

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



TESIS

**EVALUACIÓN DE FALLAS EN CIMENTACIONES DE
VIVIENDAS AUTOCONSTRUIDAS EN ZONAS CON
PRESENCIA DE ACUIFEROS EN LA CIUDAD DE
JULIACA - 2017**

PRESENTADO POR

Bach. Rodrigo Yems Luna Vilca

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

JULIACA - PERÚ

2017

ACTA DE TITULACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En Juliaca, siendo las 11:00 horas del día 08 de julio del 2017, en el Salón de Grados de la Universidad Alas Peruanas y bajo la Presidencia del **Mg. HUGO ANSELMO CCAMA CONDORI**, se inició la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación correspondiente para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil por la modalidad de **Sustentación de Tesis**.

En la que el Bachiller: **LUNA VILCA, RODRIGO YEMS**

Sustentó la **Tesis de Ingeniería**:

Tesis

**“EVALUACIÓN DE FALLAS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS
AUTOCONSTRUIDAS EN ZONAS CON PRESENCIA DE ACUÍFEROS
EN LA CIUDAD DE JULIACA - 2017”**

Ante el jurado integrado por los señores catedráticos:

Mg. HUGO ANSELMO CCAMA CONDORI	(Presidente)
Ing. JUAN VARGAS RAMOS	(Miembro)
Ing. ALFREDO PONCE FLORES	(Secretario)

Sustentado el mismo, el graduando obtuvo el siguiente resultado:

APROBADO POR UNANIMIDAD

En fe de lo cual se asentó la presente Acta que firman el señor Presidente y los demás miembros del Jurado.


Mg. HUGO ANSELMO CCAMA CONDORI

Presidente
CIP: 189445


Ing. ALFREDO PONCE FLORES

Secretario
CIP: 73698


Ing. JUAN VARGAS RAMOS

Miembro
CIP: 182267

DEDICATORIA

Dedico esta tesis A. DIOS, quien inspiro mi espíritu para la conclusión de esta tesis. A mis padres quienes me dieron vida, educación, apoyo y consejos. A mis compañeros de estudio, a mis maestros y amigos, quienes sin su ayuda nunca hubiera podido hacer esta tesis. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de mi alma. Para todos ellos hago esta dedicatoria.

Bach. Rodrigo Yems Luna Vilca

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todos mis maestros ya que ellos me enseñaron valorar los estudios y a superarme cada día, también agradezco a mis padres porque ellos estuvieron en los días más difíciles de mi vida como estudiante. Y agradezco a Dios por darme la salud que tengo. Estoy seguro que mis metas planteadas darán fruto en el futuro y por ende me debo esforzar cada día para ser mejor sin olvidar el respeto que engrandece a la persona

Bach. Rodrigo Yems Luna Vilca

RESUMEN

Las viviendas autoconstruidas, en las diferentes urbanizaciones, sobre todo marginales en la ciudad de Juliaca, es precario debido a que estas han sido construidas sin un control técnico y en lugares inadecuados con presencia de acuíferos, es por esta razón que el presente estudio se ha propuesto evaluar las causas de los daños en cimentaciones que se originaron en las viviendas autoconstruidas, en las zonas adyacentes al río Torococha; en la urbanización “Los Incas”, específicamente, además se tuvo como objetivos específicos evaluar el comportamiento del terreno de fundación, la calidad del agua en contacto con cimentaciones y verificar las características de las fallas en cimentaciones. Metodológicamente la presente investigación asumió el diseño no experimental, transversal implica la evaluación de las causas de las fallas en cimentaciones a través de ensayos de laboratorio y observaciones directas, la recolección de datos se ha realizado con las técnicas de acuerdo a protocolos de la norma técnica peruana, para el procesamiento y análisis de la información se organizó e interpreto los certificados de los ensayos de laboratorio de las muestras y las fichas de observación directa. Los resultados evidencian que los daños estructurales, encontrados en las viviendas seleccionadas para evaluación; se han registrado asentamientos, diferenciales que se manifiesta grietas y fisuras, la mayoría de las cimentaciones están sub y sobre dimensionadas, preocupantes, estas fisuras y grietas emergen de la cimentación, paralela a las columnas y separa columna con muros; estas fallas se manifiestan en el primer piso.

Palabras clave: cimentaciones, fallas, viviendas autocosntruidas, asentamientos.

ABSTRACT

The self-built housing in the different urbanizations, especially marginal in the city of Juliaca, is precarious because they have been built without technical control and in inadequate places with the presence of aquifers, for this reason the present study has been Proposed to evaluate the causes of the damages in foundations that originated in the self-built houses, in the zones adjacent to the Torococha river; In the urbanization "Los Incas", specifically, also had as specific objectives to evaluate the behavior of foundation ground, the quality of water in contact with foundations and verify the characteristics of foundations failures. Methodologically the present research assumed the non-experimental, cross-over design involves the evaluation of the causes of failure in foundations through laboratory tests and direct observations, data collection has been performed using the techniques according to protocols of the technical standard For the processing and analysis of the information was organized and interpreted the certificates of the laboratory tests of the samples and the records of direct observation. The results show that the structural damages, found in the houses selected for evaluation; Have been recorded settlements, differentials that manifests cracks and fissures, most of the foundations are sub and over dimensioned, worrying, these fissures and cracks emerge from the foundation, parallel to the columns and separates column with walls; These faults are manifested in the first floor.

Keywords: Foundations, faults, self-contained housing, settlements.

INDICE

INTRODUCCIÓN	14
CAPITULO I : PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	15
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	15
1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.2.1. Delimitación espacial.....	16
1.2.2. Delimitación temporal.....	16
1.2.3. Delimitación social/conductual.....	16
1.2.4. Delimitación conceptual.....	16
1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.3.1. Problema General	17
1.3.2. Problemas Específicos	17
1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.4.1. Objetivo General.....	17
1.4.2. Objetivos Específicos	18
1.5. FORMULACION DE LA HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN...	18
1.5.1. Hipótesis General	18
1.5.2. Hipótesis Específico	18
1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.6.1. Variable independiente.....	19
1.6.2. Variable dependiente:.....	19
1.6.3. Operacionalización de Variables	19
1.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	20
1.7.1. Tipo y nivel de investigación.....	20
a). Tipo de investigación	20
b). Nivel de investigación	20
1.7.2. Diseños y métodos de investigación	20
a). Diseño de investigación	20
b). Metodo de investigación	21
1.7.3. Población y muestra de la investigación.....	22
a). Población.....	22
b). Muestra.....	22

2.2.13 Permeabilidad de suelos..	59
2.2.14 Factores que influyen en la permeabilidad de los suelos..	60
2.2.15. La humedad en el suelo y su clasificación.....	61
2.2.16. La humedad en los elementos estructurales	62
2.2.16.1 Elementos estructurales humedecidos.....	64
2.2.16.2 Consecuencias del humedecimiento.	66
2.2.16.3 Causas de humedecimiento.	68
2.2.16.4 Elementos de albañilería y acabados	70
2.2.16.5 Causas de humedecimiento en las cimentaciones.....	72
2.2.16.6 Consecuencias del humedecimiento en las construcciones.....	72
2.2.17 Recursos naturales.....	73
2.2.18 Contaminación del agua.....	75
2.2.19 Contaminación del suelo.	77
2.2.20. Generalidades de los materiales de construcción.	78
2.2.21. Construcción sostenible.....	79
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	80
CAPITULO III : PROPUESTA TECNICA DE LA INVESTIGACION	85
3.1.CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN.	85
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.	85
3.2.1. Población.....	85
3.2.2 Muestra.	85
3.2.3 Ubicación de la zona en estudio.....	85
3.2.4 Normas para la edificación de la zona en estudio	86
3.2.5. Organización del estudio.....	86
3.3.MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	88
3.3.1 Ficha de evaluación.	88
3.3.2 Métodos de investigación.....	89
3.3.3 Técnicas de investigación.	89
3.3.4 Para el análisis de la humedad generalizada en viviendas seleccionadas.	89

3.3.5 Verificación de características geométricas de cimentaciones dañadas.....	90
3.3.6 Determinación de las características mecánicas	90
3.3.7 Características de capacidad de carga	91
3.3.8 Capacidad de carga del suelo de cimentación.....	91
3.3.9 Contaminación físico químico en agua	91

CAPITULO IV :PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE
RESULTADOS93

4.1. ANÁLISIS DE SUELOS EN LA URBANIZACIÓN “LOS INCAS” MÁRGENES DEL RÍO TOROCOCHA DE JULIACA.....	93
4.1.1 Investigación de campo.....	93
4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	94
4.2.1 Ensayos estándar.....	94
4.2.2 Perfiles estratigráficos.	94
4.2.3 Descripción de la estratigrafía.	95
4.2.4 Cálculo y análisis de la capacidad admisible de carga.....	96
4.2.5 Características granulométricas de suelos.....	97
4.2.6 Características de límites de consistencia de suelos	97
4.2.7 Características de clasificación de suelos.	98
4.2.8 Características de densidad seca de suelos	99
4.3. CARACTERÍSTICAS DE CAPACIDAD DE CARGA..	99
4.3.1 Verificación de análisis granulométrico en suelos..	100
4.3.2 Verificación de límites de consistencia en suelos.....	100
4.3.3 Verificación de clasificación de suelos a diferentes profundidades para el ensayo de corte directo.....	101
4.3.4 Verificación de análisis granulométrico,..	102
4.4 VERIFICACIÓN DE COMPACTACIÓN NATURAL	102
4.5 VERIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE ESPECÍMEN. ..	103
4.6 DETERMINACIÓN DE LA COHESIÓN,	103
4.7 VERIFICACIÓN DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO,	104
4.8 VERIFICACIÓN DE COMPACTACIÓN NATURAL.....	104
4.9 VERIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS	105
4.10 DETERMINACIÓN DE LA COHESIÓN,.....	106

4.11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	106
4.11.1 Análisis de las cimentaciones	106
4.11.2. Conceptualización de los tipos de cimentación.....	107
4.11.3. Características de daños en cimentaciones	109
4.11.4. Análisis de humedad generalizada	111
4.11.5. Características de cimentaciones.....	112
4.11.6. Características mecánicas de suelos en cimentaciones	114
4.11.7. Nivel de contaminación físico - química en el agua.....	116
4.11.8 Protección superficial a cimentaciones.....	118
CONCLUSIONES	119
RECOMENDACIONES.....	120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
Anexo 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	123
Anexo 2 FICHA DE EVALUACION	125
Anexo 3 ENSAYO DE LABORATORIO	127

LISTA DE CUADROS

- Cuadro III.2: Características de asentamientos, agrietamiento y fisuramiento en cimentaciones
- Cuadro IV.1: Ubicación de calicatas excavadas a tajo abierto
- Cuadro IV.2: Detalle de estratos por calicata
- Cuadro IV.3: Características granulométricas de suelos de vías seleccionadas de la Urbanización “Los Incas” de Juliaca
- Cuadro IV.4: Características de los límites de consistencia de suelos de vías seleccionadas de la Urbanización “Los Incas” De Juliaca
- Cuadro IV.5: Características de clasificación de suelos de vías seleccionadas en la Urbanización “Los Incas” De Juliaca
- Cuadro IV.6: Características de la densidad seca de las vías seleccionadas de la Urbanización “Los Incas” De Juliaca
- Cuadro IV.7: Resultados de análisis granulométrico en suelos a diferentes profundidades
- Cuadro IV.8: Resultado de límites de consistencia en suelos a diferentes profundidades
- Cuadro IV.9: Resultado De Clasificación De Suelos a Diferentes Profundidades
- Cuadro IV.10: Resultados de análisis granulométrico, límites de consistencia, clasificación de suelos y compactación
- Cuadro IV.11: Resultados de compactación natural en suelos de cota de ensayo de corte directo
- Cuadro IV.12: Características del espécimen
- Cuadro IV.13: Resultado de cohesión, ángulo de fricción y capacidad de carga en calicata n° 1
- Cuadro IV.14: Resultados de análisis granulométrico, límites de consistencia, clasificación de suelos y compactación
- Cuadro IV.15: Resultados de compactación natural en suelos de cota de ensayo de corte directo
- Cuadro IV.16: Características Del Especimen
- Cuadro IV.17: Resultado de cohesión, ángulo de fricción y capacidad de carga en la calicata n° 2

- Cuadro IV.18: Características de asentamientos, agrietamiento y fisuramiento en cimentaciones y muros
- Cuadro IV.19: Características de la ascensión capilar en interior de ambientes del primer nivel de viviendas seleccionadas.
- Cuadro IV.20: Características geométricas de cimentaciones y columnas de viviendas seleccionadas
- Cuadro IV.21: Ubicación de calicatas
- Cuadro IV.22: Resumen de análisis granulométrico de suelos de vías seleccionadas de la urbanización “Los Incas” De Juliaca
- Cuadro IV.23: Resumen de los límites de consistencia de suelos de vías s seleccionadas de La Urbanización “Los Incas” De Juliaca
- Cuadro IV.24: Resultados del nivel de contaminación físico - química del agua en cimentaciones de viviendas seleccionadas en La Urbanización “Los Incas” De Juliaca.

LISTA DE FIGURAS

- Figura I.1. Operacionalización de variables
- Figura II.1. Cimentaciones basadas en su forma de trabajo
- Figura II.2. Cimentaciones basadas por su morfología
- Figura II.3: Deformación unitaria
- Figura II.4: Asentamiento del terreno
- Figura II.5: Etapas de dilatación y del asentamiento
- Figura II.6: Sistema compuesto por un muelle, representa la compresibilidad
- Figura II.7: Observaciones de control durante la pre-compresión del material de cimentación por sobrecarga
- Figura II.8: Equipos comúnmente usado para compactación; a) rodillo Neumático, b) Rodillo de pata de cabra, c) Placa vibratoria para trabajar a mano.
- Figura II.9: El suelo asciende por arriba de la capa freática.
- Figura II.10: Ascensión capilar del agua en arena seca.
- Figura III.1: Diagrama de flujo para la investigación y análisis de asentamientos en viviendas

INTRODUCCION

La construcción de viviendas autoconstruidas, en las diferentes urbanizaciones, sobre todo marginales en la ciudad de Juliaca, es un aspecto preocupante. En el caso del presente proyecto de investigación, tiene por finalidad evaluar las causas de los daños en cimentaciones que se originaron en las viviendas autoconstruidas, que se construyeron en las zonas adyacentes al río Torococha; en la urbanización “Los Incas”, específicamente.

En la construcción de viviendas, la parte de estructuras es la de mayor cuidado, por ende, de mayor preocupación, por lo que se requiere de un diseño adecuado. Sin embargo, en las viviendas autoconstruidas, es más preocupante aun, no se toma en cuenta el diseño; por lo que se origina fallas y/o deterioros en la vivienda, que en mayores circunstancias se tornan en peligrosas para sus ocupantes.

De las estructuras en todo caso, la parte de la cimentación es la más sensible a ser atacadas por muchos agentes como es el caso de las viviendas seleccionadas en la urbanización “Los Incas”, donde se tiene el río Torococha, cuyo cauce se ha minimizado al extremo, donde se ha efectuado construcciones donde antes correspondía al cauce del río.

En la parte del comportamiento y deterioro de la cimentación por el agua Contaminada, como es el caso del río Torococha, estas estructuras se han podido proteger con el uso de aditivos y/o otras tecnologías que se tienen en la actualidad.

En esta parte, se tiene la participación cuestionable de la Municipalidad Provincial de San Román; entidad que no debió permitir la habilitación urbana en las actuales condiciones; ya que son muy cuestionables; esta entidad más por el contrario, está en la obligación de implementar programas de apoyo técnico para la construcción de viviendas, de propietarios de pocos recursos económicos.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO METODOLOGICO

1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

El río Torococha en la actualidad esta extremadamente contaminada, donde su cauce natural por otro lado ha sido reducido considerablemente; en la zona que corresponde a la Urbanización Los Incas de la ciudad de Juliaca, se ha efectuado construcciones en ambos márgenes, la mayoría de las viviendas construidas tienen deficiencias notorias, por ejemplo tiene deficiencias en el diseño estructural, sobre todo en las cimentaciones superficiales consideradas; las mismas que están aparentemente atacadas por las sustancias químicas que contiene las aguas y suelos de la zona en estudio.

La zona en estudio, se encuentra la Urbanización “Los Incas”; cuyos propietarios son de baja condición económica; al parecer que son las razones de serias deficiencias en la construcción de viviendas; de todo ello se aprecia deficiencias en la construcción de viviendas; de todo ello se aprecia deficiencias en la construcción de viviendas; de todo ello se aprecia deficiencias en las estructuras entendiéndose columnas, vigas, losas de techos entre otros, seguidamente las cimentaciones referido a la capacidad portante de suelo no es lo que corresponden, se observa asentamientos y ataques químicos, lo que trae como consecuencia la corta durabilidad de las cimentaciones.

Estos aspectos serán adecuadamente evaluados en el desarrollo del presente trabajo a fin de poder deducir medidas de protección y/o recuperación según sea el caso. Finalmente debe tomarse en cuenta el análisis de: cimentaciones, columnas y vigas, losas y coberturas, muros de cimentación y el ataque químico a las cimentaciones de las construcciones.

Con el propósito de abordar este fenómeno, se plantea el siguiente cuestionamiento que direcciona está presente investigación:

¿Cuáles serán las causas que originan las fallas en las cimentaciones de viviendas autoconstruidas en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca 2017?

1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Delimitación espacial

El presente trabajo investigación toma como delimitación espacial la Ciudad de Juliaca, específicamente zonas adyacentes al río Torococha de la urbanización los incas de la ciudad de Juliaca

1.2.2 Delimitación temporal

El presente trabajo de investigación se llevará a cabo a partir de marzo del 2017 hasta agosto del 2017, tiempo que permitirá desarrollar y mostrar los resultados de la investigación.

1.2.3 Delimitación social/conductual

La presente investigación beneficiara a la ciudad de Juliaca, ya que las viviendas estudiadas permitirán mostrar el estado actual en que se encuentran las viviendas autoconstruidas y permitirán mejorar las construcciones en dichas zonas con presencia de acuíferos.

1.2.4 Delimitación Conceptual

Esta investigación abarca dos conceptos fundamentales como evaluación de fallas y cimentación de viviendas autoconstruidas.

1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACION

1.3.1. Problema General

¿Cuáles serán las causas que originan las fallas en las cimentaciones de viviendas autoconstruidas en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca 2017?

1.3.2. Problemas Específicos

- ¿Cómo será el comportamiento del terreno de fundación de las cimentaciones de viviendas autoconstruidas en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca?
- ¿Cómo será la calidad del agua en contacto con cimentaciones de viviendas autoconstruidas en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca?
- ¿Cuáles serán las características de las fallas en cimentaciones de viviendas autoconstruidas en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca?

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

1.4.1. Objetivo general

Evaluar las causas que originan las fallas en cimentaciones de viviendas autoconstruidas en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca 2017

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento del terreno de fundación de las cimentaciones de viviendas autoconstruidas en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca.
- Analizar la calidad del agua en contacto con cimentaciones de viviendas autoconstruidas en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca
- Verificar las características de las fallas en cimentaciones de viviendas autoconstruidas en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca.

1.5. FORMULACION DE LA HIPOTESIS DE INVESTIGACION

1.5.1. Hipótesis general

Las causas que originan las fallas en cimentaciones de viviendas autoconstruidas son el terreno de fundación y el agua contaminada, en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca 2017.

1.5.2. Hipótesis específico

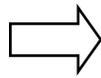
- El comportamiento del terreno de fundación de las cimentaciones de viviendas autoconstruidas presenta una capacidad de carga baja en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca.
- La calidad del agua en contacto con cimentaciones de viviendas autoconstruidas presenta contaminación química en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca.

- Las características de las fallas que presentan las cimentaciones de viviendas autoconstruidas son los asentamientos en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca.

1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 Variable independiente

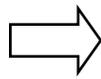
Variable independiente (X)



Cimentaciones de viviendas autoconstruidas

1.6.2. Variable dependiente

Variable dependiente (Y)



Causas de fallas.

1.6.3 Operacionalización de Variables.

Figura. I.1. Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE (X) Cimentaciones de viviendas autoconstruidas	cimentaciones	Terreno de fundación Calidad del agua fallas
VARIABLE DEPENDIENTE (Y) Causas de fallas	Terreno de fundación	– Análisis granulométrico – Límites de consistencia – Proctor modificado – corte directo
	Calidad del agua	– temperatura – turbiedad – sólidos disueltos – alcalinidad – cloruros – sulfatos – sólidos suspendidos
	fallas en cimentaciones	– asentamiento – agrietamiento – fisuramiento

Fuente: Elaboración propia.

1.7 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Tipo y nivel de Investigación

a) Tipo de investigación

El presente estudio es de tipo causal, asume el enfoque cuantitativo, se recolectará los datos a través de ensayo de laboratorio y observación directa in situ con instrumentos estandarizados y por el propósito de estudio es de tipo básico o fundamental está orientado a evaluar mediante ensayos para evidenciar las causas que originan las fallas en las cimentaciones de viviendas autoconstruidas.

b) Nivel de investigación

Asimismo, de acuerdo a las características y profundidad del estudio corresponde al nivel de investigación explicativo y se pretende aplicar los resultados a situaciones reales donde se construyan futuras edificaciones con usos para viviendas, para validar se realizarán ensayos de laboratorio del suelo y del agua para verificar los valores que presentan.

1.7.2. Diseños y métodos de Investigación

a) Diseño de investigación

La presente es una investigación asume el diseño no experimental, transversal implica la evaluación de las causas de las fallas en cimentaciones a través de ensayos de laboratorio y observaciones directas.

FASE 1. Fase preparatoria. En esta fase se plantea el plan de trabajo, en el cual se definen los objetivos y la hipótesis, como también se analiza los parámetros de construcción de viviendas.

FASE 2. Recolección de la información. En esta etapa de la investigación se realizará una recopilación de información bibliográfica y de internet para adquirir los conocimientos relacionados, al objeto de investigación. Posteriormente se identificará la unidad de análisis, donde se tomará las muestras de acuerdo a las normas técnicas peruanas, y se realizaran observaciones directas. Para lograr la recolección de datos se utilizará los siguientes instrumentos:

- Muestras de suelo estandarizados
- Muestras de agua
- Registro fotográfico apuntes perspectivas.
- Trabajo de campo (observación estructurada directa).
- Cuaderno de apuntes.
- Planos de obra vectorizados

FASE 3. Procesamiento y análisis de la información: En esta etapa se organizará e interpretará los certificados de los ensayos de laboratorio de las muestras y las fichas de observación directa. Con las variables obtenidas se procederá a la integración y búsqueda de los valores más representativos, con los cuales se logrará identificar las causas que originaron las fallas en las viviendas en el sector estudiado. Se empleará los siguientes medios de procesamiento y análisis.

- Autocad (software que se usara para vectorizar planos).
- Microsoft office Excel (software que se usara para el procesamiento de cuadros y tablas).
- Microsoft office Word. (software que se usara para la edición de textos).

b) Método de investigación

En la investigación se utilizará todos los pasos del método científico y como método general se utilizará el método deductivo.

1.7.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

a) Población

La población de estudio para la presente investigación son las viviendas autoconstruidas con presencia de acuíferos de la ciudad de Juliaca

b) Muestra

La muestra que asume la presente investigación es no probabilística, se evaluara 15 viviendas autoconstruidas de la urbanización Los Incas adyacentes al río Torococha.

1.7.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

a) Técnicas

- Toma de muestras de acuerdo a protocolos de NTP
- Espécimen de ensayo
- Ensayos de laboratorio:
- observaciones

b) Instrumentos

- Equipos de laboratorio (balanzas, recipientes)
- Utensilios para manipulación de recipientes
- Instrumentos de medición
- Fichas estructuradas

1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

1.8.1. Justificación

En la construcción de viviendas, se debe tomar en cuenta con mucha importancia el diseño correspondiente., de tal manera que todos los componentes estructurales estén de acuerdo a las normas, en este caso al

Reglamento Nacional de Edificaciones. Efectuado una evolución preliminar se aprecia varias deficiencias en las edificaciones, sobre todo en las cimentaciones, considerando que no son las que corresponde siendo en su mayoría zapatas aisladas que están permitiendo que se produzcan asentamientos; lo que se puede prevenir con cimentaciones más apropiadas como zapatas conectadas y/o combinadas; por lo que definitivamente se debe entender que una determinada capacidad de carga de un suelo para la construcción de viviendas, le corresponde un determinado tipo de cimentación.

