ladrillo se puede decir que se cuenta con una excelente materia prima, es decir, buena calidad de arcillas, ya que si le da la debida importancia técnica, se mejoraría enormemente la calidad de los ladrillos artesanales.

El material pulverulento o cemento, que predominantemente se utiliza en estos menesteres en la región, es el Cemento Rumi, procedente de la fábrica Cemento Sur del distrito de Caracoto.

En nuestro mercado existe acero procedente de dos siderúrgicas, los que están representados por Aceros Arequipa y Sider Perú. El material utilizado predominante es el ofertado por la fábrica de Aceros Arequipa, justificándose fundamentalmente en su bajo costo. La fábrica de Sider Perú abastece en menor escala debido, al alto costo de su producto. Ambas siderúrgicas tienen en el mercado material que reúne las exigencias de la ASTM.

AGREGADOS

○ ARENA FINA

Es el material fino que predominan en su composición granos menores que 1/2 mm, procedente de las orillas de los ríos, que se utiliza para enlucir los acabados tanto interiores como exteriores de los muros o paramentos de las edificaciones y otros.

- **ARENA GRUESA**

Se define como el material predominante en su composición granos entre 1 mm y 3mm, se utiliza en el asentado de ladrillos.

- **HORMIGON**

El agregado denominado hormigón, es una mezcla natural, en proporciones arbitrarias, de agregado fino y grueso, procedente de río o de cantera, es preciso aclarar que el agregado fino y grueso se selecciona a través del tamiz N° 4. Su uso se da en los elementos de cimentación, tales como cimientos corridos y sobrecimientos básicamente.

- **PIEDRA**

Es el elemento mineral dúctil y compacto, que constituye las rocas, en la construcción es de vital importancia debido al volumen que ocupa dentro de las cimentaciones corridas y sobrecimientos, reduciendo así el costo de la unidad cúbica de concreto. La proporción recomendable para cimientos corridos es de 1:10 con 30% de piedra grande, con diámetro no mayor a 25 cms. y para sobrecimientos una proporción de 1:8 mas el 25% piedra, con diámetro de 10 cms. como máximo.

LADRILLOS

- **LADRILLO ARTESANAL**

Este material es el que predomina en el mercado de la construcción local, su presentación se da en ladrillos de muro (King Kong), sus medidas características son de 12 x 22 x 7 cms, y el ladrillo de techo (aligerado), sus medidas características son de 25 x 25 10 cms. Este material está compuesto en su mayoría por arcillas y arena muy fina. Sus canteras de y Fábricas proceden mayormente del sector Salcedo.

- **CEMENTO**

El cemento es un material con propiedades tanto adhesivas como cohesivas; las cuales le dan la capacidad de aglutinar fragmentos minerales para formar un cuerpo compacto. El cemento más utilizado en nuestro medio, es el cemento Rumi Pórtland tipo IP, procedente de

la fábrica del distrito de Caracoto. El otro material cemental usado pero en mínima proporción es el cemento Yura, procedente del distrito de Yura, provincia de Arequipa.

○ **ACERO**

El acero es una aleación de diversos elementos químicos entre ellos: el carbono, manganeso, silicio, cromo, níquel y vanadio. El carbono es el más importante y el que determina sus propiedades mecánicas. A mayor contenido de carbono, la dureza, la resistencia a la tracción y el límite elástico aumentan.

Las barras de acero corrugado que se utilizan en las construcciones de nuestro medio, es el de grado 60, cuyo esfuerzo de fluencia del acero es de 4,200 kg/cm² y resistencia mínima a la tracción a la rotura es de 6,300 kg/cm², El acero que se tiene en el mercado local proviene de las siderúrgicas de Aceros Arequipa y Sider Perú. El material de mayor aceptación es el de Aceros Arequipa, justificándose fundamentalmente en su bajo costo, seguido por el de Sider Perú, Ambas siderúrgicas reúnen las exigencias establecidas por la ASTM (Sociedad Americana para Ensayos de Materiales).

○ **YESO**

Es el material pulverizado de la piedra caliza (sulfato de cal), sometido a altas temperaturas. El yeso tiene la propiedad reaccionar y endurecer ante el amasado con agua.

La materia prima existente en nuestro medio, procede en gran escala de las canteras del distrito de Samán, el proceso de elaboración se da de manera artesanal. El uso de este material generalmente se da en los enlucidos interiores de las viviendas, su aceptación se da en gran escala, debido a su bajo costo y características térmicas que presenta este material, ya que nuestro medio ambiente así lo exige.

EL CONCRETO Y SUS COMPONENTES

El concreto es una mezcla de cemento, agregado grueso, agregado fino y agua. El cemento, el agua y la arena constituyen el mortero cuya función es unir las diversas partículas de agregado grueso llenando los vacíos entre ellas. En teoría, el volumen de mortero solo debería llenar el volumen entre partículas. En la práctica, este volumen es mayor por el uso de una mayor cantidad de mortero para asegurar que no se formen vacíos.

Para obtener un buen concreto no sólo basta contar con materiales de buena calidad mezclados en proporciones correctas. Es necesario también tener en cuenta factores como el proceso de mezclado, transporte, colocación o vaciado y curado.

CEMENTO

El cemento se obtiene de la pulverización del clinker, el cual es producido por la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos. Está constituido por los siguientes componentes:

Silicato tricálcico, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.

Silicato di cálcico, el cual define la resistencia a largo plazo y no tiene tanta incidencia en el calor de hidratación.

Aluminato tricálcico, es un catalizador en la reacción de los silicatos y ocasiona un fraguado violento. Para retrasar este fenómeno, es preciso añadirle yeso durante la fabricación del cemento.

Aluminato-Ferrito Tetracálcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

Componentes menores: Óxidos de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio.

Existen diversos tipos de cemento, los cuales están especificados en la norma ASTM C-150-99a, y son:

Tipo 1, El que es de uso general y sin propiedades especiales.

Tip 11, de moderado calor de hidratación y alguna resistencia al ataque de los sulfatos.

Tipo 111, de resistencia temprana y elevado calor de hidratación.

Tipo IV, de bajo calor de hidratación.

Tipo V, de alta resistencia al ataque de sulfatos.

AGREGADO FINO O ARENA

Tanto El agregado fino como el grueso, constituyen los elementos inertes del concreto, ya que no intervienen en las reacciones químicas entre cemento y agua. El agregado fino debe ser durable, fuerte, limpio, duro, y libre de materias impuras como polvo, limo, pizarra, álcalis y materias orgánicas. No debe tener más de 5% de arcilla o limos ni más de 1.5% de materias orgánicas. Sus partículas deben tener un tamaño menor a $\frac{1}{2}$ " Y su gradación debe satisfacer los requisitos propuestos en la norma ASTM-C 33-99^a.

AGREGADO GRUESO O PIEDRA

El agregado grueso está constituido por rocas graníticas, dioríticas y sintéticas, Puede usarse piedra partida en chancadora o grava zarandeada de los techos de los ríos o yacimientos naturales. Al igual que el agregado fino, no deben contener más de un 5% de arcillas y finos ni más de 1.5% de materias orgánicas, carbón, etc. Es conveniente que su tamaño máximo sea menor que $\frac{1}{5}$ de la distancia entre las paredes del encofrado, $\frac{1}{4}$ de la distancia libre entre armaduras y $\frac{1}{3}$ del espesor de las losas. Para concreto ciclópeo se puede emplear piedra hasta de 15 y 20 cm. Al igual que para la arena, la norma ASTM-C-33-9ga, también establece una serie de condiciones para su gradación.

AGUA

El agua empleada en la mezcla debe ser limpia, libre de aceites, ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas. En general, el agua potable es adecuada para el concreto. Su función principal es hidratar el cemento, pero también se le usa para mejorar la trabajabilidad de la mezcla.

Podrá emplearse agua no potable en la elaboración del concreto, siempre que se demuestre su idoneidad. Si las resistencias obtenidas a los 7 y 28 días son por lo menos el 90% de las esperadas en morteros similares elaborados a base de agua potable el líquido es aceptable.

ADITIVOS

Los aditivos son sustancias que, añadidas al concreto, alteran sus propiedades tanto en estado fresco como endurecido. Por naturaleza, se clasifican en aditivos químicos y aditivos minerales. Entre Los primeros, se tiene, principalmente, los plastificantes y super-plastificantes, los incorporadores de aire y los controladores de fragua.

