

	EG AMPLIACION Y ADECUACION ESTRUCTURAL HOSPITAL SANTANDER. CAICEDONIA, VALLE DEL CAUCA	
---	---	---

Armenia, Octubre del 2018.

Arquitecta

ANA MILENA ZAPATA P.

L.C.

En referencia a: Carta de Responsabilidad al Estudio de Suelos y Recomendaciones de Cimentación Proyecto “AMPLIACION Y ADECUACION ESTRUCTURAL HOSPITAL SANTANDER”. Caicedonia – Valle del Cauca. IDP-JJP0818-1922.

Respetada Arquitecta:

Atendiendo a su solicitud para la realización de un Estudio Geotécnico y Recomendaciones de Cimentación para el proyecto denominado “AMPLIACION Y ADECUACION ESTRUCTURAL HOSPITAL SANTANDER”, localizado en el municipio de Caicedonia, Departamento del Valle del Cauca; nos permitimos hacer entrega del Informe Final.

En el Informe se presenta una descripción de los trabajos de campo, el análisis geotécnico correspondiente y las recomendaciones de cimentación para la estructura a edificar. Además, se incluye en este informe la localización de los sondeos, registros de perforación, el resumen de los resultados de laboratorio y las memorias de cálculo correspondientes.

Las Actividades de Exploración, Muestreo y Laboratorio necesarias para la realización del presente estudio están reguladas por las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente [NSR – 10] (Ley 400 de 1997, Decreto 33 de 1998, Decreto 34 de 1999, Decreto 2809 del 2000), en el Título H, de “Estudios Geotécnicos”; así como de Normas asociadas a la misma como NTC por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, de la Sociedad Americana para Ensayos y Materiales ASTM, a las cuales se hace referencia en el Capítulo H.2 de la NSR – 10.

Esta oficina y Conforme a lo establecido por la Ley 400 de 1997, Artículo 28 “Experiencia del Ingeniero Geotecnista” [Título IV - Capítulo II: Profesionales Diseñadores], asumo la responsabilidad del Presente Estudio Geotécnico, conforme a lo establecido por la NSR – 10 [Ley 400 de 1997, Título III, Capítulo I, Artículo 5: Responsabilidad de los Diseños]. En cualquier caso, NO Asumo responsabilidad civil ni penal alguna, dado el caso en que las obras a que se hace referencia en el presente estudio no se ejecuten conforme a lo estipulado por el mismo.

Cordialmente,

JUAN JOSÉ PIEDRAHÍTA R.

Ic. – M.Sc Geotecnia.

Mat. 25202 – 57736 CND



**EG AMPLIACION Y ADECUACION
ESTRUCTURAL HOSPITAL SANTANDER.
CAICEDONIA, VALLE DEL CAUCA**



INFORME GEOTECNICO PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES AMPLIACION Y REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL HOSPITAL SANTANDER MUNICIPIO CAICEDONIA–DEPARTAMENTO VALLE DEL CAUCA

TABLA DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES	3
1.1. Preliminares	3
1.2. Generalidades y Definición del Proyecto	3
1.3. Información de referencia	4
2. PLAN EXPLORATORIO	5
2.1. Detalle de Actividades [Método]	5
2.2. Perforaciones y Ensayos en Sitio	6
2.3. Ensayos de Laboratorio	6
3. PERFIL DE SUELOS	7
3.1. Contexto Geológico:	7
3.2. Estratigrafía	8
3.3. Nivel Freático	9
4. DISEÑO GEOTÉCNICO CIMENTACIONES	9
4.1. Consideraciones Generales de Diseño de Cimentaciones	9
4.2. Diseño de Cimentaciones	9
4.2.1. Cimentación Superficial – Zapatas aisladas	10
4.2.1. Cimentación Profunda – Pilotes Pre-excavados	10
4.3. Placa de Contrapiso	12
4.4. Coeficientes de Presión Lateral del Suelo	13
5. DEFINICIÓN DEL ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO	13
6. CONDICIONES ESPECIALES DEL SUBSUELO	14
6.1. Coeficiente de aceleración horizontal Pico efectiva para diseño Aa	15
6.2. Coeficientes de amplificación para períodos cortos e intermedios	15
6.3. Espectro de aceleraciones	16
7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	16
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	17
9. ANEXOS	21