Se debe indicar que la justificación radica en conocer las causas que originan las fallas en cimentaciones, esto permitirá mejorar aspectos constructivos de cimentaciones en posteriores edificaciones.

1.8.2. Importancia

Cuando las diversas actividades de construcción en viviendas, no se efectúan adecuadamente, es decir con el adecuado diseño, con materiales de calidad y procesos constructivos adecuados, estas estarán siempre expuestas a daños de diversas índoles, las que definitivamente originan gastos adicionales en reparaciones o en su defecto originan corta durabilidad de las construcciones. Tomando en consideración estos aspectos será necesario efectuar medidas correctivas en las construcciones de viviendas; con el perjuicio de afrontar gastos adicionales que no deberían originarse en ningún momento.

1.8.3. Limitaciones

Una de las limitaciones de esta investigación es el reducido número de estudios relacionados con el objeto de estudio. Sin embargo se intentará suplir con algunas investigaciones relacionadas de una manera más genérica.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

Para el presente trabajo de investigación se han tomado como referencia los siguientes trabajos éntrelos cuales se detallan a continuación:

TEMA: INCIDENCIA DEL AGUA CONTAMINADA DEL LAGO TITICACA EN LAS CIMENTACIONES DE LA CIUDAD DE DESAGUADERO. **AUTOR:** Bach. I. C. HECTOR LEONIDAS MIRANDA MONASTERIO. - **INSTITUCIÓN:** Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez (2011)

RESUMEN.

Cualquier construcción u obra de ingeniería requiere siempre, en una u otra forma, de una investigación del terreno. El campo de acción de la investigación puede abarcar desde un examen sencillo de la superficie del suelo con o sin excavación superficial de prueba hasta un estudio detallado del suelo y las condiciones de los mantos freáticos o una investigación profunda bajo la superficie. Lo que significa perforaciones con barrenos, pruebas in situ y de laboratorio de los materiales muestreados. La extensión del trabajo depende de la importancia y la planeación de la cimentación de la estructura, de la complejidad de las condiciones del suelo y de la información disponible del comportamiento en caso de existir cimentaciones en suelos similares. Así, no es usual perforar y hacer pruebas de suelo para casas habitación de uno o dos niveles o estructuras similares, ya que generalmente se tiene conocimiento exhaustivo de la profundidad necesaria a la que deben colocarse las cimentaciones y las presiones de carga en cualquier localidad particular.

En obras de ingeniería cimentadas en excavaciones profundas es necesaria también la investigación detallada. Ésta, además de proporcionar información para el diseño de la cimentación, aporta datos

esenciales sobre las condiciones del suelo y del agua. En el caso de la ciudad de Desaguadero se tiene el río del mismo nombre cuyo comportamiento hidráulico es el de extraer agua del Lago Titicaca, donde se observa notoriamente el agua contaminada y que se pone en contacto con las cimentaciones de las edificaciones especialmente las que se encuentran cerca al cauce del río y notoriamente afectan a la durabilidad del concreto en las cimentaciones superficiales, preocupación que se clarificará en el desarrollo del presente trabajo.

CONCLUSIONES:

Efectuado los análisis en la compuerta entre el Lago Titicaca y el río Desaguadero, orientado a su incidencia en las cimentaciones de edificaciones, la mayor contaminación se encontró por los sulfatos, cloruros y hierro. (MIRANDA, H – 2011).

La contaminación encontrada en las aguas del río Desaguadero, que incide en la durabilidad de las cimentaciones de concreto en el margen derecho son: en sulfato 110 mg/L, en cloruro 250 mg/L y en hierro 1.00 mg/L. (MIRANDA, H – 2011).

La contaminación encontrada en los suelos, del margen derecho del río Desaguadero, por medio de análisis de aguas subterráneas son: sulfatos 105 mg/L, cloruro 230 mg/L y hierro 1.05 mg/L, que influyen en la disminución de la durabilidad del concreto en las cimentaciones de las edificaciones. (MIRANDA, H – 2011).

En el diseño y construcción deben tomarse en cuenta sobre todo la protección externa de las estructuras de cimentación, como pueden ser: pinturas y sellantes, revestimientos gruesos, obturadores de pasos entre otros. (MIRANDA, H – 2011).

TEMA: PATOLOGÍA

DE LAS CIIMENTACIONES CAUSADO POR EL AGUA Y RELLENOS CONTAMIINADOS EN LA CIUDAD DE PUNO” - AUTOR: Bach. I. C. Jimmy Edison Macedo Bedoya - INSTITUCIÓN: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez (Juliaca – Puno – Perú)

RESUMEN.

La extensión del trabajo depende de la importancia y la planeación de la cimentación de la estructura, de la complejidad de las condiciones del suelo y de la información disponible del comportamiento en caso de existir cimentaciones en suelos similares. Así, no es usual perforar y hacer pruebas de suelo para casas habitación de uno o dos niveles o estructuras similares, ya que generalmente se tiene conocimiento exhaustivo de la profundidad necesaria a la que deben colocarse las cimentaciones y las presiones de carga en cualquier localidad particular. Puede obtenerse, generalmente, suficiente información para verificar si las condiciones de suelo presupuestas son verdaderas con sólo examinar zanjas de alcantarillas abiertas o excavaciones superficiales para obras de camino, o a partir de pozos de prueba superficiales o perforaciones con barreno manual. Sólo será necesario hacer perforaciones profundas, posiblemente complementadas con pruebas de suelo, si existen condiciones de cimentaciones problemáticas como estratos de turba o material de relleno suelto.

CONCLUSIONES:

Las orillas del Lago Titicaca, en la parte de la ciudad de Puno, es rellenada de manera permanente con residuos de la construcción y demolición (RCD), totalmente contaminados, los que afectan a las aguas y suelos; estos al estar contaminados ocasionan diversas patologías en las cimentaciones construidas sobre ellas; los que deben ser controlados. (MACEDO, J -2012).

Efectuando el análisis químico de las muestras de agua obtenidas en la zona de estudio; se ha encontrado sustancias en cantidades preocupantes como: sulfatos (>30 mg/l), cloruro (> 80 mg/l), hierro (> 0.20 mg/l), PH (>7.00 H +/OH-) y otros. Todos ellos son responsables de los más destructivos ataques al concreto, en degradación, pérdida de

resistencia mecánica, pérdida de cohesión en la pasta, astillamiento del concreto, entre otros (ver sección 3.31 y 3.32). (MACEDO, J -2012).

La contaminación de suelos de relleno, se ha efectuado con el análisis químico de aguas subterráneas, haciendo calicatas, donde lo análisis ha demostrado la presencia preocupante de las sustancias químicas siguientes: PH (> 7.0 H⁺/OH⁻), alcalinidad (> 200 mg/l), cloruros totales (> 80 mg/l), magnesio (>0.50 mg/l); sus acciones sobre el concreto son corrosivas, expansión y destrucción del concreto, cuando el contacto es permanente, los ataques son más rápidos y severos (ver sección 3.2.4). Por otro lado, la patología ocasionada por rellenos no compactados; han provocado asentamientos que han originado el daño en las estructuras de las construcciones. (MACEDO, J -2012).

La construcción de cimentaciones de concreto en la zona de estudio, se ha efectuado sin la protección alguna; por lo que el ataque del agua y suelos contaminados, es permanente consecuentemente el deterioro es más severo; estos pueden alcanzar a los aceros provocando su oxidación. (MACEDO, J -2012).

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 TIPOS Y DEFINICIÓN DE CIMENTACIONES.

La cimentación de una estructura se define como aquella parte de la edificación que ésta en contacto directo con el terreno y que trasmite la carga de la estructura al suelo.

Las cimentaciones con base en zapata aislada se utilizan comúnmente para dar soporte a columnas estructurales. Pueden consistir en una sola pieza circular, rectangular o cuadrada, de grosor uniforme, o estar escalonados o en pirámide para distribuir la carga de la columna pesada, las cimentaciones con base en zapatas aisladas para columnas estructurales de acero para carga pesada están provistos, algunas veces de un armazón de acero. (RIVVA, 2012). Las cimentaciones basadas en

zapata corrida se utilizan normalmente en muros de carga. Para filas de columnas espaciadas, tan cerca de una de la otra, que las cimentaciones con zapatas aisladas casi se tocarían unas a otras.

En el último caso es más económico excavar y construir una cimentación basada en zapata corrida que trabajar con un número grande de zapatas aisladas. De hecho, lo común es pensar que es más económico instalar cimentaciones con base en zapatas corridas, a pesar de que la distancia entre las columnas sea menor que las dimensiones de la zapata aislada, que se pueden formar insertando juntas verticales en una franja de concreto. Las cimentaciones con base en zapatas corridas son necesarias cuando la capacidad de carga del suelo es considerablemente baja para necesitar una zapata corrida con el ancho suficiente.

Para que ocurra una flexión transversal en las porciones que se proyectan en la viga de la cimentación y que requieren un refuerzo para prevenir el agrietamiento. Las cimentaciones con base en losa se requieren en suelos de baja capacidad de carga, o donde las columnas estructurales u otras áreas de carga están tan cercanas en ambas direcciones que las cimentaciones basadas en zapatas aisladas se tocarían unas a otras. Las cimentaciones con base en losa son de mucha utilidad para reducir asentamientos diferenciales en suelos variables, o donde haya una variación considerable de carga entre columnas adyacentes u otras cargas aplicadas.

Los pilotes de carga se utilizan cuando el suelo, a nivel de la cimentación normal, no puede soportar cimentaciones de zapatas aisladas, corridas o de losa expuesta de forma simple, la función de la cimentación es la de distribuir el peso de la superestructura de una edificación entre un área de roca portante o en un suelo que no exceda el límite de la capacidad para soportar esas cargas, la estructura (incluido el peso de la edificación) empuja hacia abajo, así como el suelo empuja en la base de cimentación con una fuerza de igual magnitud. La presión de compresión

por contacto, o, presión de carga que actúa en la superficie de la cimentación y el suelo, puede hallarse dividiendo el peso total de la edificación superior por el área de contacto de la base. La cimentación constituye el elemento intermedio que permite transmitir las cargas que soporta una estructura al suelo subyacente, de modo que no rebase la capacidad portante del suelo, y que las deformaciones producidas en éste sean admisibles para la estructura. Por tanto, para realizar una correcta cimentación habrá que tener en cuenta las características geotécnicas del suelo y además dimensionar el propio cimiento como elemento de hormigón, de modo que sea suficientemente resistente. Una primera clasificación divide las cimentaciones en dos grupos. (RIVVA, 2012).

2.2.1.1 CLASIFICACIÓN DE CIMENTACIONES.

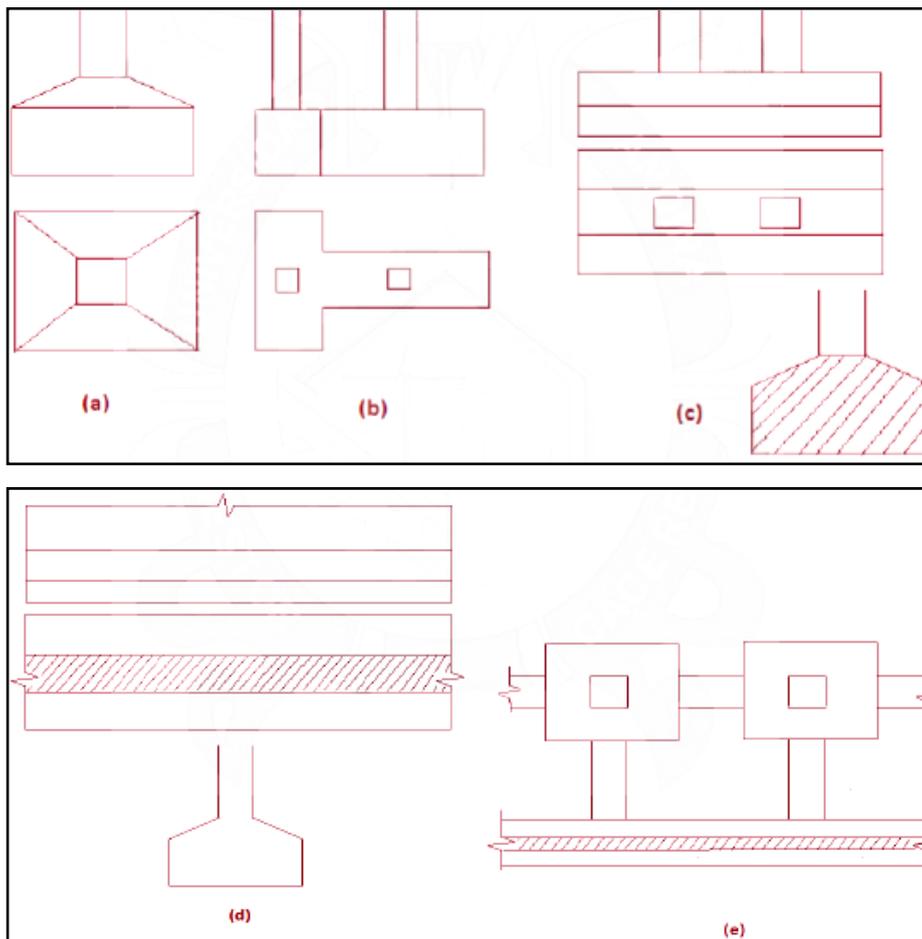
A. Cimentaciones Superficiales.

Es aquella cimentación que tiene una profundidad de cimentación d , e, menor o igual que el ancho de la cimentación b . Cuando el nivel de cimentación es inferior a cuatro veces la dimensión menor del cimiento. Las cimentaciones superficiales se pueden clasificar en tipos, atendiendo a distintos conceptos: por su forma de trabajo, por su morfología, por su forma en planta, etc.

Por su forma de trabajo:

- a. Aislada.
- b. Combinada.
- c. Continúa bajo pilares.
- d. Continúas bajo muros.
- e. Arriostradas o atadas.

Figura II.1: Cimentaciones basadas en su forma de trabajo

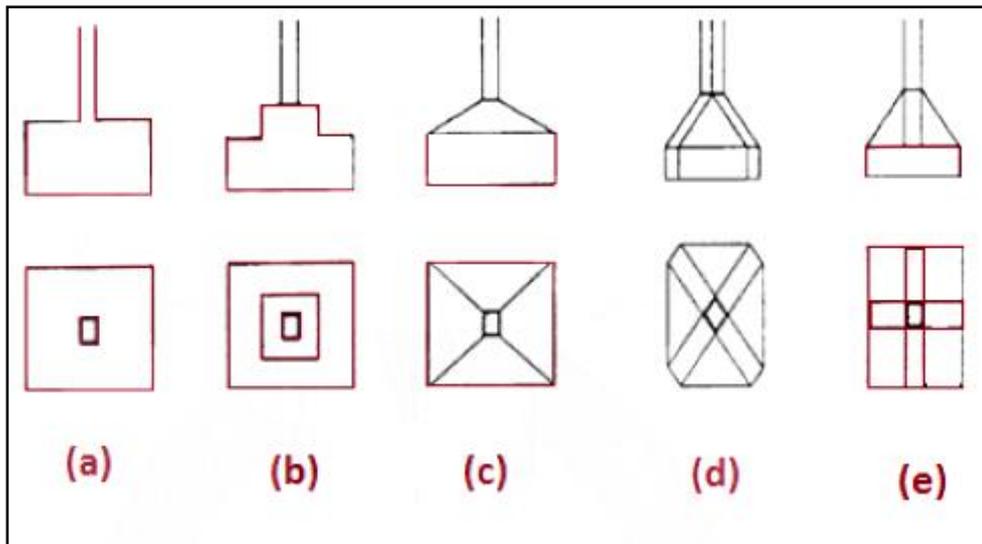


FUENTE: Tópicos De Tecnología del Concreto E. Pasquel Carvajal

Por su morfología:

- a. Recta.
- b. Escalonada.
- c. Ataluzada.
- d. Aligeradas o nervadas.

Figura II.2: Cimentaciones basadas por su morfología



FUENTE: Tópicos De Tecnología del Concreto E. Pasquel Carvajal.

Por su forma en planta:

- a. Rectangular
- b. Cuadrada
- c. Circular
- d. Anular
- e. Poligonal (octogonal hexagonal)

Cimentación utilizada en nuestro medio. (RIVVA, 2012)

2.2.2 ASENTAMIENTO DE CIMENTACIONES.

Se dice que las arcillas son normalmente consolidadas cuando nunca han estado sometidas a una presión mayor que la que corresponde a la que soportan por el efecto de las capas de suelo sobre las mismas. Si sobre este tipo de arcilla se coloca una estructura, es posible que sufra un fuerte asentamiento debido a las cargas que se le agrega y debido a la expulsión del agua contenida en sus poros. Mas como este tipo de suelo presenta un coeficiente de permeabilidad más bajo (1.0×10^{-7} m/seg., aproximadamente) el asentamiento ocurre muy lentamente. Si la arcilla tiene una alta resistencia al corte y baja compresibilidad, el

asentamiento puede ser muy pequeño, y el empleo de zapatas aisladas puede ser el sistema adecuado de cimentación (RIVVA, 2014)

La deformación ΔH o S que puede sufrir un estrato de suelo de espesor H bajo una presión uniforme ΔP o σ , puede estimarse conociendo los resultados de la prueba de consolidación unidimensional. La relación entre el cambio de espesor y el cambio en la relación de vacíos de un espécimen sujeto a la prueba de consolidación y la del estrato de suelo en su estado natural puede expresarse como sigue. La deformación unitaria del espécimen sujeto a la prueba de consolidación es:

$$\varepsilon = \frac{\Delta H_o}{H_o} = \frac{\Delta e}{1+e_o}$$

Por otro lado, la deformación del estrato de suelo en su estado natural es:

$$\varepsilon = \frac{\Delta H}{H}$$

Donde:

ε = Deformación Unitaria.

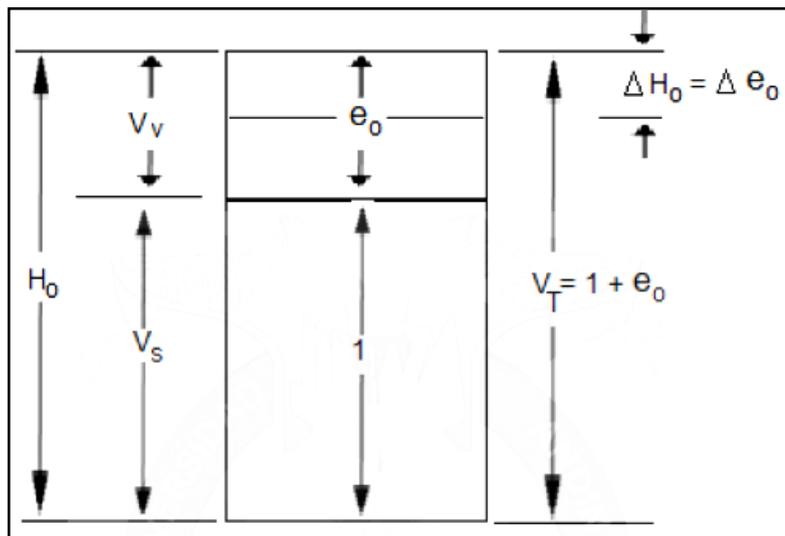
$O H$ = Altura inicial.

H = Altura de estratos.

$\square H$ = Deformación Natural.

$o e$ = Deformación por presión de carga.

Figura II.3: Deformación unitaria



FUENTE: Tópicos De Tecnología del Concreto E. Pasquel Carvajal

Igualando las deformaciones unitarias se tiene:

$$\frac{\Delta e_o}{1 + e_o} = \frac{\Delta H}{H} = \frac{S}{H}$$

Dónde:
$$\Delta H = S = \frac{\Delta e_o}{1 + e_o} \cdot H,$$

Y como
$$\Delta e_o = \Delta_v \cdot \Delta P$$

Obtenido de la prueba de consolidación, entonces:

$$\Delta H = S = \frac{a_v}{1 + e_o} \cdot \Delta P \cdot H = m_v \cdot \Delta P \cdot H$$

En esta expresión:

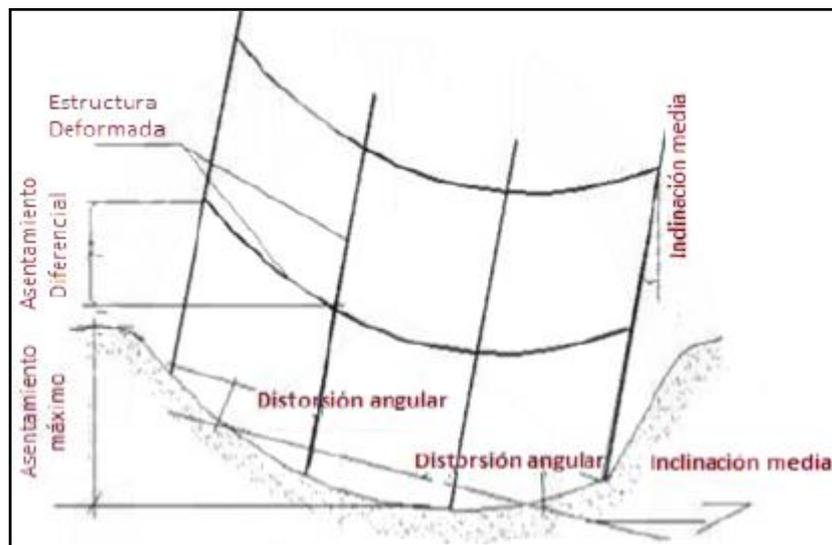
Donde:

$\Delta H = S =$ Deformación, en centímetros, del estrato en estudio.

$a_v =$ Coeficiente de compresibilidad en cm^2/Kg .

Para evitar los asientos diferenciales debe procurarse que la tensión del terreno bajo las zapatas sea la misma. Sin embargo, como el terreno no es de calidad uniforme, hay inevitablemente asientos diferenciales que pueden alcanzar a 2/3 del asiento total. Puede admitirse un asentamiento total entre 2 y 4 cm para estructuras con mampostería, y entre 4 y 7 cm para estructuras con pórticos de hormigón armado o metálico. (RIVVA, 2014)

Figura II.4: Asentamiento del terreno



FUENTE: Tópicos De Tecnología del Concreto E. Pasquel Carvajal

El asentamiento total depende, entre otros factores de la distribución de los distintos estratos de suelo y sus espesores, que determina por medio de sondeos. Las características geotécnicas de cada suelo, en especial el índice de poros y el coeficiente de compresibilidad, que se conocen por medio de ensayos (para arcillas). (RIVVA, 2014)

2.2.2.1 ASENTAMIENTO EN TERRENOS RELLENADOS.

El asentamiento de cimentaciones construidas sobre material de relleno se puede causar de tres maneras:

- Consolidación de relleno compresible bajo la carga de cimentación.
- Consolidación del relleno bajo su propio peso.

- Consolidación del suelo natural debajo del relleno, bajo el peso combinado del relleno y la estructura.

Si la estructura es ligera el movimiento de asentamiento será más pequeño aún en el relleno compactado pobre (Se supone que la cimentación en un relleno arcilloso muy suave no será consolidada). Para estructuras pesadas la compresión de material de relleno debajo de la carga de cimentación se puede estimar como un resultado de pruebas de carga hechas en grandes áreas representativas. De los resultados de pruebas de este tipo, y otras informaciones publicadas en el Establecimiento de Investigación de Edificios, se dan valores compresibilidad unidimensional expresada como un módulo de compresibilidad definido como la proporción entre el incremento en el esfuerzo vertical y el incremento en deformación vertical producido por ese incremento de esfuerzo.