- **Los aditivos plastificantes;** sirven para lograr concretos más trabajables y plásticos. Permiten reducir la cantidad de agua en la mezcla. Si se mantiene constante la cantidad de cemento, la resistencia del concreto aumenta. Si la relación entre la cantidad de agua y el cemento no varía, al reducir la cantidad de agua disminuirá la cantidad de cemento y se obtendrá un concreto con igual resistencia pero con menos cemento en la mezcla. Es posible una reducción de hasta 15% de cemento en la mezcla sin pérdida de resistencia. El período de efectividad de los aditivos plastificantes es limitado. Entre ellos se tiene: ácido cítrico, ácido glucónico y los lignosulfonatos.
- **Los aditivos super-plastificantes;** permiten reducir hasta tres o cuatro veces el agua que puede ser reducida a través del uso de plastificantes. Esta reducción puede variar entre 20% Y 25% del contenido total de agua. Estas sustancias se utilizan en la elaboración de concretos de alta resistencia y de concretos muy fluidos. Además, aceleran la hidratación del cemento, obteniéndose mayores

resistencias al primer, tercer y séptimo día. Algunas sustancias usadas como super-plastificantes son: naftalinas condensadas, mezclas de melaninas, y sales de ácido naftalínico sulfúrico.

- **Los aditivos incorporadores de aire;** se usan con el objeto de añadir a la mezcla burbujas de aire uniformes. Está demostrado que esta circunstancia favorece a la resistencia del concreto al deterioro producido por el calor y heladas alternadas. Los incorporadores de aire se usan, también, para mejorar la trabajabilidad de la mezcla.

CAPITULO VII

ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA HUMEDAD EN LAS CONSTRUCCIONES

7.00 INTRODUCCION

Una de las principales causas de insalubridad de las construcciones y al mismo tiempo de depreciación de las mismas es la humedad que en mayor o menor intensidad, se acumula en los materiales utilizados en la ejecución de cimientos, muros, pisos, cubiertas, etc. Sin olvidar por supuesto de la humedad por capilaridad que se produce desde el momento en que se coloca sobre el terreno la primera piedra o ladrillo de las cimentaciones.

Los deterioros producidos en las viviendas, en las zonas de estudio por simple observación son debidas a la humedad, pero lo interesante era saber:

Su origen, sus efectos y consecuencias para poder encontrar métodos y materiales para prevenirla y al mismo tiempo remedios para las lesiones ya existentes.

La principal preocupación del hombre desde épocas muy remotas con referencia a sus habitaciones fue siempre el problema de la humedad la que directa o indirectamente se confabuló contra él para hacer de su morada, muchas veces un lugar inhóspito.

Podemos decir que la guerra contra la humedad fue el origen de las construcciones, huyendo de las lluvias, granizo y nieve; el hombre primitivo se refugió en las cavernas.

Pero las humedades que penetraban por paredes y suelo la expulsaron de las cuevas y el hombre se construyó sus primeras chozas con la madera que en superabundancia le ofrecían los bosques. Fue de nuevo la humedad que produciendo la rápida putrefacción de la madera obligó al hombre a buscar otros materiales de construcción de mayor poder aislante y más resistente a la acción de la humedad. Así en constante lucha contra el agua enemiga, el hombre fue desarrollando y perfeccionando la construcción de los edificios que le daban cobijo ideando cada vez nuevos métodos para impedir la formación de humedades. Cuando al fin había logrado un aislamiento casi perfecto, la comodidad le hizo conducir hasta el interior de su morada el agua que necesitaba para su sustento y limpieza, creando nuevas fuentes de humedad.

Motivo por el cual se fueron desarrollando técnicas destinadas a vencer este mal, actualmente podemos decir o asegurar que este mal ha sido vencido siempre que el constructor observe con toda pulcritud las reglas fundamentales para obtener una buena protección contra este agente de bacterias.

7.01 ENFERMEDADES CAUSADAS POR EL AGUA Y LA HUMEDAD

ENFERMEDADES CAUSADAS POR EL AGUA

La ciudad de Puno así como otras ciudades, siempre corre el peligro en la población de obtener enfermedades a causa del mal tratamiento que se puede dar a las aguas para el consumo humano; es por esa razón que los organismos nacionales e internacionales dan ciertas normas para tratamiento óptimo de las aguas. En el siguiente cuadro se aprecia las enfermedades que pueden provocar las aguas, y algunas cifras a nivel mundial:

Enfermedades causadas por el agua.

Causa	Enfermedad	Número de enfermos en millones
Bacteria	Diarreas	4000
	Cólera	0.04
	Tifoidea	0.70
Virus	Poliomielitis	8
	Hepatitis A	2000
Parásitos	Amebiasis	400
	Dracunculosis	100
	Bilarciasis	200

Fuente: OMS.

El agua también es uno de los principales medios de transmisión de muchas enfermedades que afectan al ser humano. Lamentablemente, es el hombre mismo quien con frecuencia crea gran parte de las condiciones que merman la calidad del agua que utiliza. Por ejemplo, uno de los principales riesgos para la calidad del agua en la Región, es la eliminación inadecuada de excretas.

Las principales enfermedades de origen microbio no contraídas por el consumo de agua son adquiridas por la vía fecal-oral. Entre ellas se encuentran la tifoidea, la hepatitis A y el cólera, cuyos nombres todos conocemos. Una vez que la persona ingiere agua contaminada, la mayoría de los microorganismos se multiplican en el aparato digestivo y se excretan en las heces.

ENFERMEDADES CAUSADAS E INCREMENTADAS POR LA HUMEDAD

En los últimos años se ha observado un incremento cada vez más creciente de enfermedades infecciosas y no infecciosas así como agudización de otras entidades ,debido a la presencia de diversos factores como: climáticos (cambios de temperatura y aumento de la humedad) , vivienda (humedad de la misma), la cual facilita cambios en el funcionamiento del cuerpo, así como cambios en la conducta y proliferación de organismos que producen determinadas enfermedades como por ejemplo:

1. La humedad puede producir las siguientes enfermedades o procesos:

- Asma.
- Obstrucción nasal (debido a la inflamación de los cornetes).
- Sinusitis.

2. La humedad puede exacerbar algunos cuadros tales como:

- Asma.
- Artrosis.
- Artritis.
- Enfermedades del aparato respiratorio:
- Faringitis aguda.
- Neumonía.

3. La humedad puede favorecer la proliferación de ciertos microorganismos y vectores que producen:

- Fiebre amarilla.
- Dengue.
- Aumento en el numero de moscas, mosquitos, cucarachas, roedores, los cuales pueden transmitir otras enfermedades.

7.02 PROCEDENCIA DE LA HUMEDAD

De acuerdo a los estudios realizados en la construcciones de la ciudad de Puno, podemos decir que las principales causas de la procedencia de la humedad en las construcciones de viviendas son las siguientes:

- Humedad propia de los materiales.
- Humedad de capilaridad.
- Humedad por filtración.
- Humedad accidental.

7.03 HUMEDAD PROPIA U ORIGINAL DE LOS MATERIALES

Tal. como la que proviene del agua de cantera, de la absorbida por los ladrillos, de la empleada en la ejecución de los morteros y a la cual viene añadirse la originada por las lluvias, nieblas y nieves ocurridas durante la época de la construcción, de las viviendas.

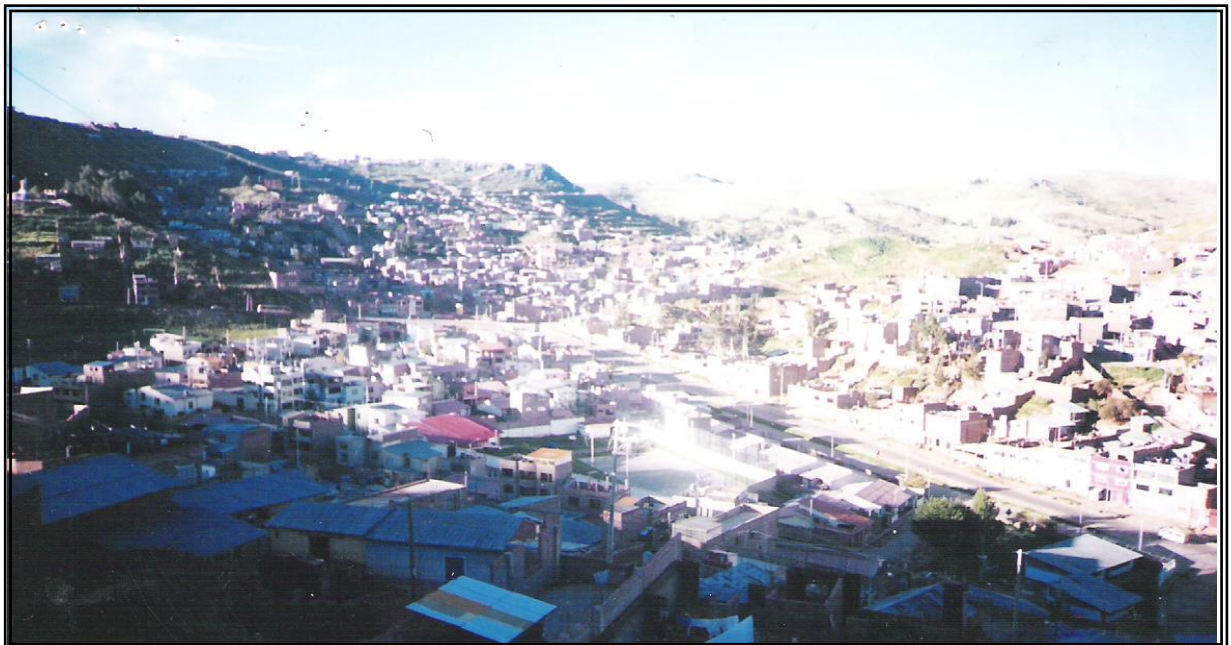
7.04 HUMEDAD DE CAPILARIDAD.