	EG AMPLIACION Y ADECUACION ESTRUCTURAL HOSPITAL SANTANDER. CAICEDONIA, VALLE DEL CAUCA	
---	---	---

1. GENERALIDADES

1.1. PRELIMINARES

La Arq. ANA MILENA ZAPATA P., nos ha encargado la elaboración del Estudio Geotécnico para el diseño de las obras correspondientes al proyecto denominado “**AMPLIACION Y ADECUACION ESTRUCTURAL HOSPITAL SANTANDER**”, localizado en el municipio de Caicedonia, departamento del Valle del Cauca. Este capítulo incluye la determinación de los parámetros para el diseño de las cimentaciones de las diferentes construcciones.

Con el propósito de compilar los estudios técnicos correspondientes, y cumpliendo con los requerimientos para la ejecución de la obra en mención, se contrataron los servicios de esta compañía en lo referente al estudio de suelos, cuyos resultados se presentan en este informe.

Basados en los resultados del plan exploratorio y los requerimientos de las diferentes construcciones, se incluyen en este informe los parámetros geomecánicos del suelo, las recomendaciones de cimentación correspondientes, evaluadas desde el punto de vista técnico, constructivo y económico, para el posterior desarrollo de la obra.

1.2. GENERALIDADES Y DEFINICIÓN DEL PROYECTO

El proyecto contempla ampliación y adecuación estructural de un sector del Hospital. La topografía del lote se puede catalogar como plana. Se encuentra delimitado por otros predios de uso similar y vías. El área total construida es de 1830m² en planta, la edificación cuenta con 2 niveles. La estructura existente cuenta con un sistema de pórticos en concreto reforzado. Se estiman cargas a nivel de cimentación entre 10 y 40ton.

A continuación, me permito definir el grupo de tipo de uso y el valor del coeficiente de importancia según la NSR-10.

A.2.5.1.1 — Grupo IV — Edificaciones indispensables — Son aquellas edificaciones de atención a la comunidad que deben funcionar durante y después de un sismo, y cuya operación no puede ser trasladada rápidamente a un lugar alterno. Este grupo debe incluir:

- (a) Todas las edificaciones que componen hospitales clínicas y centros de salud que dispongan de servicios de cirugía, salas de cuidados intensivos, salas de neonatos y/o atención de urgencias,
- (b) Todas las edificaciones que componen aeropuertos, estaciones ferroviarias y de sistemas masivos de transporte, centrales telefónicas, de telecomunicación y de radiodifusión,
- (c) Edificaciones designadas como refugios para emergencias, centrales de aeronavegación, hangares de aeronaves de servicios de emergencia,

- (d) Edificaciones de centrales de operación y control de líneas vitales de energía eléctrica, agua, combustibles, información y transporte de personas y productos,
- (e) Edificaciones que contengan agentes explosivos, tóxicos y dañinos para el público, y
- (f) En el grupo IV deben incluirse las estructuras que alberguen plantas de generación eléctrica de emergencia, los tanques y estructuras que formen parte de sus sistemas contra incendio, y los accesos, peatonales y vehiculares de las edificaciones tipificadas en los literales a, b, c, d y e del presente numeral.