El movimiento depende de la profundidad y compactación de la capa de relleno, las condiciones bajo las que se sitúa y la exposición subsecuente al medio ambiente. Donde el relleno se puede compactar en capas al mismo tiempo que se sitúa el asentamiento de materiales de relleno granular como grava, arena, esquisto y tiza relativamente no erosionados, arenisca y esquisto de arcilla, no deben de exceder de un 0.5% del espesor de relleno, los rellenos no compactados, donde el material se coloca suelto por una inclinación final, pueden mostrar un asentamiento de 1 a 2 % del espesor de un periodo de 10 años con un movimiento lento y continuo. (TOMLINSON, 2000)

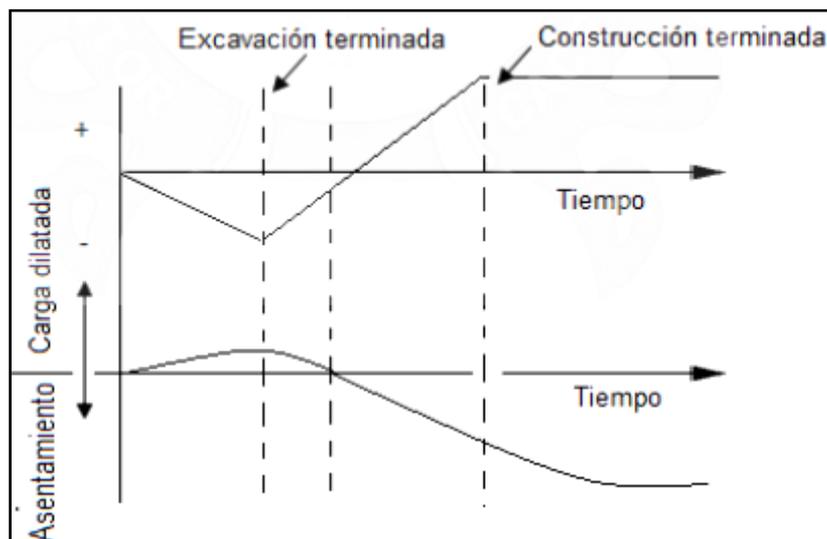
2.2.2.2 ASENTAMIENTO TOTALES Y DIFERENCIALES.

El asentamiento causado por la consolidación del suelo que sostiene la cimentación es usualmente la consideración más importante para determinar las presiones de carga permisibles. A pesar de que el hundimiento de las cimentaciones como resultado de la fuerza de falla del suelo se ha protegido contra el factor de seguridad arbitrario en la capacidad de carga final calculada, aun es necesario investigar la

veracidad de los asentamientos antes de fijar las presiones de carga permisibles. El asentamiento de una cimentación estructural consiste en dos partes. El asentamiento “inmediato” (P_i) ocurre durante la aplicación de la carga como resultado de la deformación elástica del suelo sin cambio alguno en el contenido del agua.

El asentamiento “por consolidación” (P_c) ocurre como resultado de la reducción del volumen del suelo causada por la extracción de una parte del agua de los poros del suelo. El asentamiento “final” (P_f) es la suma de P_i y P_c . Si se requiere una excavación profunda para alcanzar el nivel de la cimentación, se dilatará el suelo como resultado de la remoción de la presión de la sobrecarga (overburden). La magnitud de la dilatación depende de la dilatación de la sobrecarga (overburden) removida y del tiempo que las cimentaciones permanezcan sin carga. La figura muestra un diagrama que ilustra las diversas etapas de dilatación y del asentamiento. En caso de las cimentaciones en arenas semi densas a densas y gravas, los asentamientos “inmediatos” y “por consolidación” son de un orden relativamente pequeño. (TOMLINSON, 2000)

Figura II.5: Etapas de dilatación y del asentamiento



FUENTE: Tópicos De Tecnología del Concreto E. Pasquel Carvajal.

El asentamiento de cimentaciones no está necesariamente confinado a estructuras muy grandes y pesadas. En arcillas y limos suaves y compresibles, puede ocurrir un asentamiento apreciable bajo cargas ligeras. Se localizaron asentamientos y fracturas en viviendas de dos pisos cimentadas sobre arcilla limosa suave en la región Puno. Las viviendas eran de block de concreto pre colado y la carga de cimentación es probablemente no mayor a 3.2KN/m por muro. En menos de tres años a partir de su construcción, el asentamiento y agrietamiento de los bloques de las casas fue tan severo que muchas de ellas tuvieron que ser evacuadas. Un bloque mostraba un movimiento relativo de 100mm a lo largo del muro. (CALAVERA, 2003)

Si el total del área de la cimentación de una estructura se establece a la misma extensión, no existirá un efecto nocivo en la superestructura. Sin embargo, si existe un movimiento relativo entre las diversas partes de la cimentación, los esfuerzos se establecen en la estructura. Pueden llegar a ocurrir agrietamientos serios y aun el colapso de la estructura si los movimientos diferenciales son excesivos. El asentamiento diferencial entre las partes de una estructura puede ocurrir como resultado de:

- a. Variaciones en el estrato. Una parte de la estructura se puede cimentar sobre un suelo compresible y la otra parte sobre material no compresible. Estas variaciones son comunes, particularmente en depósitos glaciales, en donde los cristales de arcilla pueden encontrarse en material predominante arenoso, o viceversa. En áreas de superficie con lecho de roca irregular, partes de la estructura se pueden cimentar sobre roca superficial y otras sobre suelo o roca erosionada compresible.
- b. Los depósitos de arena o gravas ocasionadas por el agua o el viento pueden variar enormemente en densidad tanto vertical como horizontalmente.

- c. Variaciones en la carga de la cimentación. Por ejemplo, en un edificio consistente en una torre central alta con alas proyectadas bajas, se espera un asentamiento diferencial entre la torre y las alas, a menos que se utilicen métodos especiales de diseño de cimentaciones para prevenirlo. En forma similar, una fábrica podría tener una superestructura ligera rodeada de maquinaria muy pesada.

- d. Grandes áreas cargadas sobre cimentaciones de losa muy flexibles. El asentamiento de cimentaciones de losas alargadas flexibles, o de grandes áreas de carga que comprimen las cimentaciones independientes de cierto número de columnas, cuando se construyen directamente sobre un suelo compresible, toman la forma característica de un tazón, con el máximo asentamiento en ellas. En algunas casas fue tan severo que muchas de ellas tuvieron que ser evacuadas. Un bloque mostraba un movimiento relativo de 100mm a lo largo del muro.

Si el total del área de la cimentación de una estructura se establece a la misma extensión, no existirá un efecto nocivo en la superestructura. Sin embargo, si existe un movimiento relativo entre las diversas partes de la cimentación, los esfuerzos se establecen en la estructura. Pueden llegar a ocurrir agrietamientos serios y aun el colapso de la estructura si los movimientos diferenciales son excesivos. (CALABERA, 2003)

El asentamiento diferencial entre las partes de una estructura puede ocurrir como resultado de:

- a. Variaciones en el estrato. Una parte de la estructura se puede cimentar sobre un suelo compresible y la otra parte sobre material no compresible. Estas variaciones son comunes, particularmente en depósitos glaciales, en donde los cristales de arcilla pueden encontrarse en material predominante arenoso, o viceversa. En

áreas de superficie con lecho de roca irregular, partes de la estructura se pueden cimentar sobre roca superficial y otras sobre suelo o roca erosionada compresible.

- b. Los depósitos de arena o gravas ocasionadas por el agua o el viento pueden variar enormemente en densidad tanto vertical como horizontalmente.
- c. Variaciones en la carga de la cimentación. Por ejemplo, en un edificio consistente en una torre central alta con alas proyectadas bajas, se espera un asentamiento diferencial entre la torre y las alas, a menos que se utilicen métodos especiales de diseño de cimentaciones para prevenirlo.
- e. Diferencias en el tiempo de construcción de las partes adyacentes de una estructura. Este problema ocurre cuando algunas ampliaciones de una estructura se construyen muchos años después de haber construido la estructura original. Los asentamientos de consolidación a largo plazo pueden estar virtualmente completos en la primera estructura, pero la nueva estructura (Si es con la misma carga de cimentación que la primera) eventualmente se asentará de igual forma, se requieren provisiones especiales en forma de juntas verticales para prevenir la distorsión y el agrietamiento entre la vieja y la nueva estructura.
- f. Variación en las condiciones del lugar. Una parte del área de un edificio se puede ocupar por una estructura pesada que se haya demolido; o un lugar irregular, pudo haber sido necesario remover gran parte del espesor de la sobrecarga (overburden) para formar un nivel. Estas variaciones causan diferentes condiciones de esfuerzos antes y después de la carga, con un consecuente asentamiento diferencial o dilatación. (JUAREZ, 1995)

2.2.2.3 ESTIMACIÓN DE ASENTAMIENTOS DURANTE EL PERÍODO DE CONSTRUCCIÓN.

Las curvas típicas para la carga y el asentamiento de una estructura durante el periodo de construcción y después de haberla terminado. La curva del asentamiento neto, considerando que la carga final de la cimentación será aplicada instantáneamente, se traza primero como lo muestra la curva baja de la 5. El primer punto C en la curva corregida (permitiendo el incremento progresivo de la carga durante el periodo de la construcción) se obtiene llevando una perpendicular desde un punto A en la abscisa del tiempo, en donde OA es el tiempo para completar la construcción (tiempo t1). Se traza otra perpendicular desde un punto igual a la mitad de t1 hasta intersectar la curva de carga instantánea en B.

Entonces BC se traza paralelamente a la escala de tiempo para intersectar la perpendicular de A a C. Se obtienen entonces puntos intermedios para cualquier otro tiempo t en forma similar. Se traza una perpendicular de $\frac{1}{2} t$ hasta intersectar la curva de carga instantánea en D. La curva corregida de asentamiento total se puede obtener agregando el asentamiento inmediato según cálculos al asentamiento corregido de consolidación como lo muestra la figura 6. Al asumir que la carga aplicada se incrementa linealmente durante el periodo de construcción, el asentamiento inmediato también se incrementa de un modo general aproximadamente en forma lineal. (FERNANDEZ, 2000)

2.2.2.4 TIPOS DE ASENTAMIENTOS EN CIMENTACIONES.

Asentamiento elástico de cimentaciones flexible y rígido.

$$Se = \frac{Bq_o}{E_s} (1 - \mu_s^2) \frac{a}{2}$$

Esquina de la cimentación flexible.

$$Se = \frac{Bq_o}{E_s} (1 - \mu_s^2) a$$

(Centro de la cimentación flexible)

Dónde (a) es igual:

$$a = \frac{1}{\pi} \left[\ln \left(\frac{\sqrt{1+m^2} + m}{\sqrt{1+m^2} - m} \right) \right] + m \operatorname{arctg} \left[\left(\frac{\sqrt{1+m^2} + m}{\sqrt{1+m^2} - m} \right) \right]$$

Donde:

$M = L/B$

B: Ancho de la cimentación

L: Longitud de la cimentación

μ_s : Relación de poisson

E_s : Modulo de Elasticidad

q_o : Carga admisible.

Se: Asentamiento Elástico.

El asentamiento inmediato promedio para una cimentación flexible también se expresa como:

$$Se = \frac{Bq_o}{E_s} (1 - \mu_s^2) a_{av}$$

(Promedio para una cimentación flexible)

El asentamiento inmediato será diferente y se expresa como:

$$Se = \frac{Bq_o}{E_s} (1 - \mu_s^2) a_r$$

Donde:

B: Ancho de la cimentación

μ_s : Relación de poisson

E_s : Modulo de Elasticidad

Se: Asentamiento Elástico

a: Perfil de asentamiento

2.2.2.5 ASENTAMIENTO INMEDIATO DE CIMENTACIONES SOBRE ARCILLAS SATURADAS.

Para la notación usada esta ecuación es:

$$S = A_1 A_2 \frac{q_o B}{E_s}$$

Donde:

S: Asentamiento

μ_s : Relación de poisson

E_s : Modulo de Elasticidad

q_o : Carga admisible.

A y B: áreas

2.2.3 LA DEFORMACION DE LAS ESTRUCTURAS DE LAS CIMENTACIONES QUE LA SOPORTAN.

Es evidente que para que una estructura ofrezca una seguridad y comportamiento razonable ha de contar con una cimentación adecuada.

Aunque la cimentación es algo que no llama la atención y para inadvertida por los usuarios de la estructura, la organización de sus elementos básicos y el estudio de cada una de sus partes suele a veces exigir del ingeniero o proyectista la mayor destreza y el mejor criterio del que normalmente necesita para redactar el proyecto. (TOML INSON, 1996)

La responsabilidad del buen funcionamiento de una cimentación recae sobre el que la estudia y proyecta. El constructor podrá tener problemas para realizar lo que figura en los planos y especificaciones pero no es responsable del mal criterio que se haya seguido para concebir y diseñar el proyecto. También los que proyectan la estructura y deben tomar las decisiones vitales han de enfrentarse a problemas complejos.

Las estructuras de deformación se originan por procesos no tectónicos post sedimentarios, ya que actúan en las primeras etapas de compactación del depósito. Su génesis se debe a la acción de movimientos ocasionados por la gravedad (carga, deslizamiento, arrastre, etc.) y, en numerosos casos, por la fluidificación o licuefacción de los materiales, y a la acción del agua al escapar de los sedimentos durante la compactación. (TOMLINSON, 2000)

Se forman así repliegues, fracturas, rectificación e inyección, que producen deformación y destrucción, parcial o total, de la estratificación o laminación inicial. No se incluyen aquí, no obstante, las estructuras debidas a la acción destructiva de los organismos, que se clasifican como estructuras orgánicas. (LAMBE, 2001)

2.2.4 MÉTODOS PARA EVITAR O ACOMODAR ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES EXCESIVOS.

El asentamiento diferencial no se necesita considerar sólo en caso de estructuras cimentadas sobre un lecho de roca relativamente no compresible. Cuando las estructuras están colocadas sobre rocas erosionadas débiles o en suelo, se debe hacer una estimación de los asentamientos totales y diferenciales para decidir si los movimientos pueden ser probablemente por el diseño de la estructura, o si son lo suficientemente importantes para requerir medidas especiales para prevenir o acomodarlos. Un reporte de la institución of Structural Engineers (Institución de Ingenieros de Estructuras) proporciona la guía general de las investigaciones realizadas en este campo.

No es realista diseñar cimentaciones para prevenir todas las cuarteaduras ocasionadas por los asentamientos diferenciales. En la mayoría de los edificios son acabados interiores de yeso, se pueden observar cuarteaduras en muros y techos ocasionadas por movimientos térmicos y de humedad en la estructura; por lo tanto, se debe aceptar un cierto grado de cuarteamiento debido a asentamientos diferenciales. En el caso de estructuras sencillas en suelos compresibles relativamente uniformes, los riesgos de daño debido al asentamiento se pueden valorar con la guía de reglas empíricas basadas en la experiencia. (GONZALES, 2002)

Para cimentaciones en arenas, Terzaghi y Peck sugieren que el asentamiento diferencial no debe exceder el 75% del movimiento máximo de 25 mm. Para cimentaciones basadas en losa, el asentamiento límite base máximo se incrementará a 50 mm. A partir de un estudio de movimientos de 11 edificios, Skempton y McDonald concluyeron que para un ángulo límite de distorsión de 1 en 500, el asentamiento diferencial límite máximo es 40mm para cimentaciones aisladas y 40 a 65 mm para cimentaciones con base en losa. Los estudios han mostrado que los edificios sobre arenas rara vez se asientan más de 50mm, en la mayoría de los casos éste es del orden

de 25 mm o menos. Estas reglas no se deben aplicar a arenas que contienen limo o arcilla, los cuales incrementan enormemente su compresibilidad. Para cimentaciones sobre arcillas, Skempton y McDonald en forma similar, prescribieron un límite de diseño para asentamiento diferencial máximo de 40 mm, con límites de diseño para un asentamiento total de 65 mm para cimentaciones aisladas y 65 a 100 mm para losas de cimentación. (RIVVA, 2014)

Si como resultado de las anteriores reglas empíricas, o de realizar un análisis de asentamientos de la estructura basada en la hipótesis de la completa flexibilidad en las cimentaciones y en la superestructura, se observa que los asentamientos totales y diferenciales exceden los límites de seguridad entonces el ingeniero puede elegir entre evitar el asentamiento o acomodar el movimiento por medio de medidas apropiadas en el diseño estructural.

Si las estructuras, por sí mismas, no tienen la suficiente rigidez para prevenir un movimiento diferencial excesivo con cimentaciones extendidas ordinarias, se debe adoptar uno o la combinación de los siguientes métodos con el fin de reducir los asentamientos totales y diferenciales a una cantidad tolerable. (RIVVA, 2014)

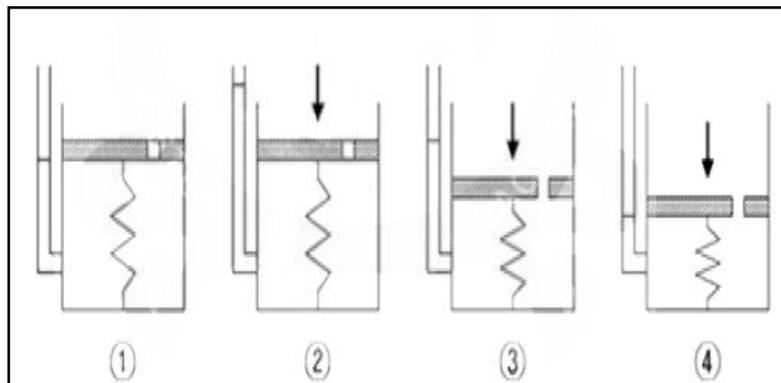
2.2.5 PROBLEMAS DE CONSOLIDACIÓN.

El proceso de la consolidación se explica a menudo con un sistema idealizado integrado por un resorte, un envase con un agujero en su cubierta, y agua. En este sistema, el resorte representa la compresibilidad o la estructura sí mismo del suelo, y el agua que llena el envase representa el agua de poro en el suelo.

1. El envase se llena totalmente de agua, y el agujero es cerrado. (Suelo completamente saturado).

2. Una carga se aplica sobre la cubierta, mientras que el agujero sigue siendo no abierto. En esta etapa, solamente el agua resiste la carga aplicada. (Desarrollo de la presión excesiva del agua de poro).
3. Tan pronto como se abra el agujero, el agua comienza a drenar hacia fuera a través del agujero y el resorte se acorta. (Drenaje del agua de poro excesiva).
4. Después de una cierta hora, el drenaje del agua ocurre no más. Ahora, el resorte solamente resiste la carga aplicada. (Disipación completa de la presión excesiva del agua de poro. Final de la consolidación).

Figura II.6: Sistema compuesto por un muelle, representa la compresibilidad



FUENTE: TOMLINSON. M. J. (2000) Cimentaciones Diseño y Construcción. Editorial Trillas S.A. México.

El proceso de consolidación suele ser explicado con el modelo idealizado de un Sistema compuesto por un muelle, un cilindro con un agujero y relleno de agua. En este sistema el muelle representa la compresibilidad o la estructura propia del suelo, y el agua es el fluido que se encuentra en los huecos entre los poros

1. El cilindro está completamente lleno de agua, y el agujero está cerrado (Suelo saturado).

2. Una carga es aplicada sobre el muelle mientras el orificio sigue cerrado. En esta etapa, el agua resiste la carga aplicada. (Desarrollo de presiones excesivas en los poros de agua).
3. Cuando se abre el orificio, el agua comienza a drenar y el muelle se acorta. (Drenaje excesivo de los poros de agua).
4. Después de cierto tiempo, el drenaje de agua termina. Ahora el muelle resiste por sí solo la carga aplicada. (Total disipación del exceso de presión de agua en los poros. Fin de la consolidación. (TOMLINSON, 2000)

2.2.6 CONSOLIDACIÓN DEL SUELO.

Consolidación de los suelos. El proceso de consolidación es un proceso de disminución de volumen, que tiene en un lapso provocado por un aumento de las cargas sobre el suelo. Frecuentemente ocurre que durante el proceso de consolidación la posición relativa de las partículas sólidas sobre un mismo plano horizontal permanece esencialmente la misma; así, el movimiento de las partículas de suelo puede ocurrir solo en dirección vertical.

Al observar los depósitos de material muy suave situados en el fondo de una masa de agua, por ejemplo el de un lago, se nota que el suelo reduce su volumen conforme pasa el tiempo y aumentan las cargas por sedimentación sucesiva. En este caso citado, la consolidación sería de este tipo, considerado que los estratos depositados tienen gran extensión horizontal, en comparación con su espesor. En la consolidación unidimensional el volumen de la masa de suelo disminuye, pero los desplazamientos horizontales de las partículas sólidas son nulos. En este caso, las características de la consolidación de los estratos de arcilla pueden investigarse cuantitativamente con aproximación razonable, realizando la prueba de consolidación

unidimensional sobre especímenes representativos del suelo, extraídos en forma tan inalterada como sea posible. (TOMLINSON, 2000)

El consolidómetro es del tipo de anillo flotante. El sistema de aplicación de la carga es accionado mediante presión de aire, la cual se controla con un regulador de presión constante, midiéndose directamente la carga con un anillo calibrado de la precisión y capacidad requerida.

La prueba consolidada, tal como se hace en un consolidómetro, hace disminuir el volumen de la muestra por acortamiento de la altura, pero sin cambio en la sección transversal. Una vez que el suelo alcanza su máxima deformación bajo un incremento de carga aplicado, su relación de vacíos llega a un valor menor, evidentemente, que el inicial y que puede determinarse a partir de los datos iniciales de la muestra y las lecturas del extensómetro. Frecuentemente ocurre que durante el proceso de consolidación la posición relativa de las partículas sólidas sobre un mismo plano horizontal permanece esencialmente la misma: así, el movimiento de las partículas del suelo puede ocurrir sólo en dirección vertical; ésta es la consolidación unidimensional.

En el caso citado arriba, por ejemplo, la consolidación sería de este tipo, considerando que los estratos depositados tienen gran extensión horizontal, en comparación unidimensional, por lo tanto, el volumen de la masa solo disminuye, pero los desplazamientos horizontales de las partículas sólidas son nulos. Si eventualmente, el anterior material depositado llega a subyacer en el lugar donde se construya una estructura y se observa el comportamiento ulterior del suelo, podrá notarse que los estratos se comprimen aún más, bajo las nuevas cargas que se les comunica. El que los desplazamientos horizontales de la arcilla son relativamente delgados y está confinado entre estratos de arena o grava o de materiales más rígidos, o si el estrato de arcilla, aun siendo grueso, contiene gran cantidad de capas delgadas de arena, ocurre que la deformación lateral de la arcilla se restringe tanto

que puede despreciarse, en comparación a los desplazamientos verticales. (TOMLINSON, 2000)

Desde luego es cierto que en las pruebas de laboratorio hechas con muestras pequeñas se produce la consolidación en tiempos muy cortos en comparación con el tiempo en que es estrato real de arcilla se consolidará bajo la carga de la estructura. De hecho, en la aplicación de las teorías a la práctica de la mecánica de suelos, se supone que todas las constantes de consolidación son las mismas en el proceso rápido de laboratorio, que en el mucho más lento que tiene lugar en la naturaleza. Si este es el caso o no, no se sabe en la actualidad. Es posible que lo anterior sea uno de los factores que influyen en el hecho observado de que los asentamientos predichos son mayores que los reales. (RICO, 2009)

2.2.7 MOVIMIENTO DE TIERRAS.

Pueden ocurrir movimientos de tierra independientes de los esfuerzos impuestos por la carga de cimentación. Algunos ejemplos son los movimientos debidos a la dilatación y contracción del suelo bajo humedad y temperaturas variables, el congelamiento, el deslizamiento de laderas, la minería y el hundimiento regional, y los asentamientos debido al impacto y vibraciones.