Que se produce desde el momento en que se coloca sobre el terreno la primera piedra o el primer ladrillo de las cimentaciones, aspiradas por las fuerzas capilares. Por esta razón el agua que asciende o los muros por capilaridad puede reconocerse dos causas.

- Humedad del terreno debida al agua pluvial.
- Agua freática, siendo esta peligrosa, por que si el sótano alcanza profundidad, la presión hidrostática favorece al ascenso del agua.



FOTOGRAFIA N° 1 .- MUESTRA LAS CRACTERICISTICAS TOPOGRÁFICAS DE LA CIUDAD DE PUNO, LA PARTE OESTE DE LA CIUDAD.



FOTOGRAFIA N° 2.- MUESTRA LAS CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS DE TERRENO INCLINADO DE LA PARTE NORTE DE LA CIUDAD (SALIDA JULIACA).

OBSERVACIONES:

- Se tiene la canalización, con tapa de losa de concreto.
- La parte exterior esta provista de descuido faltando mantenimiento.
- Se observa la cimentación de un inmueble donde se nota la capilaridad de la humedad y el excesivo relleno.

RECOMENDACIONES:

- Se debe nivelar las superficies por concluir.
- El relleno deberá de tener la compactación adecuada y con material granula.
- Las cotas de los pisos deberán ser mayores a las de la vía.

OBSERVACIONES:

- Se muestra una excavación para habilitar terreno para la construcción de un inmueble.
- Se observa el afloramiento de humedad en las excavaciones.

RECOMENDACIONES:

- Es necesario la utilización de impermeabilizantes en las tres colindancias.
- Se puede proyectar una construcción en gradería.

OBSERVACIONES:

- Se observa el jirón con fuerte pendiente.
- Los niveles de piso terminado se encuentra por debajo de los niveles del jirón.
- Se observa la construcción de zócalos, a fin de proteger las construcciones de la humedad.

RECOMENDACIONES:

- Falta conservación y mantenimiento de la vía pavimentada, para evitar filtraciones a las construcciones.

OBSERVACIONES:

- Jr. Sin pavimentar.
- Jr. Con filtración de aguas pluviales a las viviendas.
- La casa de la esquina, se aprecia atacada notoriamente por la humedad hasta el 2° nivel.

RECOMENDACIONES:

- La pavimentación de la vía.
- Diseño de veredas en graderías.
- Protección de muros de la humedad.
- Se efectúa rellenos en el lecho del Lago Titicaca.
- Debería efectuarse con material más granular que lo observado en la fotografía.

RECOMENDACIONES:

- Utilizar un mejor material granular inclusive un enrocado.
- La compactación debe ser verificado.
- Los niveles de veredas, áreas, niveles de piso mayores al de las pistas.
- Se debe utilizar membranas impermeabilizantes, a fin de evitar la capilaridad.



FOTOGRAFIA N° 10.- AV. JULIACA.

OBSERVACIONES:

- Se observa la humedad en el edificio de material noble, por la fuga de agua en las instalaciones sanitarias.
- En los muros de adobe, en la misma fotografía se observa el deterioro por la humedad a falta de protección.

RECOMENDACIONES:

- La inspección de las instalaciones sanitarias, pluviales, deben ser periódicamente inspeccionadas y reparadas en el caso de deterioro.
- Los muros en la parte de la circulación deben ser protegidos de la humedad.

7.05 HUMEDAD DE FILTRACION.

Originada por diversas causas, especialmente por las precipitaciones pluviales y los desniveles que existen entre las cotas del pavimento, cotas de la vereda, cotas del piso terminado del primer piso de las construcciones y las cotas que corresponden a los patios o áreas libres.

Por ejemplo, cuando la cota del pavimento es mayor que la cota del piso terminado de las habitaciones se ocasiona la filtración del agua hacia las habitaciones, haciéndolas estas húmedas. La manera correcta de impedir esta filtración es logrando que la cota del piso terminado siempre sean mayores a las del pavimento de la vía o a las cotas que corresponden a la tapa de los buzones de desagüe.

Para mayor ilustración se expone las siguientes fotografías:



FOTOGRAFIA N° 11.- JR. CARLOS LAVAGÑA.

OBSERVACIONES:

- Se observa la pavimentación de la vía efectuada después de la construcción de viviendas, motivo por el que los niveles del primer piso se encuentran por debajo del nivel del pavimento lo que hace que sus habitaciones sean húmedas.
- Se observa un muro de adobe, totalmente deteriorado por la humedad por falta de protección de la humedad.
- El deterioro de los pavimentos también pueden ocasionar humedad por filtración en las construcciones.

RECOMENDACIONES:

- En los proyectos de pavimentación se deben evaluar convenientemente los niveles de; los buzones de desague, pistas, veredas, pisos y de patio.
- Las actividades de conservación deben ser permanentes.



FOTOGRAFIA N° 12.- JR. AYACUCHO

OBSERVACIONES:

- Se observa la regular pendiente de la vía.
- Se observa el deterioro de la humedad en techo de la construcción de adobe, pero falta de protección contra las aguas pluviales.
- Se observa la falta de protección en el piso, por lo que se deteriora al caer las aguas de lluvia.
- Se observa la falta de veredas.

RECOMENDACIONES:

- La altura de zócalos después del material utilizado, debe tener canaletas apropiadas para el escurrimiento de las aguas hacia la vía de manera conveniente.



FOTOGRAFIA N° 13.- LA CAPILLA

OBSERVACIONES:

- Se observa una extensión considerable de terreno por rellenar, el que anteriormente parte del techo del Lago Titicaca.
- La capilaridad es notoria.
- La ascensión capilar a deteriorado el pavimento.

RECOMENDACIONES:

- Los rellenos deben ser con material granular, inclusive enrocado y con la compactación conveniente.
- Se puede utilizar elementos impermeabilizantes a cierta profundidad.
- Los niveles de piso terminado en las veredas, interiores de la construcción deberán ser mayores a las del pavimento y/o tapas de los buzones de desague.

OBSERVACIONES:

- Se observa la frentera de la municipalidad de salcedo, con construcciones iniciales donde el terreno natural esta a una cota inferior al de la vía pavimentada.
- Los rellenos que se viene efectuando no tienen la compactación adecuada.
- Los sobrecimientos tienen alturas mínimas, por tanto expuestas a ser deterioradas por la humedad.
- La observación que se hace al suelo natural indica indicios de haber estado bajo humedad, posiblemente sea las riveras del lago Titicaca.

RECOMENDACIONES:

- Debe efectuarse rellenos con material seleccionado y compactación adecuada.



FOTOGRAFIA N° 16.- URBANIZACIÓN LA CAPILLA.

OBSERVACIONES:

- Se observa el nivel de terreno natural con afloramiento de agua.
- Las construcciones aledañas tienen bien levantadas y sus cotas de pisos.
- Se observa el relleno sin la debida compactación y de material inadecuado.

RECOMENDACIONES:

- Se debe fijar plantilla de niveles que facilitara un adecuado juego de niveles, referido a los niveles de la vía y las que corresponden a las tapas de los buzones de desagüe.
- Los rellenos deberán efectuarse con materiales apropiados y con la técnica de compactación adecuada.
- No debe utilizarse rellenos de material fino por su sensibilidad a la ascensión capilar.



FOTOGRAFIA N° 17 AV. FERROCARRIL

OBSERVACIONES:

- Pista recién construida sobre rellenos sobre el lecho del lago Titicaca.
- Se observa la altura de relleno, el mismo que se deduce de las características del terreno natural.

RECOMENDACIONES:

- Para habilitar los terrenos para áreas de construcción requiere de rellenos.
- Los rellenos deben efectuarse con material seleccionado.
- Se observa los rellenos con material de desmonte que no son aconsejables.
- La compactación y su control es necesario efectuarlos.
- Establece las cotas del interior de las construcciones mayores de los niveles de los pavimentos de la vía.