El proyecto es de categoría BAJA según Tabla H.3.2-1

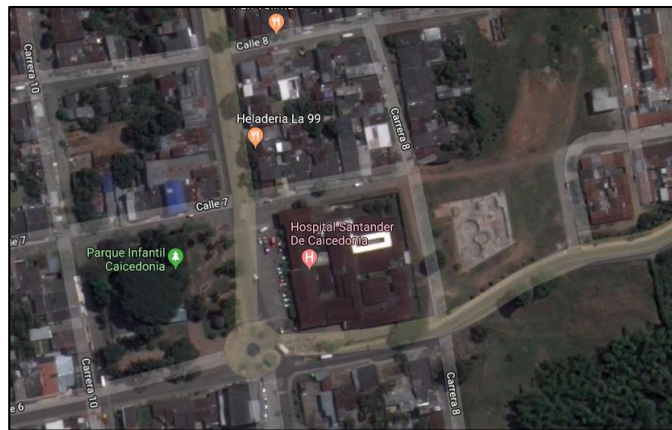


Ilustración 1. Vista aérea sector Hospital Santander. Fuente HS

1.3. INFORMACIÓN DE REFERENCIA

Para el Desarrollo del presente estudio fue necesario acudir a dos tipos de fuentes de información: La Información Primaria, que consiste en aquel producto de las fases de exploración, muestreo y laboratorio al material objeto de estudio y la Información Secundaria, aquella que se encuentra elaborada y que sirve de complemento para enriquecer la identificación del material de estudio, previo su análisis e interpretación geomecánica. A continuación se relacionan algunos documentos que sirven de referencia para la realización del presente informe:

- Planos Arquitectónicos estructura existente.
- ZONIFICACION DE AMENAZAS GEOLOGICAS PARA LOS MUNICIPIOS DEL EJE CAFETERO AFECTADOS POR EL SISMO DEL 25 DE ENERO DE 1999. Ingeominas. Diciembre de 1999.
- Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistentes NSR-10. Ley 400 de 1997; Decreto 33 de 1998; Decreto 34 de 1999. AIS. 1999
- Normas Técnicas Colombianas Contenidas en las NSR – 10. ICONTEC 1998.

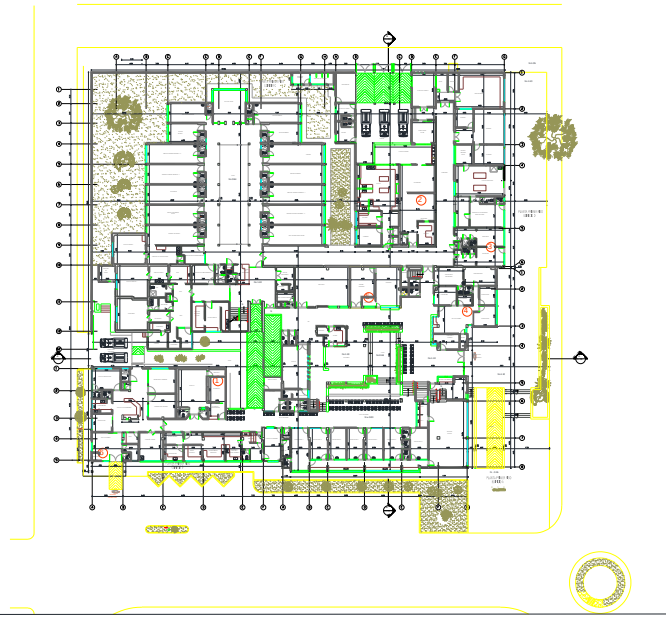


Ilustración 2. Planta General Hospital Santander. Fuente HS

2. PLAN EXPLORATORIO

2.1. DETALLE DE ACTIVIDADES [MÉTODO]

Con el propósito de lograr un acercamiento a una adecuada caracterización geomecánica del suelo que conforma la zona en estudio, como punto de partida para la elaboración del presente estudio; a grandes rasgos se han realizado las siguientes actividades.

-  Reconocimiento del Lugar.
-  Definición del Número, Profundidad y Localización de los Sondeos de Exploración.
-  Exploración del Subsuelo con Equipo Manual, Determinación de Posibles Niveles de Aguas Subterráneas, Muestreo y Ensayos “In Situ”.
-  Realización de Ensayos de Laboratorio sobre “Muestras Remoldadas” obtenidas mediante el tubo de “Cuchara Partida”, inalteradas con muestreador tipo tubo de pared delgada Shelby.