Es necesario tomar precauciones contra los efectos de estos movimientos en la estructura, ya sea haciendo más profunda la cimentación para colocarla en suelo no susceptible al movimiento o, si esto no fuera económicamente posible, adoptando formas especiales de construcción que permitan un movimiento apreciable sin dañar la estructura. (ICAZA, 2008)

2.2.8 MOVIMIENTO DE TIERRAS DEBIDO A LA FILTRACIÓN DE AGUA Y A LA EROSIÓN DE LA SUPERFICIE.

Los problemas con la filtración de agua y erosión ocurren principalmente en suelos arenosos. La erosión interna por la filtración del agua subterránea puede resultar en alcantarillas fracturadas llevando con ella partículas finas de suelo. La filtración de agua de la tierra puede causar también pérdida o degradación de los contenidos solubles de un material de desecho industrial de relleno. La pérdida consecuente del suelo debajo de las cimentaciones puede producir el colapso de las estructuras. un problema de este tipo es probable que ocurra en áreas de hundimiento de minas donde las alcantarillas y cañerías se pueden romper esto también puede ocurrir como resultado de técnicas descuidadas en una excavación profunda bajo el manto freático cuando las partículas del suelo son llevadas a la excavación por el fluido del agua. Los problemas con cavidades de disolución se pueden evitar mediante cuidadosas investigaciones geológicas antes de iniciar cualquier construcción. (ICAZA, 2008)

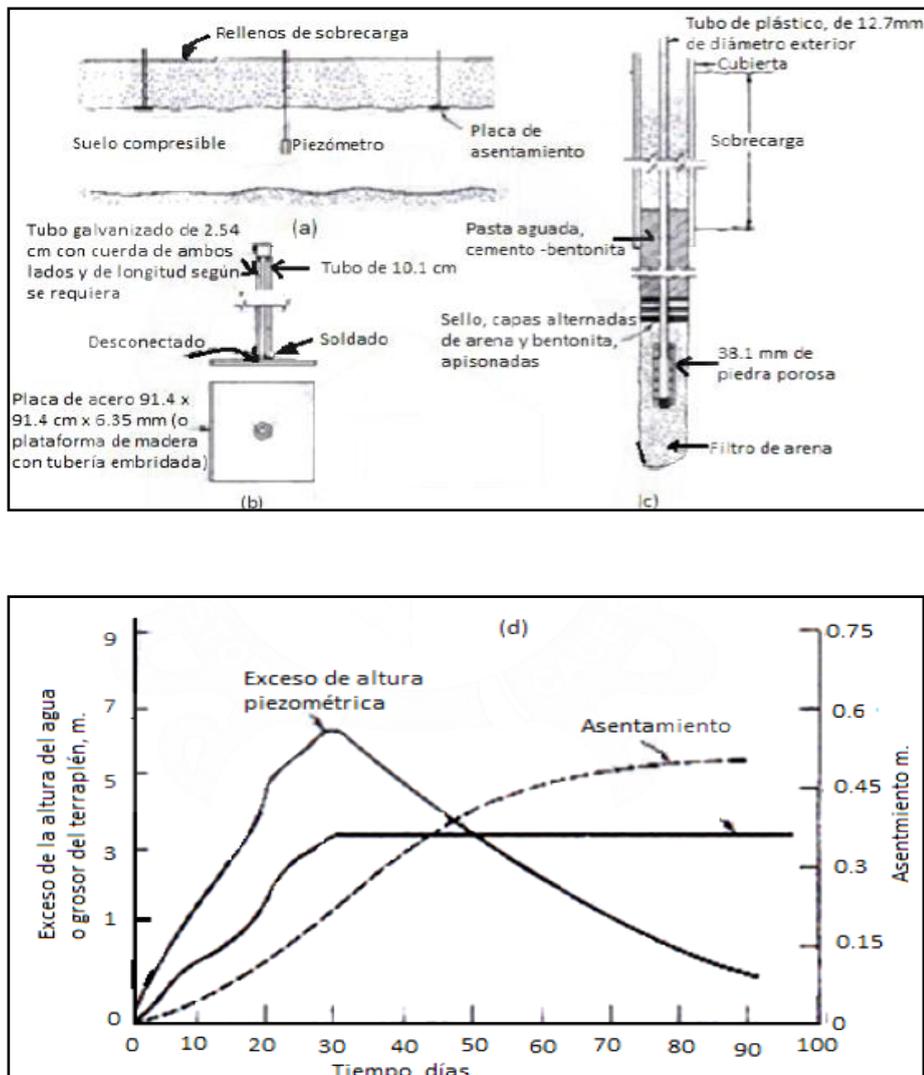
2.2.9 COLOCACIÓN Y COMPACTACIÓN DE RELLENOS.

Los mejores materiales para hacer rellenos en los solares de construcción son las arenas y gravas bien graduadas, que posiblemente contengan una pequeña proporción de finos arcillosos. Desafortunadamente, las condiciones económicas dictan usualmente el uso de materiales de menor calidad que puedan estar cerca de la obra. La mayor parte de los suelos inorgánicos son aceptables, con excepción de las arcillas plásticas muy expansivas, y arcillas con humedad natural muy superior a la óptima de la prueba de Próctor Estándar, en localidades en que las condiciones climáticas impiden el secado por manipulación y exposición al aire. (ICAZA, 2008)

Cuando resulte práctico, el tendido y compactación del terraplén deben hacerse cuando el área se encuentre libre de obstáculos como zapatas

de cimentación, instalaciones y otras construcciones. El relleno se distribuye normalmente en camellones, que se extienden en bulldozers o moto conformadoras, y se compactan con equipos tirados por tractores. Los compactadores neumáticos que aplican 20 ton o más a un grupo de cuatro ruedas en fila, con una presión en las llantas del orden de 4 kg/cm², usualmente logran la compactación después de aproximadamente 6 pasadas en la mayoría de los materiales granulares ligeramente cohesivos a la humedad óptima o cerca de ella. (ICAZA, 2008)

Figura II.7: Observaciones de control durante la pre-compresión del material de cimentación por sobrecarga:



FUENTE: TOMLINSON. M. J. (2000) Cimentaciones Diseño y Construcción. Editorial Trillas S.A. México

Figura II.8: Equipos comúnmente usado para compactación; a) rodillo Neumático, b) Rodillo de pata de cabra, c) Placa vibratoria para trabajar a mano.



FUENTE: TOMLINSON. M. J. (2000) Cimentaciones Diseño y Construcción. Editorial Trillas S.A. México.

Los rodillos pata de cabra son más efectivos para suelos limosos o arcillosos; son tambores de acero, de más de 1m de longitud, y con diámetros del orden de 1m, a los que se fijan salientes o patas, que sobresalen unos 25 cm, de la superficie del tambor y que tienen un área de apoyo usualmente comprendida entre 25 y 50 cm². Muchas veces, los tambores se lastran para que pesen unas 2 ton., y los vástagos apliquen presiones en el orden de 8 kg/cm², aproximadamente. Generalmente, son necesarias de seis a ocho pasadas para obtener la compactación requerida.

Para las arenas y gravas desprovistas de cohesión son preferibles los rodillos vibratorios. Son tambores de acero que aplican un peso de 3 a 5 ton aproximadamente, más una fuerza oscilatoria vertical de magnitud ligeramente menor, aplicada con una frecuencia del orden de 20 Hz. Generalmente, son suficientes dos pasadas. Siempre que sea posible, deberán hacerse en el terraplén las excavaciones para zapatas, muros de contención e instalaciones después de su compactación. Sin embargo, en muchos casos, las zapatas y los muros están construidos antes de que se hayan tendido las capas finales del relleno. (DELGADO, 2002)

Las arenas y gravas sin cohesión pueden compactarse por medio de pequeños rodillos o placas vibratorios. Debe cuidarse que el material situado detrás de los muros de contención no se compacte en exceso; de otra manera, los muros podrán desalojarse y aun agrietarse. Los rellenos de las zanjas para instalaciones y otros espacios que van a quedar cubiertos con pisos y pavimentos deberán consistir preferentemente de la arena mejor graduada disponible y de mezclas de grava y arena. Los materiales para este objeto frecuentemente se vacían sueltos en el lugar, y luego se inundan con intención de

compactarlos. Aunque se usa mucho todavía este procedimiento, no debe permitirse. En los rellenos cohesivos inevitablemente debilita y reblandece el suelo produciendo en el futuro, pérdida de capacidad de carga y asentamientos.

En las arenas uniformes o finas el procedimiento no puede hacer otra cosa que producir el colapso de las zonas inestables muy sueltas, asociadas al aumento de volumen y dejar la arena con una compacidad relativa cercana a cero; si el relleno es de arena y grava bien graduadas, en efecto de aumento de volumen es despreciable y no se obtiene ningún beneficio de la inundación. (DELGADO, 2002)

2.2.10 DETERMINACIÓN DE LOS DETALLES DE LA CIMENTACIÓN.

El piso ilustrado en la figura 17, está situado aproximadamente a 1.5 m arriba de la rasante que rodea el edificio. La diferencia de altura se obtiene por medio de un terraplén compactado, que soporta no solamente de un piso, sino también las zapatas interiores. La parte inferior del muro exterior de la estructura sirve para contener esta porción de relleno, si se ha eliminado la posibilidad de que ocurran asentamientos, todos estos elementos estructurales pueden construirse con dimensiones en las que no se tomen en cuenta dichos asentamientos. Las zapatas pueden desplantarse en excavaciones de poca profundidad de manera que las caras superiores de las zapatas formen parte del piso, Como alternativa la losa de piso puede colocarse directamente en el lecho superior de las zapatas las zapatas desplantadas a varios metros bajo el nivel del suelo requieren de compactación de los rellenos que quedan debajo del piso.

En este último caso, el grado de compactación obtenido arriba de la zapata suele diferir del obtenido en el terreno adyacente, especialmente cerca de las columnas, por lo que es difícil de evitar el agrietamiento del piso; en consecuencia, pero en caso de nuestra investigación por ser un suelo inestable y con niveles freáticos muy altos diseñamos nuestras

cimentaciones. El relleno requiere una cuidadosa compactación para dar el soporte adecuado para la losa de piso cercana al muro. (ICAZA, 2008)

2.2.11 ASCENSIÓN CAPILAR DEL AGUA EN LOS SUELOS.

Cuando un tubo capilar se coloca en el agua, el nivel de esta en el tubo asciende, la ascensión es causada por el efecto de la tensión superficial. De acuerdo con la figura mostrada la presión en cualquier punto A en el tubo capilar (con respecto a la presión atmosférica) puede expresarse como:

$$- u = -\gamma_w z^f = 0 \text{ a } M_c$$

$$- u = 0 \text{ (para } z^f \text{ C3 } M_c$$

Donde:

u : Presión Atmosférica

γ_w : Presión de Succión

z^f : Distancia medida al nivel Freático

H_c : Nivel de succión.

En una masa de suelo, los espacios vacíos interconectados pueden comportarse como tubos capilares de diversos diámetros. La fuerza de tensión superficial puede ocasionar que el agua en el suelo ascienda por arriba de la capa freática, como se muestra en la figura. La altura de la ascensión capilar disminuirá con el incremento del diámetro de los tubos. Como estos en el suelo tienen diámetros variables, la altura de la ascensión capilar no será uniforme. La presión de poro en cualquier punto en la zona de ascensión capilar en los suelos puede ser aproximadamente por:

$$u = S \gamma_w z''$$

Dónde:

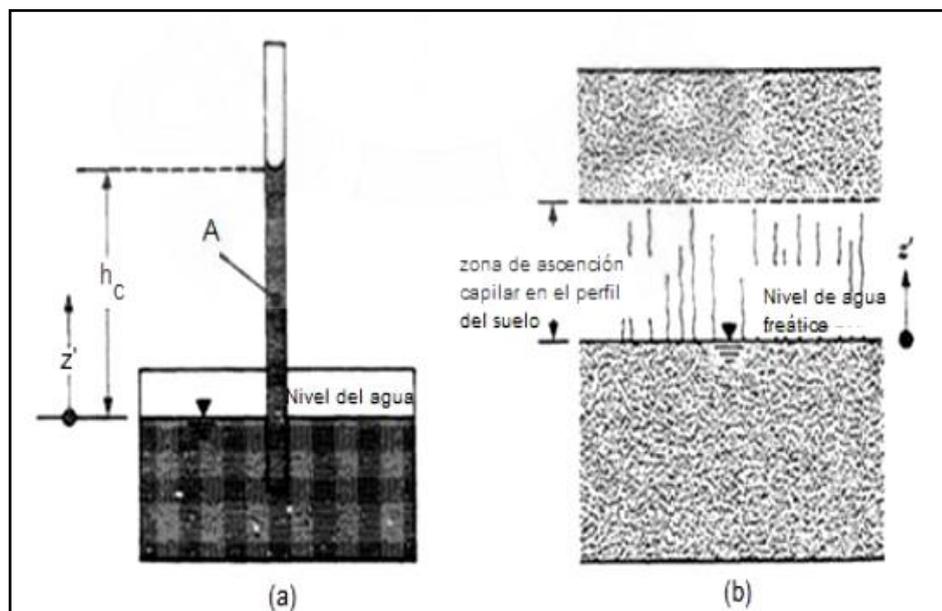
S : grado de saturación del suelo

Z'' : distancia medida arriba del nivel de agua freática

La ascensión capilar en un suelo se mide por la altura existente desde la fuente de abastecimiento de agua hasta donde llega la humedad y esa altura está en razón inversa del diámetro de partículas, y la velocidad de ascensión esta en razón directa del diámetro de las partículas. Un caso preciso de la importancia del estudio de la capilaridad se tiene cuando se piensa construir un terraplén en una zona inundada, siendo necesario levantar dicho terraplén hasta una altura en que el agua no perjudique la estabilidad del pavimento que se construya. La presión negativa en los poros capilares correspondiente a la ascensión capilar es una medida de la succión sobre el agua en los poros.

El índice de la succión es igual al \log^*hc y la presión de succión vale γ_w^*hc .

Figura II.9: El suelo asciende por arriba de la capa freática.



FUENTE: BRAJA M.DAS. (2006) Principio de Ingeniería de Cimentaciones, 5a. ed. Ed. THOMSON. México. Pág. 342.

Un suelo con estructura posee propiedades capilares (capacidad de retención de agua) dentro de los agregados y al mismo tiempo permite un movimiento rápido del agua en los poros mayores, situados entre los

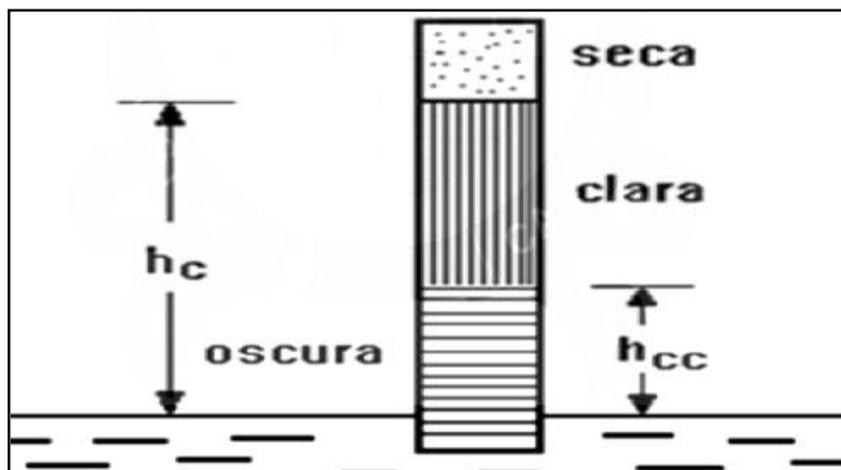
mismos. Aparte de la textura, la estructura es también un factor de importancia en el movimiento de ascenso capilar del agua en el suelo. La ascensión del agua por los poros de una arena seca se puede estudiar en el laboratorio. (BRAJA, 2008)

Dónde:

h_c : altura capilar de un suelo, se puede estimar h_c , en centímetros o mediante:

$$h_c = \frac{C}{eD_{10}}$$

Figura II.10: Ascensión capilar del agua en arena seca.



FUENTE: BRAJA M.DAS. (2006) Principio de Ingeniería de Cimentaciones, 5a. ed. Ed. THOMSON. México. Pág. 379.

2.2.12 CONTRACCIÓN EN SUELOS FINOS.

Un suelo saturado exhibe 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 capaz de producir mayor deformación; en ese momento comenzara la retracción de los meniscos hacia el interior de la masa de suelo. Macro físicamente ese momento está señalado por el conjunto 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. Estadísticamente puede decirse que toda la gama de diámetros de los canalículos existentes se presenta a lo largo de un capilar, en una distancia relativamente pequeña a partir de la superficie. Esta distancia puede ser del orden de 2.5cm, en arenas gruesas, pero en las 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 del suelo, el menisco necesitara 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 que en 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.). (ICAZA, 2008)

Si tenemos un suelo saturado, el agua estará ejerciendo una fuerza de separación entre las partículas sólidas del suelo (presión hidrostática). Luego el suelo empezara a secarse por cualquier causa, que

generalmente es el calentamiento por el sol, y el agua que hay en el suelo se evaporara, y la masa de suelo tratara de tomar su nivel freático normal, de esta manera las aguas empezaran a tratar de bajar, creándose una presión capilar dentro del suelo, lo que produce unos esfuerzos de compresión en el suelo, pasando este de la presión hidrostática (cuando el suelo estaba saturado), a un esfuerzo de tensión superficial (al tener el fenómeno de capilaridad del agua). De esta manera el suelo entrara en un proceso de contracción. Hay que tener en cuenta que el suelo debe ser un suelo fino, para poder producir el proceso de capilaridad, y de esta manera crear la tensión superficial necesaria para que el suelo se contraiga. El proceso de la retracción del agua hacia el interior no se hará simultáneamente en toda la masa de suelo, debido a que la masa de suelo tiene diferentes diámetros de poros, produciendo tubos capilares de diferentes diámetros, bajando primero el agua que se encuentra en los canalículos más gruesos (Especie de tubos capilares formados por los poros del suelo). (ICAZA, 2008)

2.2.13 PERMEABILIDAD DE SUELOS.

Los espacios vacíos o poros entre los granos del suelo permiten que el agua fluya a través de ellos. En mecánica de suelos e ingeniería de cimentaciones se debe saber cuánta agua fluye a través del suelo en un tiempo unitario. Este conocimiento se requiere para diseñar presas de tierra, determinar la cantidad de infiltración bajo estructuras hidráulicas para desaguar antes y durante la construcción de cimentaciones.

La permeabilidad de los suelos, es decir la facultad con la que el agua pasa a través de los poros, tiene un efecto decisivo sobre el costo y las dificultades a encontrar en muchas operaciones constructivas, como los son, por ejemplo, las excavaciones a cielo abierto en arena bajo agua o la velocidad de consolidación de un estrato de arcilla bajo el peso de un terraplén, de allí la importancia de su estudio y determinación, aspectos que se desarrollaran a continuación.

Se dice que un material es permeable si deja pasar a través de una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable. La velocidad con la que el fluido atraviesa el material depende de tres factores básicos:

- La porosidad del material.
- La densidad del fluido considerado, afectada por su temperatura.
- La presión a que está sometido el fluido. (CALAVERA, 2003)

2.2.14 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS.

La permeabilidad se ve afectada por diversos factores inherentes tanto al suelo como las características del agua circulante. En ocasiones, se trata de factores en extremo localizados, como fisuras y cárcavas, y es difícil hallar valores representativos de la permeabilidad a partir de mediciones reales. Un estudio serio de los perfiles de suelo proporciona una indispensable comprobación de dichas mediciones.

Las observaciones sobre la textura del suelo, su estructura, consistencia, color y manchas de color, la disposición por capas, los poros visibles y la profundidad de las capas impermeables como la roca madre y la capa de arcilla, constituyen la base para decidir si es probable que las mediciones de la permeabilidad sean representativas.

- La relación de vacíos del suelo
- Viscosidad (Temperatura) del agua
- Estructura y estratificación del suelo
- Existencia de agujeros, fisuras, etc. En el suelo
- Tamaño de partículas
- Aire ocluido.

El suelo está constituido por varios horizontes, y que, generalmente, cada uno de ellos tiene propiedades físicas y químicas diferentes. Para determinar la permeabilidad del suelo en su totalidad, se debe estudiar cada horizonte por separado. 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 de información cualitativa correcta. (CALAVERA, 2003)

2.2.15. LA HUMEDAD EN EL SUELO Y SU CLASIFICACIÓN.

La humedad del suelo se define como el peso del agua entre el peso de los sólidos (es lo mismo que peso del agua entre peso seco); y la puedes obtener mediante una muestra de suelo húmedo que metes al horno a 100C. La diferencia de pesos antes y después de meterla al horno es el peso del agua (ya que el agua se evapora), y el peso de la muestra al sacarla del horno, es el peso seco.

La humedad del suelo en estado natural varía dependiendo del tipo de mineral que constituye al suelo, y puedes tener humedades desde 19% hasta humedades de más de 800%. Para terrenos salinos o muy áridos, se emplea experimentalmente el SBIB capaz de medir la humedad del suelo sin que le afecten las características del mismo y con mayor sensibilidad en terreno árido. El suelo, desde el punto de vista hidrológico, es un depósito o almacén de agua cuya capacidad para retenerla y contenerla depende de sus propiedades físicas:

Textura del suelo. Es la composición física de un suelo, se refiere al porcentaje con el que se presentan los diversos materiales constitutivos de un suelo. Se denomina humedad del suelo a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno. Establecer el índice de humedad del suelo es de vital importancia para las actividades agrícolas. Es importante recordar que:

- Los niveles de humedad del suelo determinan el momento del riego.
- La humedad del suelo se puede estimar por el aspecto del terreno.
- Se debe controlar la humedad al menos en una sección del área del campo que difiera de las demás en cuanto a la textura y aspecto del suelo. (CALAVERA, 2003)

2.2.16 LA HUMEDAD EN LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

En esta parte se pretende proporcionar las ideas básicas para comprender el planteamiento teórico que en el momento presente puede darse a los problemas de filtración de agua en el subsuelo y los elementos estructurales de una vivienda y de valuación de sus consecuencias. También se presentará en forma breve el método que más se utiliza en la práctica para manejar las conclusiones a que permite llegar la teoría.

Naturalmente, los problemas relacionados con el flujo de agua que se infiltra a través de los elementos estructurales tienen extraordinaria importancia dentro de la tecnología de las viviendas. La importancia se conecta sobre todo con la influencia de la infiltración del agua sobre la estabilidad general de las viviendas, en menor grado, con las posibilidades que tiene el agua de infiltración de producir tubificación, erosiones internas, etc.

Cuando el agua fluye por el interior de una vivienda, por definición lo hace con una presión hidrodinámica, superior a la hidrostática correspondiente a la condición de equilibrio. Este hecho produce varios efectos importantes. En primer lugar, según la dirección del flujo, la presión hidrodinámica puede alterar el peso volumétrico sumergido del elemento estructural; por ejemplo, si el flujo ocurre verticalmente hacia arriba, se ejerce un efecto boyante sobre las partículas de un material, que equivale a una disminución del peso volumétrico. El aumento en la

presión del agua produce una disminución correspondiente en la presión efectiva y, por lo tanto, en la resistencia al esfuerzo cortante de la masa a través de la cual ocurre la filtración, de modo que, por ejemplo, un talud estable en condición exenta de flujo, podrá no serlo si se presenta dicha condición. (RIVVA, 2012)

El agua que se infiltra a través del material 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 los elementos estructurales de una vivienda 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. Mucho de lo que en la práctica ha de hacerse para la resolución de estos problemas es improvisación fundada en el manejo razonado de incertidumbres, lo que, por otra parte, no es ajeno a otros campos de la ingeniería y a otras clases de problemas. Sin embargo, el planteamiento teórico de los problemas de flujo interno y su resolución, aunque sea para condiciones hipotéticas que se aparten un tanto de las reales que se trate de representar en cada caso, es de fundamental importancia para fijar un marco de referencia a las decisiones prácticas que hayan de tomarse. Aunque sólo sea así, como trasfondo intelectual para orientar el pensamiento y la acción, las soluciones a los problemas de filtración son útiles al ingeniero práctico; por otra parte, hay ocasiones en que es verdaderamente notable el grado de representatividad con que pueden obtenerse soluciones en estudios bien planteados y ejecutados con cuidado. (RIVVA, 2012)

2.2.16.1 ELEMENTOS ESTRUCTURALES HUMEDECIDOS.

El agua del suelo puede clasificarse en tres categorías, dependiendo de su movilidad dentro de él. En primer lugar está el agua adsorbida, ligada a las partículas de material de los elementos estructurales de una vivienda por fuerzas de origen eléctrico, que no se mueve 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. 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. 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 un material de los elementos estructurales de una vivienda, el agua gravitacional está 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 al 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. (JUAREZ, 2005)

Se admitirá ahora que el material a través del cual ocurre el flujo tiene sus vacíos saturados por agua y que, además, tanto dicho elemento como las partículas sólidas que forman la estructura del

elemento estructural son incompresibles en sí mismos. Así, durante el flujo, la cantidad de agua que entra al elemento tiene que ser igual a la que sale, en un régimen establecido. Por lo tanto, teniendo en cuenta que el gasto que pasa por una sección puede expresarse como el producto del área de la sección por la velocidad del flujo.