FOTOGRAFIA N° 18.- AV NUEVA ZELANDIA

OBSERVACIONES:

- Se aprecia la considerable altura de relleno para la construcción de la Avenida.
- La parte posterior del edificio administrativo de la UNA, y con el crecimiento de totora.
- La totora es inicio que todo el área construido de la fotografía era el lecho del lago Titicaca.

RECOMENDACIONES:

- En caso de habilitar el área verde de la fotografía para construcciones, se requerirá, trabajos de enrocado.
- Los trabajos de relleno requerirá una compactación adecuada.
- El material de relleno, deberá ser seleccionado del tipo granular.



FOTOGRAFIA N° 19.- RIO MARAVILLAS – SALIDA A CUSCO.

OBSERVACIONES.

- Se observa la invasión del lago Titicaca con altura considerable de piedras.
- El fondo del lago está con plantas acuáticas .
- En las temporadas de lluvias los niveles de agua alcanzan las cotas de la superficie de relleno.

RECOMENDACIONES:

- No debe efectuarse rellenos en el lago debido a que sus niveles de agua no son permanentes; más por el contrario son inestables.
- Las alturas de relleno deberán ser superiores al de las vías aledañas.



FOTOGRAFIA N° 20.- SALIDA A CUSCO – SECTOR MUCRA.

OBSERVACIONES:

- Areas que corresponden a las riveras del lago Titicaca.
- Se aprecia la considerable humedad al 100% en la superficie verde.
- Se aprecia construcciones de viviendas.

RECOMENDACIONES:

- La municipalidad deberá poner especial cuidado en una zonificación adecuada.
- La parte de las riveras deberá considerarse para áreas verdes, recreativas y no de construcciones.



FOTOGRAFIA N° 21 SALIDA A HUANACANE

OBSERVACIONES:

- Se aprecia la excavación para habilitar el terreno para una construcción.
- En la construcción de material noble, se observa el deterioro de las cimentaciones por la humedad.

RECOMENDACIONES:

- En las excavaciones deberá considerarse las redes de filtración y luego diseñar losas de impermeabilización que no afectan a la nueva construcción.
- El juego de niveles referido al de la pavimentación es importante determinarlo.



FOTOGRAFIA N° 22.- JR. NICOLAS JARUFE – BARRIO SANTA BARBARA.

OBSERVACIONES:

- Se aprecia las veredas del sector izquierdo al nivel del pavimento, lo que facilita el escurrimiento del agua de lluvia hacia el interior del inmueble.
- El lado derecho si tiene las veredas con nivel superior al del pavimento.

RECOMENDACIONES:

- Las cotas de la rasante de las vías deben ser determinadas de manera que sea imposible el escurrimiento de agua de lluvia hacia el interior de las construcciones.



FOTOGRAFIA N° 23.- RIO CACACHI- SALIDA A HUANACANE.

OBSERVACIONES:

- Se aprecia el relleno con material fino y desmonte.
- No se aprecia trabajo de compactación.
- Se aprecia el deterioro de pavimentos por ascensión capilar.

RECOMENDACIONES:

- Los rellenos deben efectuarse con material granular seleccionado.
- Los trabajos de compactación deben ser controlados.
- Se debe efectuar diseños a fin de evitar la ascensión capilar.

7.06 HUMEDAD ACCIDENTAL.

Que es provocada por escapes de tuberías, salpicaduras en duchas, descuidos de personas en cuartos de baño, cocinas, lavaderos, aguas empleadas en la limpieza de suelos y aguas accidentales por la rotura de tuberías, etc.

Es evidente que la importancia mayor o menor de estas diferentes clases de humedad depende en gran parte de unas cuantas propiedades físicas de los materiales de construcción en relación al agua, tales como su capacidad hídrica, su poder capilar, su permeabilidad, su hidroscopticidad y finalmente su mayor o menor facilidad de desecación.

Los tipos de humedad que resultan difíciles de combatir por medio de la impermeabilización son:

Las humedades debidas a la condensación que sólo puede evitarse mediante un adecuado estudio de las condiciones técnicas de las habitaciones, y las humedades accidentales que sólo puede evitarse mediante el empleo de buenos materiales adecuadamente instalados. La procedencia del agua se podrá determinar más propiamente por observación de las manchas y eflorescencias que se presentan; si provienen del suelo las eflorescencias aparecen cerca del suelo con mayor intensidad; Si proviene de la empleada en la construcción, las manchas se producen cuando la obra tarda en secarse.

Cuando los orígenes son reventones de canalones o cañerías, la misma situación que las eflorescencias revelan el lugar de la presencia de la humedad; y mediante la ayuda de los planos se determinará el punto o foco de agua.

7.07 EFECTOS DE LA HUMEDAD.

Los efectos de la humedad se pueden resumir en las siguientes:

- Infiltración General a través de muros y cubiertas hasta hacer la casa inhabitable.
- Formación de manchas de humedad y eflorescencias.
- Desconchamiento de ladrillos y morteros debidas a heladas.
- Criptoeflorescencias y otras acciones químicas.
- Putrefacción de la madera.
- Corrosión y oxidación de metales.

CONSECUENCIAS DE LA HUMEDAD.

Las consecuencias de la existencia de la humedad en las construcciones son indeseables, por lo que, puede provocar enfermedades de diversa índole, pues es un medio para la propagación de las bacterias, los pobladores sobre todo los niños sufren enfermedades bronquiales, alergias y afecciones a las vías respiratorias; en su economía y en su habitabilidad.

Es así que muchos autores al exponer las características de las viviendas primitivas involucran dentro de ellas "Escasez de Aberturas al Exterior", lo que podemos traducir en que existe mala ventilación lo que consecuentemente producirá la condensación de vapor de agua existente en el interior de la vivienda.

Consideran también "Ausencia de Sol" (producidas por la mala orientación a consecuencia de las sombras proyectadas sobre la calle o patio), que podemos interpretar como un poco capacidad de evaporación de la humedad ambiental; luego consideran "Vetustez y Presencia permanente de Gérmenes Patógenos". Podemos decir al respecto que conocida es la' relación entre los Gérmenes y la humedad.

Por esta razón el imperioso deber del Ing. Civil, es introducir al sol en cada vivienda durante dos horas como mínimo en el invierno y debe demostrarse con apropiados planos.

7.08 PROTECCIÓN CONTRA LA HUMEDAD.

Conseguir que un edificio o vivienda esté excepto de humedad debe ser uno de los temas de más importancia en las edificaciones: Por ello deben emplearse métodos e impermeabilizantes preservativos en la construcción, de paredes, suelos, muros, cimientos, soleras y cubiertas.

La humedad siempre es capaz de penetrar por la base de los muros y por los suelos en contacto con la tierra, así el edificio o vivienda se asiente sobre terreno seco.

El lecho de hormigón de los pisos bajos es penetrado por la humedad del terreno al hormigón del pavimento y por consiguiente la entrada al ambiente de la habitación.

Los peligros del agua subterránea a presión bajo los pisos del sótano pueden evitarse con la disposición de tubos de drenaje, por ellos se evacua el agua subterránea a la alcantarilla.

Para impedir el acceso del agua al muro o suelo, se sitúan en lugar conveniente materiales impermeables que forman una barrera contra la humedad.

Para hacer más eficaz el aislamiento se construye los cimientos con material compacto y poco absorbente a base de cemento Pórtland. Además han de poseer elasticidad suficiente para soportar, sin agrietarse, los asientos desiguales de la obra.

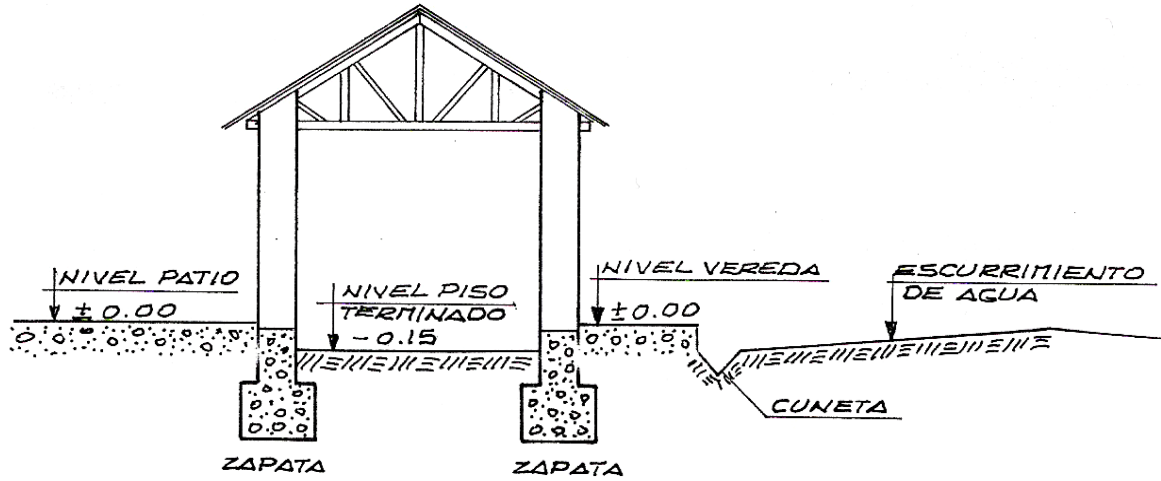
Para cerrar el paso al agua capilar, se extiende el cartón asfaltado unas cuatro hiladas por debajo del pavimento, previo enrase con mortero en plano absolutamente limpio. Estas tiras han de solaparse y pegarse con asfalto o betún. En los muros de fachada, se coloca una segunda capa por encima del alcance del agua lluvia (en zonas lluviosas)

Cuando el nivel freático se encuentra a poca profundidad, los efectos capilares son preocupantes. En este caso se deberá impermeabilizar los cimientos utilizando los hidrófugos en masa, los superficiales o los dos a la vez, igual procedimiento se seguirá con los sobrecimientos los que deben sobresalir de la superficie del terreno por lo menos unos 25 ó 30 cm. Con el objeto de que el ladrillo no esté en contacto con el suelo húmedo ni con el agua de esorrentía. Estos cimientos y sobrecimientos se podrá proteger también utilizando fieltros para lo cual será necesario colocar un muro (hilada) aislante perfectamente impermeabilizado y entre éste y los cimientos se colocará el fieltro.

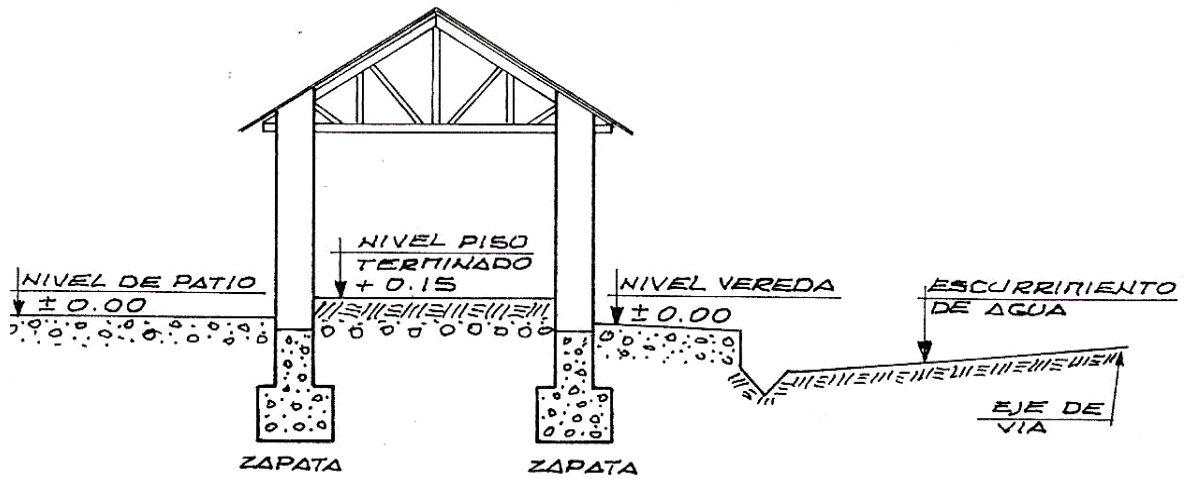
La hilada aislante cumple la función importante de proteger el fieltro de posibles desgarramientos a consecuencia del llenado de los cimientos, así mismo debajo de la hilada aislante podrá colocarse tubos de drenaje.

A continuación propondré criterios a fin de proteger la humedad de las construcciones.