Todos los ingenieros que tienen que ver con problemas de estabilidad de masas en viviendas tienen la sensación fuertemente arraigada de que el agua juega un papel muy importante en los derrumbes, deslizamientos o flujos a que tienen que enfrentarse con tanta frecuencia. Esta sensación resulta evidente, hasta casi convertirse en instinto, puesto que la correlación entre época de lluvias e intensidad de las mismas con las fallas es infalible, se repite año con año y, además, las señales del efecto del agua que es posible ver después de una falla son tan claras, que todo ingeniero llega a percibir que aquel elemento, cuando no se controla con las necesarias precauciones puede ser uno de sus principales enemigos. (JUAREZ, 2005)

Por otra parte, es un hecho experimental que la relación entre lluvia y fallas existe tanto en regiones húmedas, en que los contenidos de agua de los suelos son relativamente altos, como en las más secas, en las que sí pudiera invocarse un efecto de humedecimiento. Así pues, parece que los mecanismos de actuación del agua hay que buscados en fenómenos de otra naturaleza y, por cierto, éstos abundan. En primer lugar, si los vacíos del material están parcialmente llenos de aire y el contenido de agua del suelo aumenta substancialmente, se elimina parte de la tensión superficial en el interior de la masa, la cual proporcionaba al conjunto una cohesión aparente que contribuía a la estabilidad. En segundo lugar, el aumento del contenido de agua del suelo se refleja en un aumento de su peso, lo cual puede tener repercusiones en la estabilidad general de la masa. En tercer lugar,

un flujo de agua puede afectar la estabilidad de una masa al disolver cementantes naturales que pudieran existir; éste es el caso típico de los loess, en los que frecuentemente los granos se encuentran cementados por carbonatos de calcio solubles.

Finalmente, dentro de la breve revista que se ha hecho de las razones por las cuales el agua puede afectar la estabilidad de una masa, conviene citar el vaciado rápido, la licuación y todo el conjunto de fenómenos a través de los que puede producirse tubificación y erosión interna.

La actitud de los ingenieros en relación al agua que se infiltra en el subsuelo y afecta sus obras puede expresarse por uno de los dos siguientes criterios:

1. Mantener el agua alejada de las zonas en que puede hacer daño.
2. Controlar el agua que entre a las zonas peligrosas por métodos de conducción y eliminación, que reciben el nombre genérico de métodos de sub drenaje. (RIVVA, 2014)

2.2.16.2 CONSECUENCIAS DEL HUMEDECIMIENTO.

El agua que se encuentra en el subsuelo tiene usualmente cualquiera de 3 orígenes. En primer lugar, puede ser meteórica, caída de la atmósfera en forma de lluvia o nieve. En segundo lugar, puede ser agua de formación, que es la que ocupa los espacios entre sedimentos que quedaron en el fondo de océanos y lagos; esta agua es generalmente salada, pues los sedimentos formados en aguas marinas son los más abundantes entre los que hoy pueden encontrarse.

Finalmente, se tiene el agua magmática o juvenil producto de la actividad volcánica, de la magmática o de la condensación de

vapores derivados de magmas profundos. Probablemente esta agua es mucho más abundante de lo que en principio pudiera sospecharse y para comprenderlo así basta considerar que el 9% 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 una buena parte de ese vapor debe haber sido suministrado al volcán por diversas fuentes superficiales y subterráneas. La cantidad de agua que penetra a la tierra queda determinada por varios factores:

1. Cantidad y tipo de precipitación.
2. Ritmo de precipitación. Cuando más 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 corresponden velocidades de escurrimiento superficial menores.
4. La porosidad de los suelos y las rocas.
5. La permeabilidad de los suelos y las rocas.
6. Una formación muy porosa no es necesariamente muy permeable. La arcilla, por ejemplo, es muy porosa y muy poco permeable. La estructuración de suelos y rocas, especialmente en lo que se 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.
9. 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. A veces, el propio almacenamiento de agua subterránea modifica con el paso del tiempo suficiente las

condiciones en que el mismo tiene lugar; por ejemplo, al sellar cavidades, poros o fracturas con sustancias disueltas en la propia agua subterránea.

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 está más compleja. El suelo está 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.

(CALAVERA, 2003)

2.2.16.3 CAUSAS DE HUMEDECIMIENTO.

Se piensa que muchas de las dudas y controversias que se suscitan en torno al subdrenaje provienen de no haber ponderado adecuadamente su papel y sus funciones. Es una creencia común que el objetivo principal o único de una obra de subdrenaje es eliminar agua, de manera que sólo debe pensarse en él en lugares en donde la presencia de ésta en grandes cantidades sea evidente y deberá considerarse fracasada una obra de subdrenaje en cuya salida no se observe un afloramiento cuantioso de tal elemento se ha establecido que el objetivo fundamental de una obra de subdrenaje no es precisamente ése, sino el de modificar un estado de presiones neutras que, como consecuencia de las leyes generales de la Mecánica de Suelos, sea poco favorable para la

estabilidad de una masa de suelo y, también, hacer cambiar la dirección de las fuerzas de filtración, de manera que sus efectos se hagan inofensivos o mejoren, en relación a la estabilidad del conjunto. Al mejorar las condiciones de resistencia y el planteamiento de las fuerzas de filtración, tiene que ser posible llegar en cada caso particular a secciones no sólo más seguras, sino también más económicas, en el sentido de involucrar menores movimientos de tierras, lo que se traducirá en ahorros de inversión.

También piensan que el sub drenaje es en principio demasiado costoso como para adoptado como norma de rutina invariable, pero opinan que está hoy fuera de toda duda razonable su necesidad técnica y económica en muchos casos. Como quiera que es tan común en construcciones la necesidad de trabajar; con información somera, producto de exploración y muestreo mínimos y con ayuda de laboratorio necesariamente limitada, se llega una vez más en este punto, al igual que en otros ya mencionados a lo largo de esta obra, a la necesidad de que los estudios geotécnicos que se hagan para la construcción en la etapa de proyecto estén a cargo de ingenieros con la suficiente información. (RIVVA, 2012)

Al construir un corte el agua tiende a aflorar en las paredes de su talud, según se dijo. La construcción ha modificado la frontera exterior de esfuerzos nulos; se ha efectuado una descarga del terreno natural, que produce una disminución de los esfuerzos normales y un aumento de los esfuerzos cortantes en el terreno localizado inmediatamente detrás y debajo de la excavación; la disminución de los esfuerzos normales produce la disminución de la resistencia al esfuerzo cortante del medio, por lo que ambos cambios son en detrimento de la estabilidad del talud. Como ya se expresó, todo lo anterior hace que la condición crítica del corte se presenta un tiempo después de su excavación, generalmente después de épocas de alta precipitación pluvial. Los métodos de subdrenaje en cortes tienden precisamente a controlar el flujo del

agua en el talud, evitando que fluya hacia su superficie, para: restringir así los cambios volumétricos del material y orientar favorablemente las fuerzas de filtración. Al variar el estado de esfuerzos hidrostáticos en el agua en la zona del talud se obtiene una gran ventaja, aun cuando el sistema de subdrenaje no seque los suelos. Lo anterior es evidente si se recuerda que la resistencia de los suelos depende fundamentalmente de los esfuerzos efectivos a que están sujetos y no de los totales.

Finalmente, tanto el agua que proviene de las lluvias como del subsuelo deterioran, todos los materiales contactados, ya que el agua reacciona con las sustancias reactivas que conforman los componentes de una vivienda, situación que en casos extremos puede causar o acelerar el colapso. (RIVVA, 2012)

2.2.16.4 ELEMENTOS DE ALBAÑILERÍA Y ACABADOS HUMEDECIDOS.

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 está 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. (RIVVA, 2012)

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 siente 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. (RIVVA, 2014)

2.2.16.5 CAUSAS DEL HUMEDECIMIENTO EN LAS CIMENTACIONES.

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. (FERNANDEZ, 2000)

2.2.16.6 CONSECUENCIAS DEL HUMEDECIMIENTO EN LAS CONSTRUCCIONES.

La presencia de la humedad en las construcciones se puede apreciar de dos formas. La primera como la presencia del agua que pueda deteriorar, y envejecer los elementos estructurales, inclusive

colapsarlos; y la segunda puede ser una consecuencia que origine o empeore ciertas enfermedades en el hombre.

La presencia de la humedad en las construcciones puede originarse por ascensión capilar, por filtración, por escurrimiento de las aguas superficiales, por el mal funcionamiento de las instalaciones de agua potable y desagüe entre otras. Por otro lado es importante considerar las sustancias en suspensión que puede contener el agua, y estos puedan ser elementos reactivos y puedan contribuir a un mayor deterioro y envejecimiento de los materiales de la cimentación, los aceros oxidándolos, el fisuramiento en el concreto por los fenómenos de contracción y expansión debido al congelamiento del agua.

Con respecto a los muros se puede observar la desintegración de los adobes y ladrillos, más aún si el agua contiene sulfatos u otras sustancias químicas indeseables. De la misma forma la humedad puede apreciarse en el hinchamiento de las puertas de madera y oxidación en los metálicos; de misma forma en los acabados ya sea de yeso o cemento es fácil constatar desprendimientos.

A continuación, se muestra algunas fotografías del laboratorio, donde el autor de la presente tesis prepara y realiza ensayos de muestras obtenidas de las viviendas de la zona en estudio de la ciudad de Juliaca. (RICO, 2009)

2.2.17 RECURSOS NATURALES.

Las primeras señales de alerta sobre los límites del crecimiento y desarrollo económico las enviaron los recursos no renovables. El carácter finito de los mismos fue perceptible, y el peligro de su agotamiento y la ausencia de sustitutos adecuados se convirtió en una gran preocupación.

En el caso de los combustibles fósiles, que son la columna vertebral de las economías modernas, la noción de su no renovabilidad se convirtió en arma política, así como en herramienta de control. Algunos minerales estratégicos también son manejados ya a nivel político. En este capítulo conoceremos de manera muy breve las estrategias para lograr una transición al desarrollo sostenible, seguidas de una descripción y análisis comparativo de los minerales y los principales energéticos y fuentes de energía alternativa a los combustibles fósiles.

- **Clasificación de los recursos naturales.** - Un recurso es cualquier cosa que se obtiene del medio, ya sea biótico o abiótico, para satisfacer las necesidades o deseos humanos.

La mayor parte de las especies no tienen mayores necesidades que las utilizadas estrictamente para sobrevivencia; los humanos, sin embargo, nos hemos creado, además de éstas, una serie de necesidades que en realidad son deseos. Los recursos pueden servir para satisfacer ambos.

Los recursos naturales pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- **Renovables.** Son renovables Únicamente cuando se respeta su índice de recuperación. Para ello, es indispensable no vulnerar el "capital", sino únicamente extraer los "intereses". Entre ellos se encuentran todos los recursos bióticos.

- **No renovables.** A algunos recursos se les considera no renovables porque existe la posibilidad de que se agoten, ya que su renovación ocurre sólo por procesos geológicos, físicos y químicos que tienen lugar a través de cientos, miles o millones de años.

- **De flujo.** Son aquellos cuya disponibilidad no se ve afectada, independientemente que se les utilice o se les deje fluir. Como por ejemplo podríamos citar a la energía. Solar, el agua y los vientos, entre

otro. Cabe mencionar que, aunque no se afecte la disponibilidad; si se puede afectar la calidad.

Ejemplos considerados como recursos no renovables son: las reservas de combustibles fósiles como petróleo, carbón, gas natural y uranio (usado como combustible para reactores nucleares); la energía geotérmica (extracción de energía del interior de la Tierra, en forma de vapor seco, vapor húmedo o agua caliente, y que es utilizada para calefacción de espacios o para producción de electricidad y alta temperatura, útil en algunos procesos industriales); y la energía nuclear (energía que se libera cuando los átomos experimentan una reacción nuclear en cadena, como fisión o fusión nucleares).

- El agotamiento de los recursos no renovables.- Los minerales y los combustibles fósiles, que son los principales energéticos con los cuales se ha desarrollado nuestra civilización actual, son recursos que no pueden ser renovados. Miller (1994) diseñó una gráfica en la que muestra tres curvas muy intuitivas para entender lo que podría suceder con nuestros recursos no renovables, de acuerdo con las estrategias que se sigan para su utilización.

Se considera que un recurso se ha abatido cuando el 80 por ciento de éste ha sido utilizado, porque una vez que llega a ese punto se convierte en un recurso escaso, y su comportamiento está influido por la demanda que tenga, de tal manera que, en un momento dado, su uso se restringiría de una forma muy importante porque se saldría de precio. Por ello, en términos prácticos se considera que al llegar a 80 por ciento de abatimiento, el recurso se ha agotado. (CALAVERA, 2003)

2.2.18 CONTAMINACIÓN DEL AGUA.

En el caso de las aguas subterráneas, se observan repercusiones sobre la cantidad del recurso hídrico. La compactación y la colocación

de la capa de rodadura sea rígida o flexible, constituyen una efectiva impermeabilización de los terrenos. Sin embargo, para el caso de acuíferos regionales la incidencia es despreciable en la disminución de la recarga. En acuíferos muy localizados, como una faja de terraza o estrecho valle de inundación pueda tener una importancia significativa una vez construida la carretera.

La realización de cortes en la construcción de carreteras puede generar la destrucción o desaparición física de acuífero al menos en parte, cuando por esta actividad se cambia el régimen de flujo cambiando y reubicando las vertientes a otros sitios de los naturales, produciendo por esto, en algunos casos desecamiento en unas áreas e incremento de humedad en otras. También puede suceder en la explotación de canteras, de donde se obtiene material para la construcción. (LUDEÑA, 2008)

Hay múltiples aspectos de afectación en estas interferencias sobre el flujo de aguas subterráneas, los cortes en las carreteras intervienen sobre la propia dinámica o funcionamiento de las aguas subterráneas. Un análisis detenido para cada caso particular dependiendo de las condiciones geológicas e hidrológicas, nos permite prever problemas geotécnicos derivados de las interferencias de flujo de aguas subterráneas.

En caso contrario las aguas subterráneas afectan a la carretera manifestándose con deslizamientos, desprendimientos, hundimientos, reptaciones; es decir diferentes procesos geodinámicas generados por los cambios de flujo de las aguas subterráneas que a su vez modifican los parámetros físico-mecánicos del suelo o rocas de las formaciones naturales.

No hay que olvidar que un manantial no es otra cosa que un aliviadero natural de un embalse subterráneo o acuífero. Por otra parte, se produce una afectación a la calidad de las aguas. Este aspecto es

importante, por cuanto su posible incidencia se produce no sólo durante la etapa de construcción, sino también posteriormente por el tráfico y las acciones de mantenimiento. En construcción, el peligro puede venir del drenaje y/o puesta en contacto con vertidos procedentes de la maquinaria pesada que se utiliza durante la construcción, y vertidos de residuos sólidos etc. (LUDEÑA, 2008)

2.2.19 CONTAMINACIÓN DEL SUELO.

La afección sobre los suelos se presenta, por un lado, en relación a la destrucción directa por la construcción de la obra básica, compactación por la construcción de la vía y los movimientos de tierras e indirectamente la pérdida de la capa edáfica por la erosión.

Este tipo de afectación resulta importante dependiendo de su magnitud, que está en función de las superficies destruidas u ocupadas, hay que tener en cuenta no sólo la superficie afectada por la vía, cortes, terraplenes, depósito de inertes (escombrera), sino también las obras anexas (caminos de acceso, canteras de extracción de áridos) y las superficies en que el suelo sufre una compactación por el depósito de materiales y tránsito de maquinaria pesada.

La predicción de estas alteraciones es relativamente fácil, puesto que, conociendo bien las características del proyecto y de la situación pre operacional, se puede realizar una superposición de impactos y un cálculo de las superficies afectadas de cada tipo de suelo, diferenciado en sus clases agrologicas de acuerdo con lo establecido en el marco legal del recurso suelo.

En la etapa constructiva y más aún en la etapa de operación (dependiendo del tráfico) se produce en el suelo una acumulación de una serie de contaminantes, tales como: SO₂ y algunos derivados, hidrocarburos, partículas sólidas no metálicas, metales pesados (Cu, Cr, N, Pb, Zn), NO_x, aldehídos; que afectan de diversas formas, en circunstancias normales a los suelos y por ende a la flora y fauna.

Estos contaminantes son transmitidos por vía atmosférica o hidrológica, a través del transporte por intermedio de las aguas de escorrentía. Los principales agentes contaminantes, son los metales pesados, especialmente el plomo, los vertidos accidentales, entre los que se incluyen aceites y grasas.

Los diferentes contaminantes emitidos al aire relacionado con el tráfico, han sido examinados de forma individual o en combinación, estableciéndose los criterios de protección, principalmente por la OMS, donde se han establecido algunos efectos sobre la salud. (ICAZA, 2008)

2.2.20. GENERALIDADES DE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

El proceso de fabricación de los materiales de construcción, así como de los productos de los cuales muchos están formados, ocasiona un impacto ambiental. Este impacto tiene su origen en la extracción de los recursos naturales necesarios para su elaboración, incluyendo el proceso de fabricación y el consumo de energía, que deriva en emisiones tóxicas a la atmósfera. Así, entran en los edificios materiales nuevos (no tradicionales) muchas veces experimentales, y con ellos los riesgos de toxicidad. Además, debemos considerar la gestión de los residuos generados por su demolición, pasando por la fase de construcción y de utilización del edificio.

Los tipos de impacto en los que podemos incidir al elegir los materiales pueden agruparse en seis bloques:

- Agua, incluye todos los ámbitos relacionados con su ahorro y su posible contaminación al realizar vertidos de residuos.
- Riesgos, no se puede dar una garantía acerca de que todos los materiales que se encuentran a la venta, están debidamente probados y suficientemente desarrollados, asegurando que su

impacto en el medio ambiente y en la salud de las personas es nulo, debido a lo rápido con lo que todo evoluciona.

- Energía, el uso de energías renovables es una solución completa, ya que éstas, evitan el consumo de energías convencionales y eliminan algunos tipos de emisiones.
- Recursos, es preferible utilizar materiales procedentes de recursos renovables. La reutilización y el reciclaje también son opciones válidas. Asimismo, todos los productos con una vida útil larga contribuyen al ahorro de recursos.
- Residuos, el hecho de que un material se pueda reciclar al término de su vida útil, o que contenga otros materiales reciclables, es un aspecto que debe tenerse en cuenta. Deben rechazarse los materiales que se convierten en residuos tóxicos o peligrosos al final de su vida útil.

El Inventario presentado, servirá para informar acerca de materiales utilizados en cada proceso de la construcción y que luego de mucho tiempo se han descubierto perjudiciales al medio ambiente y dar a conocer algunos materiales alternativos, que mejoren la calidad de vida de las personas involucradas.

(RIVVA, 2014)

2.2.21. CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.

La actividad constructora comenzará a contribuir en el desarrollo sostenible cuando tome en cuenta las siguientes actitudes:

- Mejorar la eficiencia energética de las viviendas, esto permitirá disminuir las emisiones contaminantes. La domótica (concepto de vivienda que integra todos los automatismos en materia de seguridad, gestión de la energía, comunicaciones, etc.), se convertirá en una herramienta esencial.

- Introducir de manera progresiva, las energías renovables (solar, eólica) en las fuentes de producción energéticas. Su aplicación a la construcción de cada edificio precisa una valoración, pero en cualquier caso, las técnicas para su introducción ya están siendo desarrolladas.
- Controlar la buena gestión de los residuos que genera esta actividad es importante. La eliminación de productos peligrosos, el uso de eco etiquetas y el cierre del ciclo de vida de muchos de los materiales de construcción por medio del reciclaje, permitirá mejorar el balance ecológico de los edificios que se construyan.
- Atender la calidad de los ambientes interiores de los edificios, ligada al incremento de la calidad de vida de las personas, permitirá un ambiente más sano tanto para las personas como para el entorno. (CALAVERA, 2003)

2.3 MARCO CONCEPTUAL.

DEMOLICIÓN

La demolición es lo contrario de construcción: el derribe de edificios y otras estructuras. Para la mayoría de edificios, como las casas, que sólo tiene dos o tres plantas de altura, la demolición es un proceso más simple. El edificio es derribado bien manualmente o bien mecánicamente usando numeroso material hidráulico: plataformas de trabajo elevadas, grúas, excavadoras o topadoras.

MÁRGENES

La expresión margen hace referencia generalmente a la ribera o lado de un río o arroyo. Si nos imaginamos o encontramos en las inmediaciones de un río, mirando hacia donde fluye el río, es decir mirando aguas abajo, la margen lógicamente es la orilla que se encuentra al lado izquierdo o derecho. Es una circunstancia importante topográficamente, por lo cual es muy empleado en orientación geográfica.

PILOTES

Se denomina pilote a un elemento constructivo utilizado para cimentación de obras, que permite trasladar las cargas hasta un estrato resistente del suelo, cuando este se encuentra a una profundidad tal que hace inviable, técnica o económicamente, una cimentación más convencional mediante zapatas o losas. Tiene forma de columna colocada en vertical en el interior del terreno sobre la que se apoya el elemento que le trasmite las cargas (pilar, encepado y losa) y que trasmite la carga al terreno por rozamiento del fuste con el terreno, apoyando la punta en capas más resistentes o por ambos métodos a la vez.

ESTRATO

En Geología se llama estrato a cada una de las capas en que se presentan divididos los sedimentos, las rocas sedimentarias, las rocas piro clástico y las rocas metamórficas cuando esas capas se deben al proceso de sedimentación. La rama de la geología que estudia los estratos recibe el nombre de estratigrafía.

AGRIETAMIENTO Y FISURAMIENTO

Una grieta es una abertura larga y estrecha producto de la separación de dos materiales. En Las grietas de contracción son fisuras relativamente anchas respecto a su longitud, que se abren al contraerse el suelo o un elemento Su formación constituye un fenómeno característico de los suelos arcillosos que, al desecarse, forman una red poligonal de esas grietas de retracción. Ciertas capas del subsuelo conservan la huella de grietas que una vez abiertas se llenaron de arena, lo cual impidió que la humedad ulterior volviera a obturarlas.

EDÁFICA

La contaminación del suelo consiste en la acumulación de sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos. Las sustancias, a esos niveles de concentración, se vuelven

tóxicas para los organismos que viven en él. Se trata de una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de su productividad. Se habla de contaminación del suelo cuando se introducen sustancias o elementos de tipo sólido, líquido o gaseoso que ocasionan que se afecte la biota edáfica, las plantas, la vida animal y la salud humana.

SULFATOS

Los sulfatos son las sales o los ésteres del ácido sulfúrico. Contienen como unidad común un átomo de azufre en el centro de un tetraedro formado por cuatro átomos de oxígeno. Las sales de sulfato contienen el anión. La mayor parte de los sulfatos se genera a partir de una base y del ácido sulfúrico o por reacción del ácido sulfúrico con el metal esto puede generar trasplantes en el átomo de oxígeno.

CLORUROS

Los cloruros son compuestos que llevan un átomo de cloro en estado de oxidación formal. Por lo tanto corresponden al estado de oxidación más bajo de este elemento ya que tiene completado la capa de valencia con ocho electrones.

SILICATOS

Los silicatos son el grupo de minerales de mayor abundancia, pues constituyen más del 95% de la corteza terrestre, además del grupo de más importancia geológica por ser petrogénicos, es decir, los minerales que forman las rocas. Todos los silicatos están compuestos por silicio y oxígeno. Estos elementos pueden estar acompañados de otros entre los que destacan aluminio, hierro, magnesio o calcio.