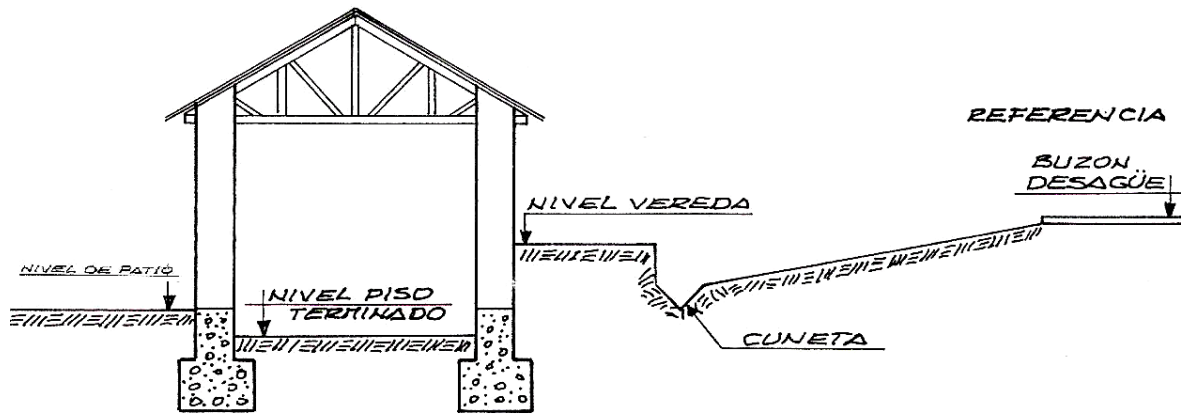
**NIVELES DE PISO TERMINADO - JUEGO DE NIVELES DE PISO
INCORRECTO**



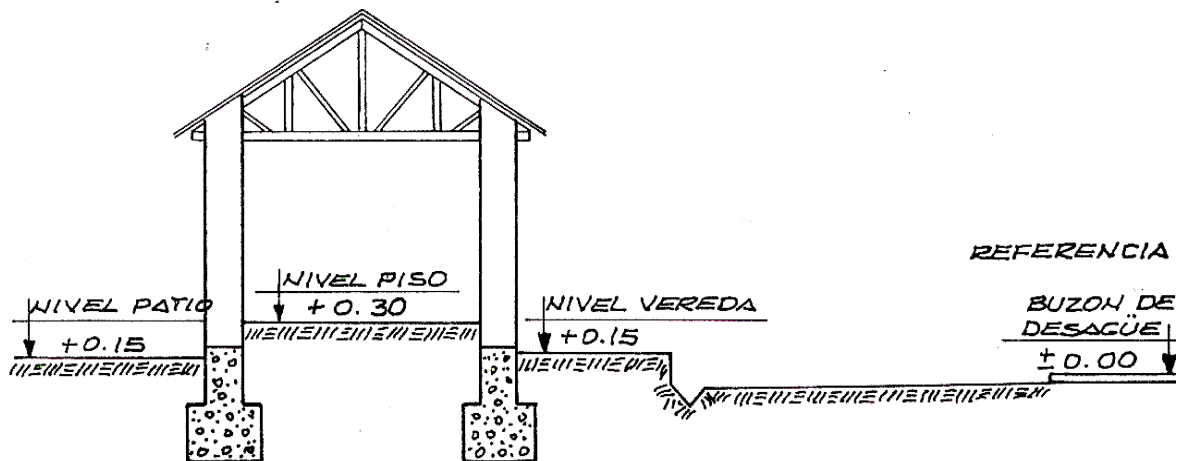
**NIVELES DE PISO TERMINADO - JUEGO DE NIVELES DE PISOS
CORRECTO**



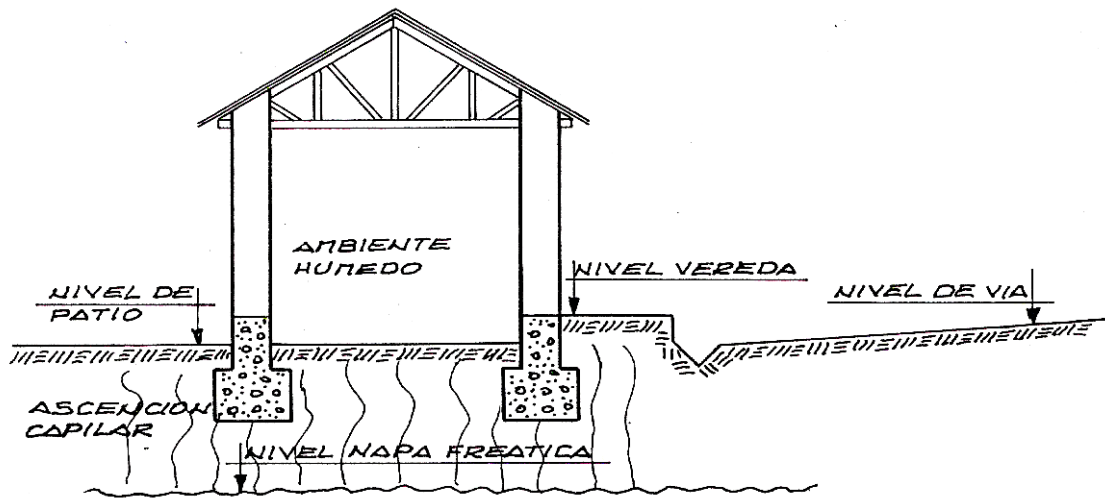
**NIVELES DE PISO CON REFERENCIA A BUZONES DE DESAGUE
INCORRECTO**



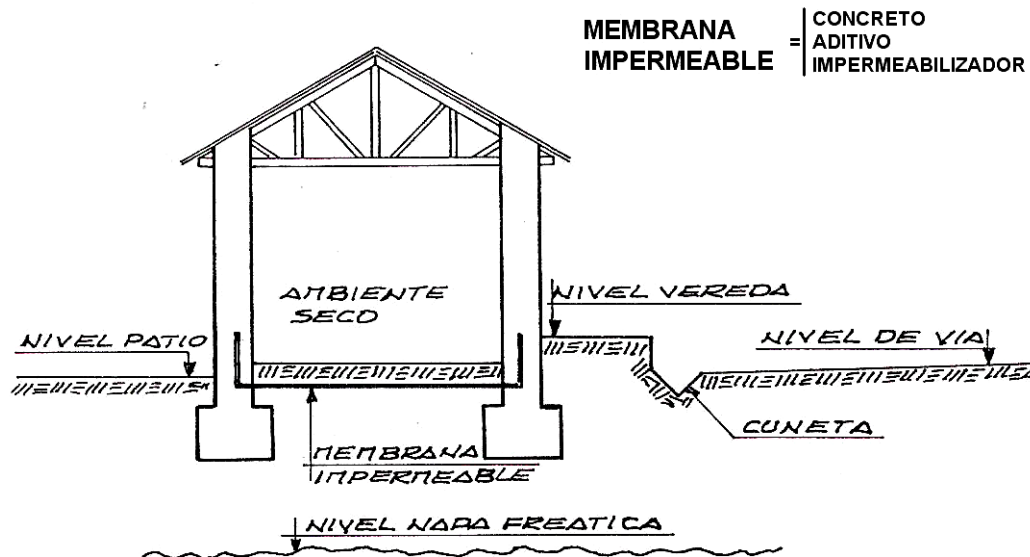
**NIVELES DE PISO CON REFERENCIA A BUZONES DE DESAGUE
CORRECTO**



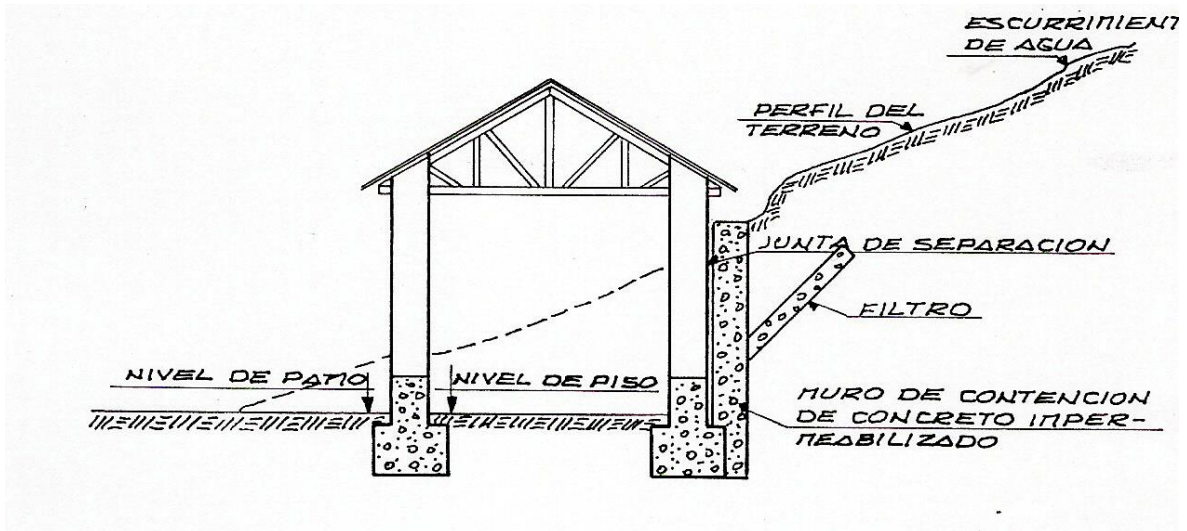
PRESENCIA DEL NIVEL FREÁTICO Y ASCENSIÓN CAPILAR



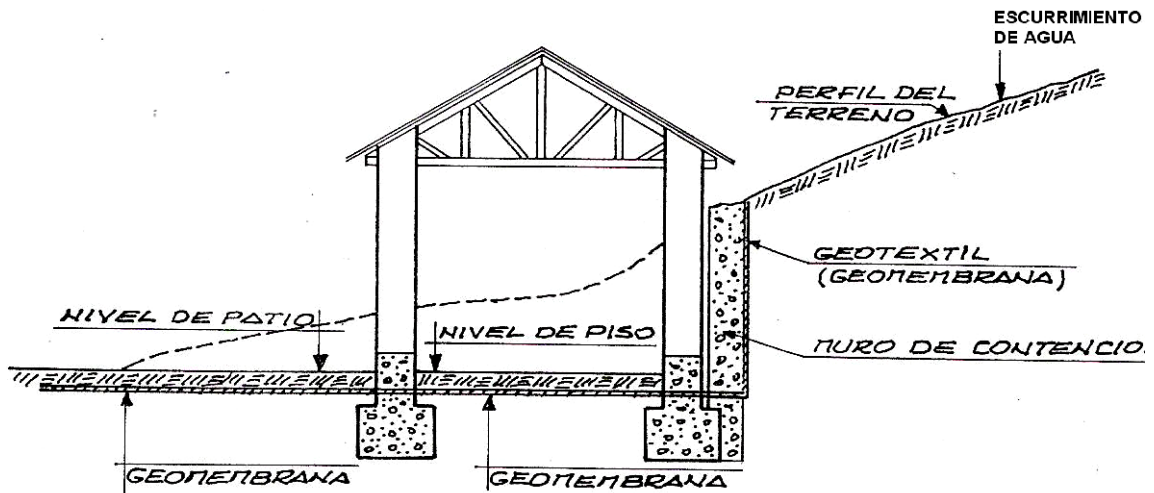
PRESENCIA DEL NIVEL FREÁTICO Y ASCENSIÓN CAPILAR CON HUMEDAD CONTROLADA



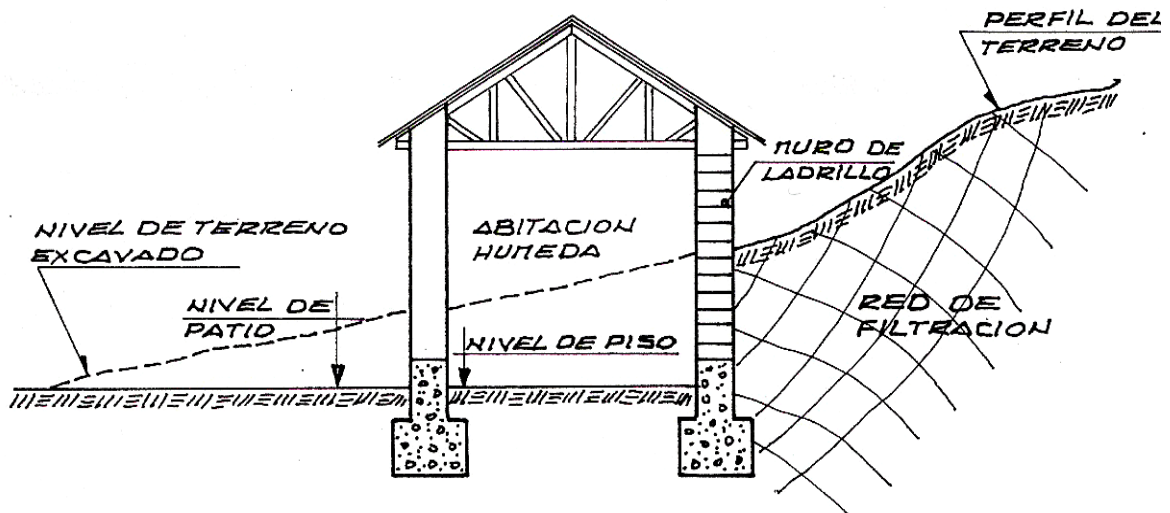
CONSTRUCCIÓN EN LADERA CON MURO DE CONTENCIÓN CONCRETO IMPERMEABILIZADO



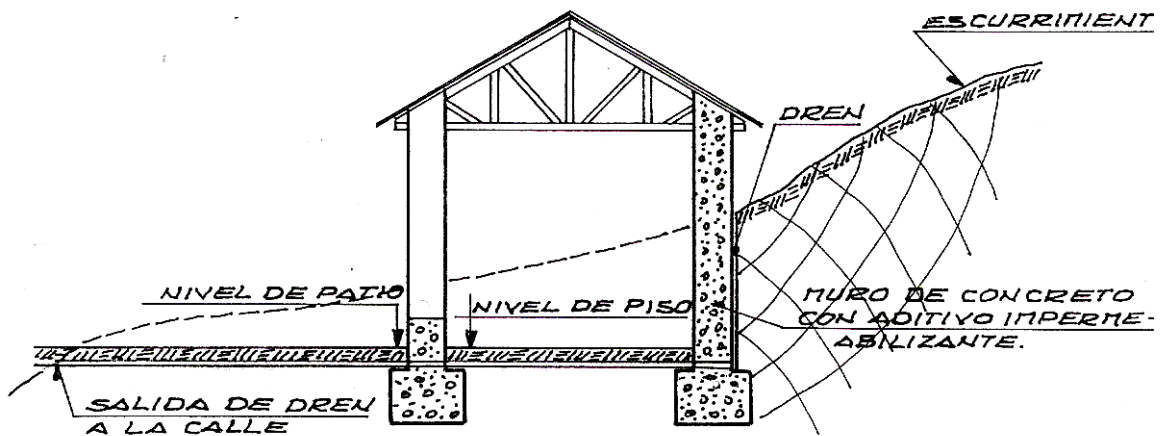
CONSTRUCCIÓN EN LADERA CON MURO DE C° C° Y GEOTEXTIL



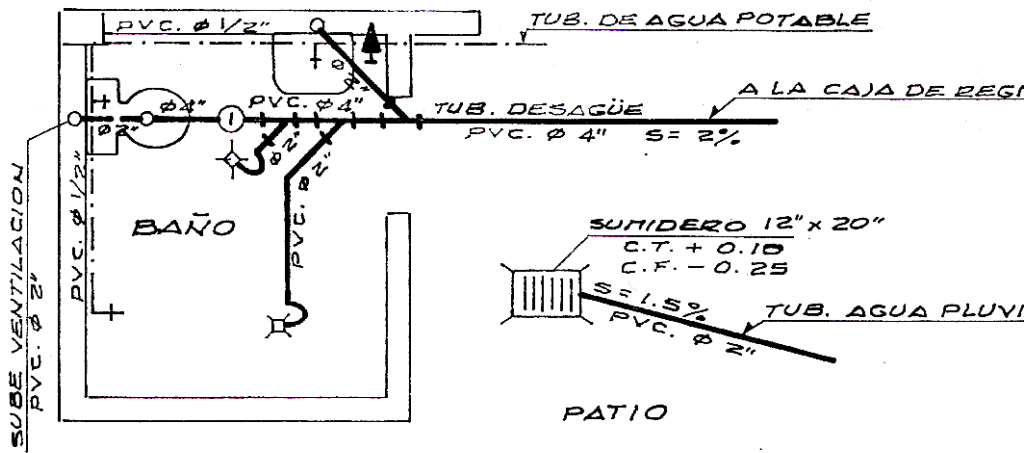
CONSTRUCCIÓN DE LADERA INCORRECTO



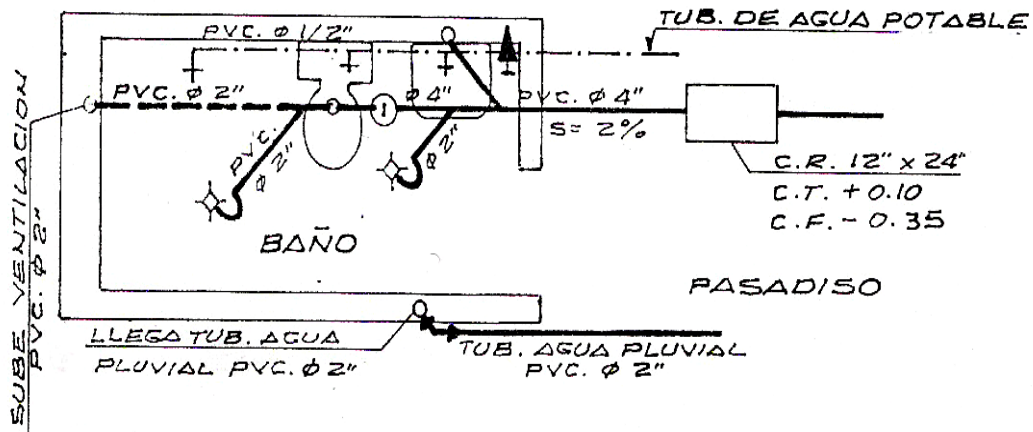
CONSTRUCCIÓN DE LADERA CON DREN Y MURO DE CONCRETO CON IMPERMEABILIZANTE



DISEÑO DE INSTALACIONES DE AGUA, DESAGUE, Y AGUAS PLUVIALES



OTRO DISEÑO DE INSTALACIONES DE AGUA, DESAGUE, Y AGUAS PLUVIALES



7.09 MATERIALES IMPERMEABILIZANTES.

Antes de dedicarnos a materiales impermeables trataremos algunas ideas fundamentales con respecto de la impermeabilización.

Llamamos impermeabilización al tratamiento o procedimiento aplicado a toda la construcción o parte de ella como protección a la humedad.

Hace algún tiempo se exigía que la mayor parte de los elementos constructivos fueran impermeables, es decir que no necesitan de ningún tratamiento especial para poseer una perfecta impermeabilidad, o sea que ello exigía procedimientos de construcción más pesados y costosos que los que se pueden emplear hoy en día mediante el empleo de materiales específicos que permitan cumplir mejor que otras determinadas funciones. Gracias a la Química para la construcción que fue fundada en Zurich, por los años 1910 se desarrolló los primeros impermeabilizantes y aditivos para morteros y concretos; para facilitar las tareas de la construcción y proteger las estructuras. Sin embargo los grandes desarrollos de productos y el reconocimiento de la utilidad de esto en la construcción apenas se logra a partir de 1,920 cuando en toda Europa se debían sanear e impermeabilizar los túneles ferroviarios al pasar la técnica de las locomotoras de vapor a electricidad, teniendo que proteger estas impresionantes obras contra la necesidad de contar con túneles perfectamente secos para la electrificación.

Hoy después de más de tres cuartos de siglo de investigación y desarrollo permanente en los laboratorios de Suiza, Estados Unidos y Japón se cuenta con más de 3, 000 formulaciones de productos y en nuestro país contamos con estos productos a partir del año 1, 980.

Por lo tanto a la impermeabilización se puede resumir en:

- Impedir la penetración de la humedad en las construcciones o estructuras cuyo interior se quiere mantener seco.

- Impedir la salida del agua de depósitos o instalaciones similares. La impermeabilización hoy en día es tan amplia y por 10 tanto hay infinidad de materiales y métodos a emplearse. Por lo general el constructor deberá atenerse estrictamente a las instrucciones que da el fabricante.

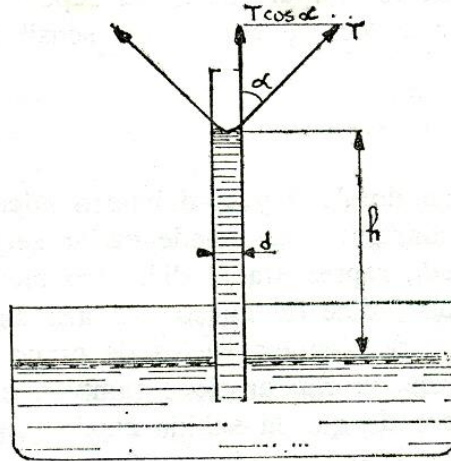
Los materiales impermeabilizantes según el material empleado en su fabricación, pueden ser:

- Impermeabilización a base de materiales asfálticos, impermeabilización a base de alquitrán, impermeabilización a base de materiales bituminosos, impermeabilización a base de mezclas de cauchos con plástico, también se les puede clasificar por:
- Tratamiento Integral, tratamiento Superficial, tratamientos especiales, pinturas Superficiales Impermeabilizantes, Aditivos para permeabilizar morteros, pastas impermeabilizantes, telas y fieltros impermeabilizantes, juntas prefabricadas.

7.10 ANALISIS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Tomando en consideración la preocupación de la humedad en las construcciones, es necesario entender el fenómeno capilar. Si se introduce el extremo inferior de un tubo fino en un recipiente lleno de agua, como muestra la figura siguiente, se comprueba que el agua asciende en el interior del tubo hasta una cierta altura h . Esta ascensión capilar se explica por la atracción que las moléculas de la pared sólida ejercen sobre las moléculas del líquido. Puede escribirse el fenómeno en primera aproximación admitiendo la existencia de una tensión superficial T en el menisco; es decir, en la superficie de separación agua aire. Esta tensión se ejerce en particular a lo largo de la línea de contacto del menisco y del tubo donde está equilibrada por la atracción de la pared.