LIXIVIACIÓN

La lixiviación, o extracción sólida a líquido, es un proceso en el que un disolvente líquido pasa a través de un sólido pulverizado para que se produzca la disolución de uno o más de los componentes solubles del sólido. La lixiviación química es un proceso por el cual se extrae uno o

varios solutos de un sólido, mediante la utilización de un disolvente líquido. Ambas fases entran en contacto íntimo y el soluto o los solutos pueden difundirse desde el sólido a la fase líquida, lo que produce una separación de los componentes

MICROSÍLICE

La Micro sílice es una adición mineral de sílice en polvo que actúa como una puzolana de última tecnología para producir concretos de alto desempeño sumamente resistentes y durables. El micro sílice es uno de los productos para el concreto más ampliamente usados en todo el mundo desde hace más de ochenta años. Sus propiedades han permitido obtener concretos de alta resistencia, impermeables a los ataques del agua y los agentes químicos, y contribuido a muchas de las edificaciones de concreto que vemos hoy en día.

INPREGNANTES

Son aditivos que tienen la función de proteger algún elemento de algunas sustancias dañinas a dicho elemento. Impregnante y protector para maderas nuevas de gran penetración, que no forma película. Formulado en base a resinas sintéticas, filtros solares, repelentes del agua y biácidos, para prevenir a la madera de los daños producidos por bio y foto degradación.

OBTURADORES

Los obturadores hidráulicos, no son más que trampas hidráulicas que se instalan en los desagües de los muebles sanitarios y coladera para evitar que los gases y malos olores producidos por la descomposición de las materias orgánicas, salgan al exterior precisamente por donde se usan los diferentes muebles sanitarios. Las partes interiores de los sifones, cespoles y obturadores en general no deben tener en su interior ni aristas ni rugosidades que puedan retener los diversos cuerpos extraños y residuos evacuados con las aguas ya usadas.

EPOXIS

Los epoxis se usan mucho en capas de impresión, tanto para proteger de la corrosión como para mejorar la adherencia de las posteriores capas de pintura. Las latas y contenedores metálicos se suelen revestir con epoxi para evitar que se oxiden, especialmente en alimentos ácidos, como el tomate. También se emplea en decoraciones de suelos de alta resistencia,

CAPITULO III

PROPUESTA TECNICA DE LA INVESTIGACION

3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN.

ENFOQUE	: Cuantitativo.
TIPO	: Causal.
CARÁCTER	: Cuasi Experimental.
NIVEL	: Explicativo
ÁREA	: Geotecnia –Construcciones.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.

3.2.1 POBLACIÓN.

El estudio se realizará en la Urbanización “los Incas” de la ciudad de Juliaca donde la construcción de viviendas está con defectos y deficiencias en sus cimentaciones, casi generalizada en las urbanizaciones marginales.

3.2.2 MUESTRA.

Se efectuará en las viviendas construidas a ambas riberas del río Torococha, donde se ha seleccionado (15) viviendas autoconstruidas, se ha detectado, suelos orgánicos de baja capacidad portante y son los que han originado daños en viviendas; estas se ubican dentro de la Urbanización “Los Incas”.

3.2.3 UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

El presente trabajo de investigación titulado: “EVALUACIÓN DE VIVIENDAS DE LOS MÁRGENES DEL RÍO TOROCOCHA”, se ejecutó en la Urbanización “Los Incas” de la ciudad de Juliaca.

Geográficamente el área de estudio se encuentra ubicado en la zona Nor-Oeste de la ciudad ya mencionada, aproximadamente a 3.00 Km del centro de la ciudad, a una altitud de 3825.00 m.s.n.m., cuyas coordenadas geográficas son (tal como se puede apreciar en la Carta Nacional (32V-PUNO, HOJA II-NW)

- Latitud Sur: 15°50'45"
- Longitud Oeste: 70°00'40"

La Ubicación Política es la siguiente:

- Distrito : Juliaca
- Provincia : San Román
- Departamento : Puno
- Región : Puno.

El ámbito del proyecto tiene las siguientes colindancias:

- Por el norte: Anexo Urb. Prolongación los Incas
- Por el Sur: Urbanización San Santiago
- Por el Este: Ampliación Urb. San Santiago
- Por el Oeste: Urbanización San Luis

3.2.4 NORMAS PARA LA EDIFICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO

- Lote Normativo mínimo: 160 m²
- Frente normativo mínimo: 8 m.
- Área libre: 30%
- Coeficiente de edificación: 2.10
- Altura de edificación: 2 pisos.

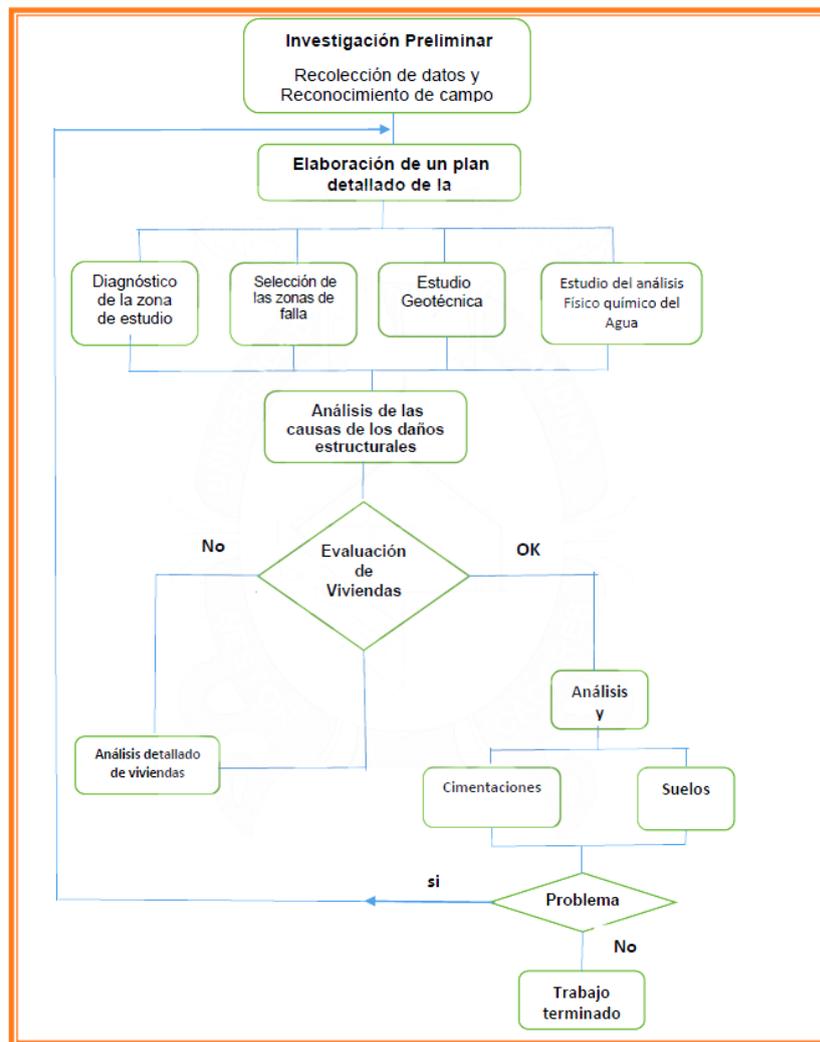
3.2.5. ORGANIZACIÓN DEL ESTUDIO.

Para determinar las causas de los daños estructurales que se originaron en las viviendas autoconstruidas en los márgenes del río Torococha, para diagnosticar y diseñar se recomienda realizar un estudio que incluye las siguientes etapas:

- Reconocimiento e identificación del sitio.
- Seleccionar viviendas para el estudio.

- Estudio de las características superficiales del sitio que permitan la caracterización topográfica y geotécnica
- Investigación de campo que incluye sondeos, toma de muestras, y ensayos in situ para cuantificar los parámetros del suelo.
- Investigación de Laboratorio

Figura III.1: Diagrama de flujo para la investigación y análisis de asentamientos en viviendas



FUENTE: Elaboración Propia

3.3 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.

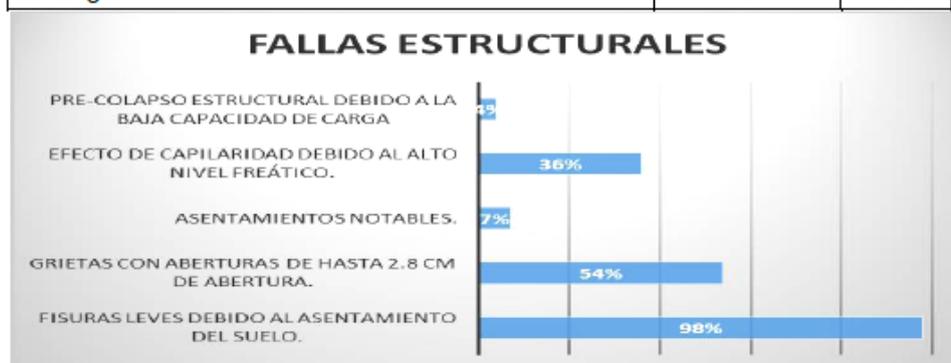
3.3.1 FICHA DE EVALUACIÓN.

Para el desarrollo del presente trabajo se efectuó un diagnóstico preliminar mediante una ficha de evaluación, donde se evaluó como 28 viviendas en ambos márgenes del río Torococha en lo cual se considerará el estudio en quince (15) viviendas:

- Como primer dato, nombre de propietario y ubicación de las viviendas.
- Datos de las construcciones de viviendas, con que material fue construido, números de niveles año de construcción.
- En la construcción de viviendas intervino algún profesional técnico.
- En las zonas evaluadas presentan algún daño en la construcción se ha en cimientos muros columnas y losas.
- Los cimientos o sobre cimientos están en contacto con el río torococha

Cuadro III.2: Características de asentamientos, agrietamiento y fisuramiento en cimentaciones y muros de viviendas seleccionadas

FALLAS ESTRUCTURALES	N° DE VIVIENDAS	%
Fisuras leves debido al asentamiento del suelo.	27	98%
Grietas con aberturas de hasta 2.8 cm de abertura.	15	54%
Asentamientos Notables.	2	7%
Efecto de capilaridad debido al alto nivel freático.	10	36%
Pre-colapso estructural debido a la baja capacidad de carga.	1	4%



FUENTE: Elaboración Propia

3.3.2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.

Para el desarrollo del presente trabajo, se consideró el estudio en quince (15) viviendas, cuya selección se ha efectuado, en ambos márgenes del río Torococha, específicamente en la Urbanización “Los Incas”.

En estas viviendas se analizó lo siguiente:

- Evaluación de daños estructurales, en las cimentaciones de las viviendas seleccionadas.
- Establecer la capacidad de carga de los suelos de cimentación.
- Establecer las causas de la corta durabilidad de las cimentaciones de viviendas seleccionadas.

3.3.3 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.

Con la finalidad de establecer los daños en cimentaciones, de viviendas seleccionadas en la Urbanización “Los Incas” se tomó los criterios siguientes:

- Selección de viviendas mediante una ficha de evaluación, por manzanas y lotes.
- Las viviendas seleccionadas, sufrían de asentamientos que originaron grietas y fisuras.
- Se estimó las posibles causas del asentamiento.
- Se describió las características de grietas y fisuras.

3.3.4 PARA EL ANÁLISIS DE LA HUMEDAD GENERALIZADA EN VIVIENDAS SELECCIONADAS.

Para esto las técnicas de investigación consideradas están en:

- Efectuar un inventario de ataques de humedad permanente en las viviendas seleccionadas:

- Se ha efectuado la medición, superficial, altura de humedad originada por el fenómeno de ascensión capilar de aguas subterráneas.
- La ascensión capilar de aguas subterráneas.
- La ascensión capilar que se registró esta en los muros y columnas de viviendas.

3.3.5 VERIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE CIMENTACIONES DAÑADAS.

Considerando la selección de viviendas se ha efectuado, una verificación de:

- Tipos de zapatas.
- Dimensiones de zapatas.
- Dimensiones de columnas.
- Profundidad de cimentación.
- Tipo de material de construcción.

3.3.6 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE SUELOS DE CIMENTACIÓN.

Para ello, después de la selección de viviendas en el Jr. Azángaro, Jr. Pachacútec, Jr. Jardín del Altiplano y Jr. Ccacachi; se efectuarán los siguientes ensayos de laboratorio.

- Análisis granulométrico, a profundidad en los fisones referidos, para determinar, el diámetro efectivo (D10), coeficiente de curvatura (Cc) y coeficiente de uniformidad (Cu).
- Determinación de los límites de consistencia, siendo estos: límite líquido (LL), límite plástico (LP) e índice de plasticidad (Ip); a fin de establecer el grado de comprensibilidad de suelos.
- Clasificación de suelos, empleando el sistema SUCS, a fin de tener seguridad de tipo de suelos en la cota de cimentación.
- Compactación de suelos, con el empleo de proctor, modificado, a fin de tener la densidad seca máxima y el coeficiente óptimo de humedad.

3.3.7 CARACTERÍSTICAS DE CAPACIDAD DE CARGA EN SUELOS DE CIMENTACIÓN.

Para ello, se ha seleccionado, cuatro (4) lugares adecuados, que reflejen la capacidad de carga de los suelos, para ello se ha seleccionado el ensayo de Corte Directo; en este lugar se ha efectuado lo siguiente:

- Análisis granulométrico de suelos.
- Límites de consistencia de suelos.
- Clasificación de suelos.

3.3.8 CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO DE CIMENTACIÓN.

Se ha indicado, que se ha seleccionado en cuatro lugares estratégicos; para lo que se determinó lo siguiente en cada punto:

- Ensayo de análisis granulométrico.
- Ensayo de límites de consistencia.
- Clasificación de suelos.
- Compactación.
- Verificación de la densidad.
- Determinación de las características del espécimen.
- Determinación de la cohesión (C) y el ángulo de fricción (ϕ).
- Determinación los factores N_c , N_q y N_γ .
- Determinación capacidad última (q_u)
- Determinación de la capacidad admisible (q_{adm})

3.3.9 CONTAMINACIÓN FÍSICO QUÍMICO EN AGUA Y SUELOS EN CIMENTACIONES.

Para ello se ha recorrido a la obtención de seis (6) muestras de agua 4 en la calicata correspondiente, para su análisis físico químico; a fin de establecer el nivel de contaminación sobre todo en lo que respecta a sulfatos y cloruros, que son los que atacan al concreto de las cimentaciones.

Se realizarán las siguientes pruebas:

- Cantidades del Ph.
- Sabor, olor, color, turbiedad y temperatura.
- Solidos totales, solidos suspendidos, alcalinidad.
- Cloruros totales, cloruro de sodio, sulfatos, hierros totales.

Finalmente se manifiesta, que los ensayos de laboratorio se han efectuado de acuerdo a las normas del ASTM, fundamentalmente el agua por NTP.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE SUELOS EN LA URBANIZACIÓN “LOS INCAS” MÁRGENES DEL RÍO TOROCOCHA DE JULIACA.

Como en cualquier programa de investigación, el planeamiento de la investigación del subsuelo es un paso necesario para el aprovechamiento racional de los recursos y técnicas disponibles. Se busca un desarrollo sin tropiezos del programa de actividades y que la información obtenida sea pertinente para satisfacer los propósitos fijados. Las investigaciones del sitio previas al proyecto y diseño de las obras casi siempre incluyen la ejecución de programas más o menos extensos de investigación del subsuelo. Estos programas pueden comprender desde un simple examen de los suelos superficiales, a veces acompañados de unos pocos apiques de pequeña profundidad, ¡hasta estudios detallados del suelo y de las condiciones del agua subterránea que incluyen perforaciones profundas, muestreos tecnificados, ensayos de laboratorio y la determinación in situ de las características de! Suelo investigado.

4.1.1 INVESTIGACIÓN DE CAMPO.

Los trabajos de campo se realizaron a cielo abierto. Debido a la uniformidad de los materiales se excavaron una (04) calicatas de 2 m² de área. La finalidad de estas labores fue de investigar el subsuelo de cimentación que recibirá las cargas de la estructura a construirse. De las calicatas se obtuvo muestras según los estratos presentes para realizar los ensayos y análisis correspondientes. Paralelamente al muestreo se realizaron los registros de exploración, en los que se indica las diferentes características de los estratos subyacentes, tales como tipo de suelo, espesor del estrato, color, humedad, consistencia, etc. Las excavaciones alcanzaron las siguientes profundidades:

Cuadro IV.1: Ubicación de calicatas excavadas a tajo abierto

VIVIENDAS SELECCIONADAS	N° CALICATA	PROFUNDIDADES
Jr. Jardín del altiplano Mz. "D" Lote "3"	1	1.45
Jr. Cacachi Mz " A" Lote "3"	2	1.50
Jr. Azangaro Mz " G" Lote "15"	3	1.45
Jr.Pachacutec Mz " I" Lote "6"	4	1.50

Fuente: Elaboración Propia

4.2. ENSAYOS DE LABORATORIO.

Las muestras obtenidas de las calicatas clasificadas como representativas fueron remitidas al laboratorio con el objeto de identificación y posterior clasificación según sus propiedades físicas y mecánicas según los ensayos especiales requeridos.

4.2.1 ENSAYOS ESTÁNDAR

Los ensayos de laboratorio siguientes se han realizado según lo estipulado por las normas ASTM siguientes:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-421
- Contenido de humedad ASTM D – 2216
- Límites de Atterberg (LL, LP) ASTM D-423, D-424
- Densidad Máxima ASTM D -4253
- Densidad Mínima ASTM D – 4254
- Proctor Moficado tipo C ASTM D 1557 – 91
- Corte directo ASTM D-3080

4.2.2 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS.

Los perfiles geológicos y la determinación de las propiedades de los estratos se han determinado de acuerdo a las investigaciones de campo, es decir exploraciones y a partir de la descripción visual-manual (ASTM D 2488), de esto se puede concluir que por lo observado según las exploraciones practicadas en el lugar de emplazamiento los depósitos de

materiales granulares de origen aluvial conformados por gravillas, arenas gruesas a finas, y limos de baja plasticidad los cuales presentan uniformidad en el área de proyecto en cuanto a los materiales presentes.

Cuadro IV.2: Detalle de estratos por calicata

CALICATA N°	MUESTRA N°	Profundidades	L.L	L.P	I.P	CLASIFICACION SUC
CALICATA 1	M - 1	0.55 - 0.67	30.68	23.56	7.12	ML
	M - 2	0.67 - 1.20	36.98	26.23	10.75	ML
	M - 3	1.20 - 1.45	36.63	25.01	11.61	ML
CALICATA 2	M - 1	0.50-0.67	22.77	17.45	5.32	ML
	M - 2	0.67-1.10	19.83	18.65	1.18	ML
	M - 3	1.10-1.50	20.45	19.40	7.2	ML

FUENTE: Elaboración Propia

4.2.3 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATIGRAFÍA.

Como se indica en el párrafo anterior la estratigrafía que presenta el subsuelo es uniforme.

CALICATA 1:

- a) De 0.00m a 0.55m.: Material de relleno
- b) De 0.55m a 0.67m.: Estrato de material limoso de color marrón oscuro de origen residual, compuesto por arcillas de baja plasticidad. En general el estrato se encuentra en estado semicompacto y presenta humedad moderada.
- c) De 0.67m a 1.20m.: Estrato de material limo arenoso de color marrón claro, compuesto por gravillas, arenas y limos de baja plasticidad. En general el estrato se encuentra en estado semicompacto y presenta humedad alta a saturada.
- d) De 1.20 a 1.50m: Estrato de material arenoso limoso totalmente saturado

e) En el nivel de excavación -1. 10m.se determinó presencia de nivel freático.

4.2.4 CÁLCULO Y ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA

De acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones se ha analizado la capacidad portante según el tipo de suelo presente en el sitio. La Capacidad Portante Admisibile se ha determinado en función de las características físico-mecánicas del suelo de fundación. Capacidad Portante Según Terzaghi Se han realizado los cálculos tomando en cuenta la fórmula generalizada de Terzaghi y Peck, donde se incluyen las correcciones de forma y profundidad dadas por Vesic, se tiene:

$$q_{ult} = q \cdot S_q \cdot i_q \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot S_y \cdot i_y \cdot \gamma \cdot B \cdot N_y + S_c \cdot i_c \cdot c \cdot N_c$$

Dónde:

q_{ult} : Capacidad de Carga Ultima (tn/m²)

q_{adm} : Capacidad de Carga Admisibile (kg/cm²)

F.S. : Factor de Seguridad Capacidad Portante

γ : Peso Volumétrico (Peso sumergido si hay N.F., tn/m³)

B : Ancho de Zapata o Cimiento corrido (m)

L : Largo de Zapata (m)

D_f : Profundidad de Desplante (m)

N_q, N_c, N_y : Factores de Capacidad Portante

c : Cohesión (tn/m²)

S_q, S_c, S_y : Factores de Forma

i_q, i_c, i_y : Factores de Inclinación

ϕ :Angulo de Fricción Interna (°)

q :Esfuerzos efectivos al Prof. D_f (tn/m³)

4.2.5 CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE SUELOS DE VÍAS SELECCIONADAS DE LA URBANIZACIÓN “LOS INCAS” DE JULIACA.

Para tal efecto se ha efectuado la obtención de muestras a una profundidad de 0.60 mt. De profundidad; cuyos resultados se detallan a continuación; con aplicación de la norma ASTM D-422.

Cuadro IV.3: Características granulométricas de suelos de vías seleccionadas de la Urbanización “Los Incas” de Juliaca

N° de Calicata	VÍA	Muestra Profund. Calic.	CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS		
			D ₁₀	C _c	C _u
1	Jr. Jardín del Alt.	0.70	38.00	—	—
2	Jr. Ccacachi	0.60	23.00	—	—
3	Jr. Azangaro	0.60	23.00	—	—
4	Jr Pachacutec	0.65	45.00	—	—

FUENTE: Ensayo de laboratorio de suelos.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

- Los suelos obtenidos, se ha efectuado indistintamente, en las vías principales.
- Los suelos extraídos, corresponden a suelos finos, por lo que no es posible el cálculo del coeficiente de curvatura (Cc) y el coeficiente de uniformidad (Cu)

4.2.6 CARACTERÍSTICAS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA DE SUELOS

Para tal efecto, se ha empleado los mismos suelos extraídos para el análisis granulométrico, siendo sus resultados los siguientes, con aplicación de la norma ASTM D-2216 y MTC E-108.

Cuadro IV.4: Características de los límites de consistencia de suelos de vías seleccionadas de la Urbanización “Los Incas” De Juliaca

N° de calicata	VÍAS	Muestra Profund. Calic.	LÍMITES DE CONSISTENCIA		
			LL (w%)	LP (w%)	Ip (w%)
1	Jr. Jardín del Alt.	0.00 - 0.70	30.70	23.56	7.12
2	Jr. Ccacachi	0.00 - 0.60	33.55	24.10	9.40
3	Jr. Azangaro	0.00 - 0.60	32.10	21.50	10.6
4	Jr Pachacutec	0.00 - 0.65	33.50	23.10	12.5

FUENTE: Ensayo de laboratorio de suelos

INTERPRETACION DE RESULTADOS.

- Rangos de (Ip) aceptable es 22 máximo, los resultados como es de esperar corresponden a un índice de plasticidad (Ip) muy alto, característica de suelos finos. Suelos muy pobres.

4.2.7 CARACTERÍSTICAS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LAS VÍAS SELECCIONADAS DE LA URBANIZACIÓN LOS INCAS” DE JULIACA.

Para ello, se ha empleado los suelos extraídos de las vías seleccionadas y preparadas de acuerdo de la norma ASTM D-427, obteniéndose los resultados siguientes:

Cuadro IV.5: Características de clasificación de suelos de vías seleccionadas en la Urbanización “Los Incas” De Juliaca

N° de calicata	VÍA	Muestra Profund. Calic.	SUCS
1	Jr. Jardín del Alt.	0.70	ML
2	Jr. Ccacachi	0.60	ML
3	Jr. Azangaro	0.60	ML
4	Jr Pachacutec	0.65	ML

FUENTE: Ensayo de laboratorio de suelos.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Los resultados es un suelo inorgánico ML, característica de suelos finos, baja plasticidad suelos muy pobres.