Sucede entonces que la columna capilar aparece como suspendida al menisco y éste es aspirado por el tubo. Fácilmente podemos escribir la condición de equilibrio:



La tensión superficial del agua ha sido objeto de numerosas medidas. Su valor varía poco con la temperatura: en 15°C es de 74,7 dinas/cm. La ley de Jurin se escribe por consiguiente, para el agua en unidades CGS:

$$h = 0,3 \cos \alpha / d$$

El fenómeno tiene las mismas características en los suelos, pero no es tan sencillo porque los huecos forman una red muy compleja. El agua sube por capilaridad por encima del nivel freático y se denomina altura total de ascensión capilar h a la altura de la zona que queda mojada cuando el fenómeno permanece estacionario. Pero el agua no rellena todos los huecos.

Si bien el suelo está saturado en las proximidades de la capa freática, no sucede lo mismo en las partes superiores de la franja capilar donde solamente los canales más pequeños quedan afectados. La altura total de ascensión capilar depende evidentemente de la granulometría y del índice de huecos; depende también en cierta medida de la forma de los granos y

de las impurezas de la superficie. Es mayor cuando el tamaño de los granos decrece por lo que sensiblemente se tiene:

$$h = C / ed_{10}$$

en donde h y el diámetro eficaz d_{10} se expresan en centímetros, C es una constante que puede variar según los suelos de 0,1 a 0,5 cm² (el producto ed_{10} representa el diámetro medio de los conductos de un suelo que tiene un índice de huecos e formado por partículas idénticas de tamaño d_{10})

Si bien los suelos de grano fino presentan una gran altura total de ascensión capilar tiene también una permeabilidad débil, por lo que se comprende que la subida capilar en 24 horas sea máxima para un valor medio del diámetro eficaz (20 μ . según Terzaghi). Esta observación llama la atención sobre la velocidad de ascensión capilar que depende del producto kh más fácil de medir que la altura de ascensión capilar propiamente dicha.

Por otro lado es necesario conocer los coeficientes de permeabilidad k para ello se ha extractado la tabla N° I que se muestra a continuación:

TABLA I

(en cm/s)

Grava	10 ⁻¹	<	k	<	10 ²
Arena	10 ⁻³	<	k	<	10 ⁻¹
Limo y arena arcillosa	10 ⁻⁷	<	k	<	10 ⁻³
Arcilla	10 ⁻¹¹	<	k	<	10 ⁻⁷
Rocas aparentemente no fisuradas.....	10 ⁻¹⁰	<	k	<	10 ⁻⁸
NOTA: Para poder fácilmente centrar el orden de magnitud de estos coeficientes diremos que 10 ⁻⁶ cm/s representa una velocidad aproximada de 30 cm. por año.					

FUENTE: Curso práctico de Mecánica de Suelos, Autor J. COSTET/G.

De igual forma en la circulación del agua por los suelos, esta está ligada directamente con el termino del gradiente hidráulico i , por lo que pongo a consideración la tabla N° II mostrada a continuación:

TABLA II

Número de experiencia	Porosidad	$i_{crit} = \delta/\delta_w$	Altura de arena en cm	i crítico observado
1	0,43	0,94	3,8	0,95
2	0,35	1,06	6,2	1,10
3	0,43	0,94	1,5 a 6,0	1,13 a 1,16
4	0,41	0,97	6,5	0,96
5	0,44	0,92	7,2	1,05
6	0,35	1,07	6,2	1,08

FUENTE: Curso práctico de Mecánica de Suelos, Autor J. COSTET/G.

SANGLERAT Pag. 49.

Finalmente los ensayos realizados en laboratorio fueron de:

- Análisis granulométrico.
- Clasificación de suelos

Los resultados de estos ensayos se adjuntan al presente trabajo; del que se extracta lo siguiente:

ANÁLISIS GRANULOMETRICO

En curva granulométrica se parecía que los suelos analizados en este ensayo corresponden a la parte de suelos finos.

CLASIFICACION DE SUELOS

En esta parte el resultado del los ensayos, indican que los suelos analizados tienen las siguientes características.

- Clasificación SUCS : **CL**
- Clasificación AASHTO : **A - 6**

Para un mejor entendimiento considero exponer de manera breve las características de clasificación CL y A – 6.

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Los grupos principales de suelos de esta clasificación aparecen en la tabla siguiente.

<i>TIPO DE SUELO</i>	PREFIJO	SUBGRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien gradado	W
Arena	S	Pobrementemente gradado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	LL < 50%	L
Turba	P	LL > 50%	H

La clasificación **CL**, encontrada en los ensayos correspondientes indican que los suelos donde se cimientan las viviendas en estudio están sobre arcillas orgánicas de media y baja plasticidad.

CLASIFICACION SISTEMA AASHTO

Los suelos desde A-1 hasta A-3 son granulares. Con no más de 35 % del material que pasa por la malla N° 200.

Un material típico del grupo A-1 es una mezcla de grava bien gradada, arena gruesa, arena fina y un material aglomerante que tiene poca a ninguna plasticidad.

El suelo A-3 es fino, arena relativamente uniforme, típicamente una arena fina de playa o arena eólica del desierto. El grupo A-3 también puede incluir mezclas de arenas finas aluviales pobrementemente gradadas, con algo de arena gruesa y grava. Las fracciones de limo o de polvo de roca, si existieran, que pasan la malla No. 200 son no plásticos (NP).

El grupo A-2 es también granular pero con apreciable cantidad de material que pasa por la malla No. 200. Estos materiales están en la frontera entre los materiales que caen en los grupos A-1 y A-3 Y los

materiales limo-arcillosos de los grupos A-4 a A-7. Los sub grupos A-2-4 y A-2-5 incluyen varios materiales en los que no más de 35 por ciento es más fino que la malla No. 200 y que tienen las características de plasticidad de los grupos A-4 y A-5. Los subgrupos A-2-6 y A-2-7 son semejantes a los A-2-4 y A-2-5, excepto que las características de plasticidad de la fracción bajo la malla No. 40 son las de los grupos A-6 y A-7.

Los grupos A-4 a A-7 son considerados como suelos de grano fino y todos tienen más de 35 por ciento de material que pasa la malla No. 200. Por tanto las clasificaciones CL y A-6 corresponde a suelos finos donde el fenómeno capilar alcanza alturas considerables y en el caso de las viviendas en estudio de la ciudad de Puno estarán afectadas de manera inevitable con el fenómeno de capilaridad. Es así que encontrado la siguiente información que sustenta el objetivo principal de mi trabajo:

RANGO APROXIMADO DE ASCENSION CAPILAR EN SUELOS

TIPOS DE SUELO	RANGO DE ASCENSIÓN CAPILAR (m)
Arena gruesa	0.1 – 1.150
Arena fina	0.3 – 1.02
Limo	0.75 – 7.5
Arcilla	7.5 – 20

FUENTE: Fundamentos de Ingeniería Geotécnica de BRAJA M.

DAS Pag. 107.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES:

- El agua en las viviendas, ocasiona deterioros en la construcción y en la salud.
- El hombre desde épocas remotas ha tenido preocupación por la humedad, por ser causa de insalubridad.
- La presencia de la humedad en las construcciones, ha permitido al hombre desarrollar y perfeccionar la construcción de edificios.
- La presencia de humedad ha permitido un desarrollo en la fabricación de tuberías y accesorios que se utilizan en las instalaciones interiores.
- La presencia de la humedad por capilaridades la más frecuente en las construcciones, seguidas por las filtraciones de aguas de lluvia.
- La presencia del agua en las habitaciones provoca enfermedades de diversa índole.
- Es necesario la utilización de materiales impermeabilizantes, de los que se tiene de diversas variedades.
- Es necesario tener muy en cuenta la poca profundidad de la napa freática.
- Los rellenos con materiales finos, ocasionan grandes alturas de ascensión capilar.

RECOMENDACIONES:

- Es necesario una supervisión permanente de las tuberías y accesorios de las instalaciones con buena ventilación.
- Es necesario considerar en el diseño de construcciones la orientación de las habitaciones, permitiendo el ingreso del sol a ellas.
- Los daños ocasionados por la humedad en las construcciones deben ser reparadas y corregidas sus causas.
- En los rellenos es necesario controlar la compactación y seleccionar un material granular adecuado.
- Los diseños de cimentaciones deben ser de tal manera que impidan la transmisión de la humedad del suelo a las habitaciones.
- Los pisos deben ser protegidos por materiales impermeabilizantes o obras de drenaje si la topografía del terreno lo permitiese.