4.2.8 CARACTERÍSTICAS DE DENSIDAD SECA DE SUELOS DE VÍAS SELECCIONADAS DE LA URBANIZACIÓN “LOS INCAS” DE JULIACA

Para ello se ha empleado los suelos extraído de las vías seleccionadas y preparadas de acuerdo a la norma ASTM D-1557-91, obteniéndose los resultados siguientes:

Cuadro IV.6: Características de la densidad seca de las vías seleccionadas de la Urbanización “Los Incas” De Juliaca

N° de calicata	VÍA	Prof. De la extracción De Muestra	COMPACTACION	
			Ds (gr/cm ³)	COA (w%)
1	Jr. Jardín del Alt.	0.70	1.60	14.10
2	Jr. Ccacachi	0.60	1.63	16.30
3	Jr. Azangaro	0.70	1.60	14.10
4	Jr Pachacutec	0.65	1.45	17.30

FUENTE: Ensayo de laboratorio de suelos

INTERPRETACION DE RESULTADOS

- La compactación se efectuó, con el proctor modificado.
- La densidad seca alcanzadas que están entre 1.45 gr/cm³ y 1.63 gr/cm³, son bajas y corresponde a suelos de poca resistencia.

4.3 CARACTERÍSTICAS DE CAPACIDAD DE CARGA EN SUELOS DE CIMENTACIÓN EN VIVIENDAS SELECCIONADAS.

Para ello se ha efectuado el ensayo de Corte Directo en cuatro puntos críticos de la urbanización “Los Incas” de Juliaca; de los que se ha determinado, los ensayos siguientes:

- Análisis granulométrico de suelos.

- Límites de consistencia de suelos.
- Clasificación de suelos.

4.3.1 VERIFICACIÓN DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO EN SUELOS EN CALICATAS A DIFERENTES PROFUNDIDADES PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO.

En la calicata N° 1 se alcanzó los resultados siguientes:

Cuadro IV.7: Resultados de análisis granulométrico en suelos a diferentes profundidades

n°	calicata	profundidad (m)	análisis granulométrico		
			D ₁₀	C _c	C _u
1	N° 1	0.55 – 0.67	---	---	---
2	N° 1	0.67 – 1.20	---	---	---
3	N° 1	1.20 – 1.45	---	---	---
4	N° 1	1.45	---	---	---

FUENTE: Ensayo de laboratorio de suelos.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- Por ser los suelos extremadamente finos, no se pudo determinar el diámetro efectivo (D₁₀), coeficiente de curvatura (C_c), ni el coeficiente de uniformidad (C_u)

4.3.2 VERIFICACIÓN DE LÍMITES DE CONSISTENCIA EN SUELOS DE CALICATAS A DIFERENTES PROFUNDIDADES PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO.

En la calicata N° 1 se alcanzó los resultados siguientes:

Cuadro IV.8: Resultado de límites de consistencia en suelos a diferentes profundidades

N°	CALICATA	PROFUN. (m)	LÍMITES DE CONSISTENCIA		
			LL (w%)	LP (w%)	Ip (w%)
1	N° 1	0.55 – 0.67	30.68	23.56	7.12
2	N° 1	0.67 – 1.20	36.98	26.23	10.75
3	N° 1	1.20 – 1.45	36.63	25.01	11.61
4	N° 1	1.45	37.32	22.88	14.44

FUENTE: Ensayo de laboratorio de suelos.

INTERPRETACION DE RESULTADOS.

- Los valores LL, LP e Ip son muy altos, que corresponde a suelos de mediana comprensibilidad, no recomendable para suelos de cimentaciones.

4.3.3 VERIFICACIÓN DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS A DIFERENTES PROFUNDADES PARA EL ENSAYO DE CORTE DIRECTO.

En la calicata N° 1 se alcanzó los resultados siguientes:

Cuadro IV.9: Resultado De Clasificación De Suelos a Diferentes Profundidades

N°	CALICATA	PROF. (m)	SUCC
1	N° 1	0.55 – 0.67	ML
2	N° 1	0.67 – 1.20	ML
3	N° 1	1.20 – 1.45	ML
4	N° 1	1.45	CL

FUENTE: Ensayo de laboratorio – laboratorio suelos.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

Los suelos son MI y CI suelos finos y arcillosos de baja plasticidad.

4.3.4 VERIFICACIÓN DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, LÍMITES DE CONSISTENCIA, CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y COMPACTACIÓN EN COTA DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CALICATA N° 1.

En la calicata N° 1 se alcanzó los resultados siguientes:

Cuadro IV.10: Resultados de análisis granulométrico, límites de consistencia, clasificación de suelos y compactación en cota de ensayo de corte directo en calicata n° 1

N°	CALICATA	PROF (m)	GRANULOMETRICO			LIMITES			SUCS	COMPACT	
			D ₁₀	C _u	C _u	LL (w%)	LP (w%)	Ip (w%)		DS (gr/cm ³)	COA (w%)
1	N° 1	1.45	—	—	—	20.34	NP	NP	SW-SM	2.078	10.02

FUENTE: Ensayo de laboratorio – laboratorio suelos.

4.4 VERIFICACIÓN DE COMPACTACIÓN NATURAL EN COTA DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CALICATA N° 1.

En la calicata N1° se alcanzó los resultados siguientes:

Cuadro IV.11: Resultados de compactación natural en suelos de cota de ensayo de corte directo

N°	Calicata	Prof (m)	Dens. Hum. (gr/cm ³)	Dens. Seca (gr/cm ³)	Compactación (%)
1	N° 1	1.45	2.03	1.92	89.51

FUENTE: Ensayo de laboratorio de suelos.

INTERPRETACION DE RESULTADO.

- Los suelos naturales, en la cota de ensayo del corte directo, solamente alcanzo 89.51 %, es decir que la compactación natural no fue significativa.

4.5 VERIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE ESPECÍMEN PARA ENSAYO CORTE DIRECTO EN CALICATA N° 1.

El ensayo efectuado, se realizó tomando en cuenta, las siguientes características, como datos del espécimen:

Cuadro IV.12: Características del espécimen

DATO DE ESPECÍMEN	ESPEC 1		ESPEC 2		ESPEC 3	
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
Altura (cm)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ÁREA (cm ²)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Densidad seca (gr/cm ³)	1.58	1.58	1.57	1.57	1.59	1.59
Humedad (w %)	21.09	27.95	22.64	25.12	22.98	23.48
Esfuerzo normal (kg/cm ²)	1.00	1.00	2.00	2.00	3.00	3.00

FUENTE: Ensayo de laboratorio de suelos.

- Las muestras tomadas se pueden apreciar, en el ensayo de corte directo el esfuerzo normal requerido esta entre 1.00 a 3.00. de cada Espécimen.

4.6 DETERMINACIÓN DE LA COHESIÓN, ÁNGULO DE FRICCIÓN Y CAPACIDADES DE CARGA DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CALICATA N° 1

Los resultados alcanzados se muestran a continuación:

CUADRO IV.13: Resultado de cohesión, ángulo de fricción y capacidad de carga en calicata n° 1

CALICATA	SUCS	COHESIÓN (c)	ANG. FRE ϕ	FACTORES			ANCHO CIMENT. (m)	PROFUN (m)	q_u (Tn/m ²)	q adm. (kg/cm ²)
				Nc	Nq	N γ				
N° 1	CL	0.28	23.39	18.05	8.66	8.2	2	1.00	30.62	0.52
N° 1	CL	0.28	23.39	18.05	8.66	4.07	2	1.45	31.55	0.55

FUENTE: Ensayo de laboratorio de suelos

INTERPRETACIÓN DE RESULTADO.

- En la calicata N° 1 se puede apreciar la carga admisible muy bajo y el ancho de cimentación 2 metros.

4.7 VERIFICACIÓN DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, LÍMITES DE CONSISTENCIA, CLASIFICACIÓN DE SUELOS Y COMPACTACIÓN EN COTA DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CALICATA N° 2.

En la calicata N° 2 Se alcanzó los resultados siguientes:

Cuadro IV.14: Resultados de análisis granulométrico, límites de consistencia, clasificación de suelos y compactación en cota de ensayo de corte directo en calicata n° 2

N°	CALICATA	PROF (m)	GRANULOMETRICO			LIMITES			SUCS	COMPACT	
			D ₁₀	C _u	C _u	LL (w%)	LP (w%)	I _p (w%)		DS (gr/cm ³)	COA (w%)
1	N° 2	1.50	—	—	—	24.4	18.28	6.46	SM-SC	2.043	9.41

FUENTE: Ensayo de laboratorio de suelos.

INTERPRETACION DE RESULTADO.

- Es un suelo SM – SC.

4.8 VERIFICACIÓN DE COMPACTACIÓN NATURAL EN COTA DE ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CALICATA N° 2.

En la calicata N° 2 se alcanzó los resultados siguientes:

Cuadro IV.15: Resultados de compactación natural en suelos de cota de ensayo de corte directo

Nº	CALICATA	PROF. (m)	DENS. HUM. (gr/cm ³)	DENS. SECA (gr/cm ³)	COMPACTACIÓN (%)
1	Nº 2	1.50	1.79	1.61	76.36

FUENTE: Ensayo de laboratorio de suelos.

INTERPRETACION DE RESULTADO.

- Los suelos naturales, en la cota de ensayo del corte directo, solamente alcanzo 76.36 %, es decir que la compactación natural no fue significativa.

4.9 VERIFICACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE ESPECÍMEN PARA ENSAYO CORTE DIRECTO EN CALICATA Nº 2.

El ensayo efectuado, se realizó tomando en cuenta, las siguientes características, como datos del espécimen:

Cuadro IV.16: Características Del Espécimen

DATO DE ESPECÍMEN	ESPEC 1		ESPEC 2		ESPEC 3	
	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
Altura (cm)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
ÁREA (cm ²)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Densidad seca (gr/cm ³)	1.49	1.49	1.51	1.51	1.48	1.48
Humedad (w %)	31.81	40.96	33.05	35.09	30.98	32.72
Esfuerzo normal (kg/cm ²)	1.00	1.00	2.00	2.00	3.00	3.00

FUENTE: Ensayo de laboratorio de suelos.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADO.

- Las muestras tomadas se pueden apreciar, en el ensayo del corte directo el esfuerzo requerido esta entre 1.00 a 3.00. de cada Espécimen.

4.10 DETERMINACIÓN DE LA COHESIÓN, ÁNGULO DE FRICCIÓN Y CAPACIDADES DE CARGA DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO EN CALICATA N° 2.

Los resultados alcanzados se muestran a continuación:

Cuadro IV.17: Resultado de cohesión, ángulo de fricción y capacidad de carga en la calicata n° 2

CALICATA	SUCS	COHESIÓN (c)	ANG. FRE ϕ	FACTORES			ANCHO CIMENT. (m)	PROFUN (m)	q_u (Tn/m ²)	q adm. (kg/cm ²)
				Nc	Nq	N γ				
N° 2	ML	0.216	19.66	14.83	6.1	5.39	2	1.00	19.68	0.66
N° 2	ML	0.216	19.66	14.83	6.1	4.07	2	1.50	22.65	0.75

FUENTE: Ensayo de laboratorio de suelos.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADO.

- En la calicata N° 2 se puede apreciar la carga admisible muy bajo y el ancho de cimentación 2 metros.

4.11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.11.1 ANÁLISIS DE LAS CIMENTACIONES EN LA URBANIZACIÓN “LOS INCAS” MÁRGENES DEL RÍO TOROCOCHA DE JULIACA.

Como se dijo, el comportamiento del terreno o suelo portante frecuentemente controla el de la fundación. Todos los terrenos portantes, excepto los mantos excepcionalmente duros o compactos, o los rocosos de excelente calidad, son compresibles, es decir, susceptibles a sufrir bajo la acción de las cargas que se les aplican deformaciones apreciables. Estas deformaciones deben ser tales que, durante la construcción de una obra, o al producirse la aplicación de las sobrecargas de servicio, los asentamientos o desnivelaciones del soporte que se produzcan no sean de magnitud nociva a la estabilidad de la obra ni puedan deteriorar su utilidad.

Los terrenos de fundación se componen a veces de capas heterogéneas que pueden dar lugar a asentamientos diferenciales, igualmente nocivos. Estas capas están a veces inclinadas, circunstancia que puede originar deslizamientos del terreno bajo la acción de las cargas impuestas por la obra. El agua del terreno incide de muchas maneras en el comportamiento de las fundaciones. Por ejemplo, puede generar subpresiones que requieren consideración en el cálculo de la estabilidad de la obra. La acción erosiva de corrientes de agua puede desestabilizar los mantos portantes.

Para que una fundación funcione satisfactoriamente bajo la acción desfavorable de combinaciones de las condiciones descritas, es necesario, después de determinar un tipo adecuado, seleccionar un nivel estudiado de la base de la fundación o, aun, buscar un manto portante competente. No debe olvidarse, sin embargo, que la profundización de la fundación hace más delicados los procesos constructivos y su proyecto, y pueden resultar particularmente difíciles si se encuentran capas acuíferas subterráneas o suelos inestables bajo el nivel freático. En forma consecuente, aumentarán los costos y plazos de ejecución. Las obras de fundación son aún más difíciles cuando se requiere ejecutada bajo el nivel de cuerpos de agua (ríos, lagos o mares). El estudio de los procedimientos de construcción en cada caso requiere buscar una solución satisfactoria desde el punto de vista técnico, pero de costo admisible, lo que puede llegar a ser complejo y delicado.

4.11.2. CONCEPTUALIZACIÓN DE LOS TIPOS DE CIMENTACIÓN EN LA URBANIZACIÓN “LOS INCAS” MÁRGENES DEL RÍO TOROCOCHA DE JULIACA.

El terreno portante puede concebirse como la capa o conjunto de capas del suelo subyacente que reciben en forma primordial la acción de las cargas de la estructura por medio de los cimientos. Su correcta selección es un requisito primario para lograr un satisfactorio comportamiento de la fundación, y su ubicación en profundidad es controlante de su funcionamiento y diseño. Los conceptos aquí tratados son útiles en la fase

de búsqueda de soluciones de fundación y su predimensionamiento. La selección final y el diseño requieren el uso de métodos analíticos tratados anteriormente dedicados a la capacidad portante y los asentamientos de las fundaciones.

Es necesario considerar, la posición del terreno portante, clasificar las fundaciones en superficiales, compensadas y profundas. Esta clasificación aplicada en la práctica puede resultar convencional, debido a que los criterios de diferenciación no pueden hacerse lo suficientemente precisos y generales como para que no se presenten casos ambiguos. Es natural que no sea factible definir una frontera estricta de delimitación.

CIMENTACIONES SUPERFICIALES.

Cuando el terreno o manto portante se encuentra a una profundidad relativamente limitada, es con frecuencia factible llegar a él por medio de una excavación a cielo abierto y soportar directamente la estructura a ese nivel usando una fundación superficial.

A no ser que medien dificultades especiales para excavar, se considera como profundidad límite aquella que no exceda de dos a tres veces el ancho del cimiento.

Los tipos más ampliamente utilizados de las fundaciones superficiales son:

- Cimientos aislados.
- Cimientos combinados.
- Cimientos conectados.
- Placas corridas.

a. Cimientos aislados.

Son los elementos de soporte de las columnas. De acuerdo con las necesidades se diseñan con formas geométricas sencillas y simétricas; entre ellas, la cuadrada es la más simple y preferible.

b. Cimientos combinados.

Se requiere a veces proyectar cimientos combinados o compuestos, en los que los diversos elementos de forma geométrica simple se combinan según las necesidades de la obra y de acuerdo con el criterio del ingeniero, para aprovechar el suelo en la mejor forma posible. La consideración de los factores estructurales y las características del terreno, propios de cada problema en un sitio dado, permite llegar a las alternativas técnica y económicamente más ventajosas.

c. Placas corridas de fundación.

Consisten en una estructura única de fundación de tipo placa, para todos los elementos de soporte de una estructura. Pueden llegar a ocupar superficies iguales o aún mayores que la proyección horizontal de la superestructura, y conformar verdaderas infraestructuras continuas de fundación. Suelen recibir nombres tales como losas de fundación, placas corridas o plateas. Son apropiadas para controlar asentamientos diferenciales en muy variadas situaciones de carga, disposición estructural y condiciones del suelo portante. En la selección y el diseño de las fundaciones.

4.11.3. CARACTERÍSTICAS DE DAÑOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS SELECCIONADAS DE LA URBANIZACIÓN “LOS INCAS” DE JULIACA.

Para tal efecto se ha realizado la selección de viviendas mediante la ficha de evaluación donde los daños en cimentaciones son muy notorios y significativos; lo que se muestra a continuación en el cuadro respectivo:

Cuadro IV.18: Características de asentamientos, agrietamiento y fisuramiento en cimentaciones y muros de viviendas seleccionadas de la Urbanización “Los Incas” De Juliaca

N°	Vía de viviendas	MZ	LOTE	AGRIETAMIENTO			FISURAMIENTO			CAUSA
				LONG (cm)	ANCHO (cm)	DIRECC	LONG (cm)	ANCHO (mm)	DIRECC	
1	Jr. Juan Velazco	R	4	120	2.80	Vert.	0.80	3	Vert.	Asentam.
2	Jr. Pumacahua	P	13	80	2.00	Vert.	1.20	5	Vert.	Asentam.
3	Jr. Pumacahua	P	15	157	0.90	Vert.	1.10	4	Vert.	Asentam.
4	Jr. Pumacahua	P	16	110	1.20	Diag.	1.05	2	Vert.	Asentam.
5	Jr. Azangaro	H	15	89	2.10	Vert.	0.98	4	Diag.	Asentam.
6	Jr. Azangaro	H	16	70	1.80	Vert.	1.16	3	Diag.	Asentam.
7	Jr. Azangaro	G	15	65	1.60	Vert.	1.50	3	Vert.	Asentam.
8	Jr. Azangaro	G	16	70	1.30	Vert.	0.97	2	Vert.	Asentam.
9	Jr. Pumacahua	A	1	81	1.10	Diag.	0.80	4	Vert.	Asentam.
10	Jr. Pumacahua	A	8	57	0.90	Diag.	0.70	4	Diag.	Asentam.
11	Jr. Altiplano	D	8	68	0.70	Vert.	0.85	3	Diag.	Asentam.
12	Jr. Altiplano	D	9	43	0.65	Vert.	0.73	3	Vert.	Asentam.
13	Jr. Altiplano	D	11	83	0.47	Vert.	0.65	2	Vert.	Asentam.
14	Jr. Altiplano	D	12	91	1.10	Vert.	0.92	2	Vert.	Asentam.
15	Jr. Altiplano	D	8	64	0.95	Diag	0.85	2	Vert.	Asentam.

FUENTE: Verificación de campo – Elaboración propia

ANÁLISIS DE LA VERIFICACIÓN.

- En la vivienda del Jr. Juan Velasco Mz. R Lot.4 se puede observar mayor agrietamiento que las demás viviendas, en el Jr. Pumacahua Mz. P Lt. 13 muestra mayor fisuramiento que las demás viviendas por causa de asentamientos.
- Las grietas y fisuras aparecen desde el terreno de cimentación.
- Por lo que concluye que estos se originen por asentamiento diferencia de columnas y muros con cimientos y sobrecimientos.
- Por lo general las grietas se manifiestan en la unión del muro y la columna.
- Puede manifestarse, mal diseño de cimentaciones, porque solo se han considerado zapatas aisladas de ancho promedio de 1.00x 1.00; de forma cuadrada.

4.11.4. ANÁLISIS DE HUMEDAD GENERALIZADA EN VIVIENDAS SELECCIONADAS DE LA URBANIZACIÓN “LOS INCAS”.

Una de las características de la urbanización “Los Incas”, es que este está dividido por el río Torococha; que hace su recorrido por inmediaciones de la urbanización; esta particularidad hace que en la humedad en tiempo de lluvias es mayor en los ambientes del primer piso situación que es notoria en los muros.

Esta humedad, se origina, con toda seguridad por la acción de ascensión capilar; lo que es originado por las aguas del río Torococha y el predominio de material fino y rellenos mal compactados, ambos de ascensión capilar se detallan en el cuadro siguiente:

Cuadro IV.19: Características de la ascensión capilar en interior de ambientes del primer nivel de viviendas seleccionadas en la Urbanización “Los Incas” de Juliaca

N°	VÍA	MZ	LOTE	COLUMNAS	MURAL	CAUSAS
				ALTURA (cm)	ALTURA (cm)	
1	Jr. Pumacahua	P	8	25	35	Asc. Cap.
2	Jr. Pumacahua	P	9	35	40	Asc. Cap.
3	Jr. Pumacahua	P	10	15	20	Asc. Cap.
4	Jr. Pumacahua	P	11	30	25	Asc. Cap.
5	Jr. Pumacahua	P	12	20	25	Asc. Cap.
6	Jr. Pumacahua	P	13	25	30	Asc. Cap.
7	Jr. Pumacahua	R	4	27	32	Asc. Cap.
8	Jr. Pumacahua	R	3	25	31	Asc. Cap.
9	Jr. Jardin del Alt.	A	1	23	28	Asc. Cap.
10	Jr. Jardin del Alt.	A	8	20	25	Asc. Cap.

FUENTE: Observación directa – Elaboración propia

ANÁLISIS DE LA VERIFICACIÓN.

- En el cuadro se puede observar que las columnas y muros están afectadas por ascensión capilar.

- Los tipos de suelos que están a manera de relleno a ambos márgenes del río son suelos finos y hasta orgánicos.
- Los pozos artesanales, en algunas viviendas tienen una profundidad que está entre 1.50 mt. A 2.30mt.
- Por tanto la humedad que se presenta en el primer nivel, fundamentalmente en el piso y muros, es consecuencia del fenómeno de ascensión capilar de las aguas subterráneas y el predominio de suelos finos.

4.11.5. CARACTERÍSTICAS DE CIMENTACIONES DE VIVIENDAS SELECCIONADAS PARA SU ESTUDIO EN LA URBANIZACIÓN “LOS INCAS” DE JULIACA.

En la selección de viviendas con grietas y fisuras, se ha efectuado la verificación de las características geométricas de las cimentaciones y columnas.

En ellas se ha registrado lo siguiente:

- Zapatas cuadradas 1.00 mt. Por 1.00 mt.
- Zapatas cuadradas 1.50 mt. Por 1.50 mt.
- Sin zapatas, solo columnas empotradas en los cimientos y sobrecimientos de la vivienda; a continuación, se detallan en el cuadro respectivo.

Cuadro IV.20: Características geométricas de cimentaciones y columnas de viviendas seleccionadas de la urbanización “Los Incas” de Juliaca.

N°	VÍA	MZ	LOTE	ZAPATAS (m)	COLUMNAS (m)	PROF. CIM.	MATERIAL
1	Jr. Juan Velazco	R	4	1.00 X 1.00	0.25 x 0.25	1.20	C° A°
2	Jr. Pumacahua	P	13	1.00 X 1.00	0.25 x 0.25	1.50	C° A°
3	Jr. Pumacahua	P	15	1.50 X 1.50	0.25 x 0.25	1.60	C° A°
4	Jr. Pumacahua	P	16	1.20 X 1.20	0.25 x 0.25	1.70	C° A°
5	Jr. Azangaro	H	15	1.00 X 1.00	0.25 x 0.25	1.20	C° A°
6	Jr. Azangaro	H	16	1.00 X 1.00	0.25 x 0.25	1.55	C° A°
7	Jr. Azangaro	G	15	Sin zap.	0.20 x 0.20	1.40	C° A°
8	Jr. Azangaro	G	16	Sin zap.	0.20 x 0.20	1.60	C° A°
9	Jr. Pumacahua	A	1	1.00 X 1.00	0.25 x 0.25	1.65	C° A°
10	Jr. Pumacahua	A	8	1.00 X 1.00	0.25 x 0.25	1.20	C° A°
11	Jr. Altiplano	D	8	1.00 X 1.00	0.25 x 0.25	1.35	C° A°
12	Jr. Altiplano	D	9	1.10 X 1.10	0.25 x 0.25	1.40	C° A°
13	Jr. Altiplano	D	11	1.20 X 1.20	0.25 x 0.25	1.60	C° A°
14	Jr. Altiplano	D	12	1.00 X 1.00	0.25 x 0.25	1.63	C° A°
15	Jr. Altiplano	D	8	Sin zap.	0.20 x 0.20	1.40	C° A°

FUENTE: Observación directa – Elaboración propia

ANÁLISIS DE LA VERIFICACIÓN.

- Se ha verificado diversas deficiencias técnicas en el diseño de cimentaciones que las zapatas están sub y sobre dimensionadas.
- La mayoría de las quince (15) viviendas seleccionadas, no han tenido asistencia técnica, en el diseño de la vivienda, es decir su construcción ha tenido el carácter de autoconstrucción.
- Las características geométricas de las cimentaciones son menores de los requeridos, más aún que la mayoría de viviendas evaluadas tendrán más de dos niveles.
- Se ha podido asumir mayores dimensiones en la cimentación; o en defecto dejar las zapatas aisladas para ser remplazadas por zapatas combinadas y/o conectadas.
- En conclusión, las cimentaciones construidas no son compatibles con la capacidad portante del suelo, por lo que se justifica los asentamientos producidos.

4.11.6. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE SUELOS EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS DE LA URBANIZACIÓN “LOS INCAS” DE JULIACA.

Para ello, se ha efectuado ensayos de laboratorio básicos, a fin de establecer, las características mecánicas de los suelos, tratando de obtener las muestras, de las frenteras de las viviendas seleccionadas; para lo que se ha considerado las vías siguientes:

Cuadro IV.21: Ubicación de calicatas

VIVIENDAS SELECCIONADAS	N° CALICATA
Jr. Jardín del altiplano Mz. “D” Lote “3”	1
Jr. Cacachi Mz “ A” Lote “3”	2
Jr. Azangaro Mz “ G” Lote “15”	3
Jr.Pachacutec Mz “ I” Lote “6”	4

FUENTE: Elaboración propia

CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE VÍAS SELECCIONADAS DE LA URBANIZACIÓN “LOS INCAS” DE JULIACA.

Para tal efecto se ha efectuado la obtención de muestras a unas profundidades diferentes, cuyos resultados se detallan a continuación; con aplicación de la norma ASTM D-422.

Cuadro IV.22: Resumen de análisis granulométrico de suelos de vías seleccionadas de la urbanización “Los Incas” De Juliaca

N° de Calicata	Unidad de medida	Cantidad de Muestra	MUESTRA ENSAYADA	
			PERDIDA	ARENA
1	gr	150	70.79	79.21
	%	100	47.19	52.81
2	gr	200	157.75	42.25
	%	100	78.88	21.13
3	gr	150	108.19	41.81
	%	100	72.13	27.87
4	gr	200	128.26	71.74
	%	100	64.13	35.87

FUENTE: Ensayo de laboratorio de suelos.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

- En este ensayo se puede apreciar que la muestra de las calicatas de la zona en estudio, tiene mayor cantidad de material fino que pasa por la malla #200 es de 78.88%, 72.13%, 64.13%, 47.19%, esto indica que el mayor contenido de arcilla genera asentamientos totales, y no es apropiado para una buena cimentación.
- Como podemos apreciar en el gráfico de barras, podemos apreciar que en casi su totalidad la zona presenta pérdidas que son las arcillas en un buen porcentaje ya que según a su granulometría y límites de consistencia nos dieron suelos como ML- CL- ML y ML.

CARACTERÍSTICAS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA DE SUELOS En VÍAS SELECCIONADAS DE LA URBANIZACIÓN “LOS INCAS” DE JULIACA.

Para tal efecto, se ha empleado los mismos suelos extraídos para el análisis granulométrico, siendo sus resultados los siguientes, con aplicación de la norma ASTM D-2216 y MTC E-108.

Cuadro IV.23: Resumen de los límites de consistencia de suelos de vías s seleccionadas de La Urbanización “Los Incas” De Juliaca

N° de Calicata	Limite Liquido	Limite Plástico	Indice de plasticidad	Clasificacion de Suelos SUCS
1	37.32	22.88	14.44	CL
2	36.42	20.12	12.11	ML
3	26.27	21.31	4.96	ML
4	30	29.41	0.59	ML

FUENTE: Ensayo de laboratorio de suelos

INTERPRETACION DE RESULTADOS.

- En las calicatas 1 y 2, tenemos un suelos de partículas finas porque más del 50% pasa por la malla #200 y es de alta plasticidad puesto que el L.L es mayor que el 30% y además I.P está entre 14.44 – 12.15; por lo cual según la clasificación del SUCS es CL – ML , arcilla limosa. Suelos muy pobres.
- Rangos del (IP) aceptable es 22 máximo los resultados como es de esperar corresponden a un índice de plasticidad muy alto, característica de suelos finos, suelos muy pobres.

4.11.7. NIVEL DE CONTAMINACIÓN FÍSICO - QUÍMICA EN EL AGUA EN CIMENTACIONES DE VIVIENDAS SELECCIONADAS EN LA URBANIZACIÓN “LOS INCAS” DE JULIACA.

Para ello, se ha efectuado seis (6) análisis en el laboratorio, en las condiciones siguientes:

- Análisis físico - químico en el agua de cimentación en módulo de vivienda.

- Estos análisis se efectuaron para definir el grado de incidencia de concreto en los módulos de vivienda estudiados.

Se considera seis (6) muestras analizadas, obtenidas en diferentes lugares de la Urbanización “Los Incas”; cuyos resultados de detallan a continuación:

Cuadro IV.24: Resultados del nivel de contaminación físico - química del agua en cimentaciones de viviendas seleccionadas en La Urbanización “Los Incas” De Juliaca.

Parámetros FISICO QUÍMICAS	Unidad	Agua Potable	Aguas para Concreto	Número de Muestras	
				Muestra 1	Muestra 2
Aspecto		Agua tratada	----	Agua natural con ligera presencia de Sólidos	Agua natural con ligera presencia de Sólidos
Olor		Ninguno	---	Ninguno	Ninguno
Sabor		No Perceptible	Perceptible	Perceptible	Perceptible
Color	Pt/Co	Claro Gris	Plomo verde	420 (Gris)	410(Gris)
Temperatura	°C	-	-	11.90	12.10
Ph	H+/OH-	7.00	8.00	8.50	9.20
Turbiedad	UNT	-	20.00	24.20	30.30
Sólidos Total Disueltos	Mg/L	300.00	400.00	830.00	910.00
Sólidos Suspendidos	Mg/L	2.00	3.00	9.50	9.00
Alcalinidad Total Ca CO3	Mg/L	200.00	300.00	603.00	590.00
Cloruros Totales	Mg/L	80.00	100.00	208.00	250.00
Cloruro de Sodio	Mg/L	120.00	150.00	430.00	460.00
Sulfatos	Mg/L	30.00	40.00	95.00	110.00
Hierro Total	Mg/L	0.20	0.60	0.95	1.00
Manganeso	Mg/L	0.50	0.80	1.80	2.00

FUENTE: Resultado de ensayos de laboratorio de control de calidad de la facultad de ingeniería química de la UNA-Puno.

INTERPRETACION DE RESULTADO.

- Según normas de la O.M.S. las características Físico químicas no son normales del M1 y M2.
- Según la norma peruana (NTP 339.088) el agua analizada No se encuentra dentro de los límites establecidos.

4.11.8 PROTECCIÓN SUPERFICIAL A CIMENTACIONES DE CONCRETO ARMADO DEL ATAQUE QUÍMICO EN VIVIENDAS SELECCIONADAS DE LA URBANIZACIÓN “LOS INCAS” DE JULIACA.

Los materiales de protección superficial se aplican al concreto para protegerlo de los agentes agresivos presentes en atmósferas marítimas, industriales o urbanas, o mejorar su aspecto estético. Muchas veces después de haber efectuado una reparación es conveniente revestir la zona reparada por medio de una pintura o barniz de protección, o impregnarla superficialmente, a fin de dar a la estructura un aspecto estético uniforme y a la vez impermeabilizar al concreto con el fin de impedir la entrada de agua, soluciones salinas, oxígeno y anhídrido carbónico.

TIPOS DE MATERIALES DE PROTECCIÓN SUPERFICIAL.

Se pueden considerar cuatro tipos fundamentales de materiales superficiales de protección:

- e) Pinturas y sellantes.
- f) Hidrófugos e impregnantes.
- g) Obturadores de poros.
- h) Revestimientos gruesos.

CONCLUSIONES

PRIMERA: La construcción de viviendas autoconstruidas, generalmente adolecen de asistencia técnica, por lo que es frecuente en ellas apreciar daños estructurales, sobre todo en las cimentaciones, más aun si estas construcciones se ubican dentro del cauce de los ríos, donde predominan suelos orgánicos de baja capacidad de portante.

SEGUNDA: Los daños estructurales, encontrados en las viviendas seleccionadas para evaluación; se han registrado asentamientos, diferenciales que se manifiesta grietas y fisuras, la mayoría de las cimentaciones están sub y sobre dimensionadas, preocupantes, estas fisuras y grietas emergen de la cimentación, paralela a las columnas y separa columna con muros; estas fallas se manifiestan en el primer piso.

TERCERA: Efectuado los análisis de suelos en laboratorio, dentro de ellos, análisis granulométrico, límites de consistencia, clasificación de suelos, compactación y finalmente el ensayo de Corte Directo; nos proporciona una capacidad de carga demasiado baja como es de 0.52 kg/cm² a 0.66 kg/cm², no corresponde a zapatas aisladas de 1.00 mt x 1.00 mt; sino a mayores dimensiones; razón que originó asentamientos diferenciales en zapatas y cimientos con sobrecimientos.

CUARTA: Efectuado el análisis físico químico del agua en contacto con las cimentaciones seleccionadas para el presente estudio, se ha encontrado contaminación química en cloruros, hierro y sulfatos en cantidades dañinas a la durabilidad del concreto de cimentaciones.

RECOMENDACIONES.

PRIMERA: La construcción de viviendas autoconstruidas, deben recibir apoyo técnico, en este caso, específicamente de parte de la dependencia correspondiente de la Municipalidad Provincial de San Román.

SEGUNDA: La construcción de viviendas autoconstruidas debe ubicarse sobre terrenos de significativa capacidad de carga y no autorizar por parte de la Municipalidad Provincial de San Román en cauces de ríos antiguos, humedales y/o áreas de lagunas temporales.

TERCERA: El tipo de cimentación, definitivamente debe seleccionarse en función de la capacidad de carga de los suelos, y debe ameritar el diseño correspondiente.

CUARTA: La construcción de viviendas de todo tipo y en contacto permanente con la humedad y estos con alto nivel de contaminación química, deben protegerse con cualquier tecnología que se tiene en la actualidad en productos diversos, siendo los más usuales los aditivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. ÁVILA, MARÍA. (2003). Durabilidad del Concreto. Ediciones UNI.
2. BRAJA, M.DAS. (2006) Principio de Ingeniería de Cimentaciones, 5a. ed. Ed. THOMSON. México.
3. CALAVERA, JOSÉ. (2003). Patologías de Estructuras de Concreto Armado. INTEMAC – España.
4. DELGADO VARGAS, M. (2002) Ingeniería de Fundaciones. Ed. E.C.Ing. Colombia.
5. DURABILIDAD Y PATOLOGÍAS DEL CONCRETO. Sánchez, Diego. (2002) Editorial ASOCRETO, Perú.
6. FERNÁNDEZ I, C. (2000) Mejoramiento y Estabilización de Suelos. LIMUSA. México.
7. FUNDACIÓN WIKIMEDIA, (2013), Enciclopedia Web Multilingüe. CALIFORNIA-EE.UU.
8. GONZALES, MANUEL. (2002) La Corrosión del Concreto. Editorial ASOCEN – Perú.
9. ICAZA VEGA, ALBERTO (2008), Efectos de un Aditivo sobre las Propiedades del Concreto. Ediciones UNI - Perú.
10. JUÁREZ BADILLO, E y RICO, A. (2005) Mecánica de Suelos, Tomo I.
11. JUÁREZ BADILLO, E y RICO, A. (2005) Mecánica de Suelos, Tomo II.

12. LAMBE, T.W. y WHITMAN, R.V. (2001) Mecánica de Suelos (Traducción J.A. Jiménez Salas y J.M. Rodríguez), Capítulo I. Limusa. México.
13. LOWWES JOSEPH E. (2001) Propiedades Geofísicas de los Suelos, Me. Graw Hill México.
14. PECK, R. B., HANSON, W. E., THORNBURN, T. H. (1999) Ingeniería de Cimentaciones. Segunda edición, Editorial LIMUSA. México.
15. RICO. DEL CASTILLO (2009) La Ingeniería de Suelos. Volumen 1. En las Vías Terrestres. LIMUSA. México.
16. RICO. DEL CASTILLO (2009) La Ingeniería de Suelos. Volumen 2. En las Vías Terrestres. LIMUSA. México.
17. RIVVA LÓPEZ, ENRIQUE. (2013). Concreto - Ataques al Concreto. 2da, Edición. Editorial ICG. Perú.
18. RIVVA LÓPEZ, ENRIQUE. (2014). Concreto - Diseño de Mezclas. 3ra, Edición. Editorial ICG. Perú.
19. RIVVA LÓPEZ, ENRIQUE. (2012). Materiales para el Concreto. 3ra, Edición. Editorial ICG. Perú.
20. TOMLINSON. M. J. (2000) Cimentaciones Diseño y Construcción. Editorial Trillas S.A. México.

ANEXOS

Anexo 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>problema general: ¿Cuáles serán las causas que originan las fallas en las cimentaciones de viviendas autoconstruidas en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca 2017?</p> <p>problema específico: ¿Cómo será el comportamiento del terreno de fundación de las cimentaciones de viviendas autoconstruidas en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca?</p>	<p>Objetivo general: Evaluar los causas que originan las fallas en cimentaciones de viviendas autoconstruidas en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca 2017</p> <p>Objetivo específico: Analizar el comportamiento del terreno de fundación de las cimentaciones de viviendas autoconstruidas en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca.</p>	<p>Hipótesis general: Las causas que originan las fallas en cimentaciones de viviendas autoconstruidas son el terreno de fundación y el agua contaminada, en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca 2017</p> <p>Hipótesis específica: El comportamiento del terreno de fundación de las cimentaciones de viviendas autoconstruidas presenta una capacidad de carga baja en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (X) Cimentaciones de viviendas autoconstruidas</p>	<p>cimentaciones</p>	<p>Terreno de fundación Calidad del agua fallas</p>	<p>TIPO: Cuantitativa, causal</p> <p>NIVEL: Explicativo,</p> <p>DISEÑO: No experimental</p>
<p>¿Cómo será la calidad del agua en contacto con cimentaciones de viviendas autoconstruidas en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca?</p> <p>¿Cuáles serán las características de las fallas en cimentaciones de viviendas autoconstruidas en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca?</p>	<p>Analizar la calidad del agua en contacto con cimentaciones de viviendas autoconstruidas en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca</p> <p>Verificar las características de las fallas en cimentaciones de viviendas autoconstruidas en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca</p>	<p>La calidad del agua en contacto con cimentaciones de viviendas autoconstruidas presenta contaminación química en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca.</p> <p>Las características de las fallas que presentan las cimentaciones de viviendas autoconstruidas son los asentamientos en zonas con presencia de acuíferos en la ciudad de Juliaca.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE (Y) Causas de fallas</p>	<p>Temperatura turbiedad solidos disueltos alcalinidad cloruros sulfatos solidos suspendidos</p>	<p>– Análisis granulométrico – Límites de consistencia – Proctor modificado – corte directo</p>	<p>MUESTRA: 15 viviendas de la urbanización Los Incas adyacentes al río Torococha</p> <p>TÉCNICAS: Observación Ensayos de lab.</p> <p>INSTRUMENTOS: Fichas de obs. Ensayos de laboratorio</p> <p>PROCEDIMIENTO S: ANOVA</p>
				<p>Calidad del agua</p>	<p>– asentamiento – agrietamiento – fisuramiento</p>	
				<p>fallas en cimentaciones</p>		

Anexo 2

FICHA DE EVALUACION

FICHA DE EVALUACIÓN

I.-DATOS GENERALES

1.1.- Nombre del propietario:

1.2.-Ubicación:

II.-DATOS DE LAS CONSTRUCCIONES DE VIVIENDAS

2.1.-¿Con que material está constituido la Vivienda?

C*A* ADOBE OTRO

2.3.-Números de niveles:

2.3.-Año de la construcción

2.4.-En la Construcción de la vivienda hubo la intervención de:

Maestro

Constructor

Técnico

Ing/Arq.

2.5.-¿La construcción se realizó con Planos?

Si

No

2.6.-¿Tiene estudio de Suelos?

Si

No

III.-DEFICIENCIAS PRESENTADOS EN LA CONSTRUCCION DE VIVIENDAS

3.1.-¿Presenta daños la construcción?

Si

NO

3.2.-¿A Qué profundidad se encuentra la zapata?

Df

Area

3.3.-¿Zonas de los daños que se presentan en la construcción de C*A*?

Cimientos
Sobre
cimientos
Muros
Columnas
Vigas
Losa

3.4.-¿Zonas de los daños que se presentan en la construcción de Adobe?

Cimientos
Muros
Ventanas
Puertas
Esquina
de amarre

3.5.-¿Las cimentaciones están al contacto con el río Torococha?

Si

NO

Anexo 3

ENSAYO DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS:

Parámetros FÍSICOQUÍMICAS	Unidad	Agua Potable	Números de Muestras	
			Muestra 5	Muestra 6
Aspecto		Agua tratada	Agua natural con ligera presencia de Sólidos.	Agua natural con ligera presencia de Sólidos.
Olor		Ninguno	Ninguno	Ninguno
Sabor		No Perceptible	Perceptible	Perceptible
Color	Pt/Co	Claro Gris	410 (Gns)	390 (Gns)
Temperatura	°C	-	11.60	11.80
PH	H+/OH-	7.00	9.70	9.10
Turbiedad	UNT	-	32.00	33.00
Sólidos Total Disueltos	mg/L	300.00	930.00	810.00
Sólidos Suspendidos	mg/L	2.00	9.00	8.30
Alcalinidad Total Ca CO3	mg/L	200.00	610.00	640.00
Cloruros Totales	mg/L	80.00	230.00	260.00
Cloruro de Sodio	mg/L	120.00	430.00	385.00
Sulfatos	mg/L	30.00	105.00	125.00
Hierro Total	mg/L	0.20	1.05	1.00
Manganeso	mg/L	0.50	2.10	1.90

INTERPRETACION: (Según Normas de la O. M. S.)

- 1.- Las Características Físico Químicas No son normales de M5 y M6
- 2.- Las muestras analizadas, deberan ser evaluadas en base a la normatividad nacional establecida para el agua en la preparación del concreto.

DICTAMEN: Según la Norma Peruana (NTP 339.088); el Agua analizada No se encuentra dentro de los Límites Establecidos

Puno, C,U 07 de Julio del 2015.



Dr. Edwin C. Boza Cordorena
DECANO F.I.Q.
UTA - PUNO



ING. GERMA QUILLÉ CALLEJA
Jefe Laboratorio Control de Calidad
FACULTAD INGENIERIA QUIMICA
UTA - PUNO

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.L.= 500.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 477.17
2"	50.000						P.P.= 22.83
1 1/2"	38.100						%W= 40.68
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 36.63
1/2"	12.500						L.P.= 25.01
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P.= 11.61
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	0.38	0.08	0.08	99.92		D10= ---- Cu= ----
No8	2.360						D30= ---- Cc= ----
No10	2.000	3.85	0.77	0.85	99.15		D60= ----
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	11.05	2.21	3.06	96.94		I.G. =
No30	0.600						SUCS : ML
No40	0.425	20.29	4.06	7.11	92.89		ASSTHO :
No 50	0.300	29.30	5.86	12.97	87.03		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	33.01	6.60	19.58	80.42		
No200	0.075	32.57	6.51	26.09	73.91		
BASE		22.83	4.57	30.66	69.34		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		4.57					



NOTA LAS MUESTRAS FUERON TRABAJADAS POR EL TESISTA



Wilfredo David Superaconi
 Ingeniero Civil
 Especialista en Geotecnia y Pavimentos
 CIP. 73 FNE : 000126

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM - D - 2216 - MTC - E 108**

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	462.95
SUELO SECO + TARRO	gr	340.05
PESO DEL TARRO	gr	37.95
PESO DEL AGUA	gr	122.90
PESO DEL SUELO SECO	gr	302.10
HUMEDAD %	%	40.68

**LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90**

CAPA :

LIMITE LIQUIDO

TARRO N°		S	P
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32.30	32.24
SUELO SECO + TARRO	gr	28.64	28.22
PESO DEL TARRO	gr	18.91	17.54
PESO DEL AGUA	gr	3.66	4.02
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.73	10.68
HUMEDAD %	%	37.62	37.64
N° DE GOLPES		20	20

LIMITE PLASTICO

Q	P
13.72	14.81
12.69	13.66
8.60	9.03
1.03	1.15
4.09	4.63
25.18	24.84

LIMITE LIQUIDO % :	36.63	LIMITE PLASTICO % :	25.01
---------------------------	--------------	----------------------------	--------------

INDICE PLASTICO % :	11.61
----------------------------	--------------

LL = $W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes

NOTA : LAS MUESTRAS FUERON TRABAJADAS POR EL TESISISTA



DENSIDAD DE CAMPO

1	Peso del Frasco + arena grs.	6000	6000	6000		
2	Peso Fras. + arena sobrante grs.	1551	1771	1975		
3	Peso arena empleada gr. (1)-(2)	4449	4229	4025		
4	Peso arena del cono grs.	1637	1637	1637		
5	Peso arena de hueco gr. (3)-(4)	2812	2592	2388		
6	Densidad de la arena	1.42	1.42	1.42		
7	Volumen de hueco cc. (5)/(6) Y	1980	1825	1682		
8	Peso tarro + suelo + grava gr.	3554	3309	3360		
9	Peso del tarro grs.	--	--	--		
10	Peso del suelo + grava (8)-(9)gr.	3554	3309	3360		
11	Densidad muestra humeda gr/cm3	1.79	1.81	2.00		

CONTENIDO DE HUMEDAD (Cuando el contenido de grava es 15% de la muestra compactada)

12	Peso recipiente + suelo hum. gr.	365.65	429.13	419.57		
13	Peso recipiente + suelo seco gr.	329.78	401.45	390.72		
14	Peso de agua gr. (12)-(13)	35.87	27.68	28.85		
15	Peso recipiente grs.	40.19	38.86	38.51		
16	Peso suelo seco gr. (13)-(15)	289.59	362.59	352.21		
17	Cont. hum. (14):(16) x 100	12.39	7.63	8.19		
18	Dens. muestra seca(11):(19)+(17)	1.61	1.69	1.85		

% DE GRAVA

19	Peso total muestra seca gr.	3189	3092	3106		
20	Peso retenido tamiz No 3/4 gr.	243	251	348		
21	% ret. en tamiz No 3/4(20):(19)x100	7.62	8.12	11.21		
22	Peso esp. de la grava	2.51	2.49	2.49		

CORRECCION DE DENSIDAD POR CONTENIDO DE GRAVA DE 15% a 40%

23	Volumen de grava cc.	97	101	140		
24	Peso seco finos gr. (19)-(20)	2946	2841	2758		
25	Volumen de finos CC (7)-(23)	1883	1724	1542		
26	Dens. seca finos (24):(25)	1.560	1.650	1.790		
27	Maxima densidad	2.043	2.043	2.043		
28	Optimo cont. Humedad	9.41	9.41	9.41		
29	Correc. dens. Proctor (grava 40%)					
	% COMP.	76.36	80.76	87.62		

NOTA: LAS MUESTRAS FUERON TRABAJADAS POR EL TESISISTA