	EG AMPLIACION Y ADECUACION ESTRUCTURAL HOSPITAL SANTANDER. CAICEDONIA, VALLE DEL CAUCA	
---	---	---

-  Definición del Perfil Estratigráfico del Subsuelo y Caracterización de los Parámetros Geomecánicos.
-  Análisis Geotécnico a fin determinar las recomendaciones geotécnicas para la elaboración del proyecto, la zonificación del área de acuerdo con sus características y amenazas geotécnicas, diseño geotécnico.

2.2. PERFORACIONES Y ENSAYOS EN SITIO

Con el objeto de conocer las características físicas y los espesores de los diferentes estratos que conforman el perfil del subsuelo y obtener muestras de cada una de ellas, se llevaron a cabo 11 sondeos. Todos repartidos de tal manera que se diera cobertura total al área del proyecto y específicamente en los sitios de interés. Los sondeos se encuentran distribuidos a lo largo del área del proyecto tal como se muestra en la planta de localización general de sondeos en el *Anexo 1*.

Las perforaciones se realizaron empleando el método de percusión con un equipo manual (*barreno de mano*). Simultáneamente se llevó a cabo el ensayo de penetración estándar para establecer un índice complementario de la firmeza del subsuelo.

En los Anexos se presentan los registros de perforación de las perforaciones realizadas, que incluyen información sobre la estratigrafía, el nivel freático y la resistencia del perfil de suelos.

2.3. ENSAYOS DE LABORATORIO

Sobre muestras remoldeadas obtenidas mediante el tubo de “*cuchara partida*”, se realizaron ensayos de laboratorio, definidas como Normas NTC por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC, de la Sociedad americana para ensayos y Materiales ASTM, a las cuales se hace referencia en el Capítulo H.2 de la NSR – 10, que incluyen:

- NTC 1493 [ASTM D 4318]: Ensayo Para Determinar los Límites Líquido y Plástico y el Índice de Plasticidad del Suelo
- NTC 1495 [ASTM D 2216]: Ensayo Para Determinar el Contenido de Humedad Natural
- [ASTM D 421-58 y D422-63]: Ensayo Para Determinar la Clasificación Granulométrica del Suelo (pasa tamiz 40 y 200).
- NTC 1527 [ASTM D 2166]: Ensayo Para Determinar la Resistencia a la Compresión Inconfinada
- NTC 1528 y/o 1568 [ASTM D 2167 y/o D 1556]: Ensayo Para Determinar los Pesos Volumétricos del Suelo en Estudio

En los Anexos se incluyen el resumen de los ensayos de laboratorio efectuados.



Ilustración 3. Registro Fotográfico sondeos

3. PERFIL DE SUELOS

3.1. CONTEXTO GEOLÓGICO:

En este capítulo se describen las unidades geológicas superficiales y los aspectos tectónicos (fallas geológicas) de la región, los cuales tienen especial importancia debido a su asociación con los daños causados por el sismo, principalmente a edificaciones en la ciudad de Armenia y poblaciones aledañas.

Desde el punto de vista geológico, la zona de interés se localiza sobre un gran depósito volcánico - sedimentario conocido como “*Glacis del Quindío*”, constituido por numerosas intercalaciones lenticulares donde alternan flujos piroclásticos y laháricos, y en menor proporción materiales fluvio-torrenciales, aluviales y glaciales. Los materiales que lo conforman provienen de la Cordillera Central, ubicada al oriente de la zona de interés. Estos depósitos en su mayoría son producto de la actividad de los Volcanes Nevados del Quindío, Santa Isabel y Cerro Santa Rosa. Las erupciones volcánicas generaron flujos piroclásticos e indujeron lahares por deshielo de los glaciares, descendiendo principalmente por el Río Quindío, depositando su carga en valles intracordilleranos (INGEOMINAS, 1992). Finalmente erupciones volcánicas aportaron gran cantidad de material piroclástico de caída, de tamaño cenizas y lapilli que cubrieron la región con una capa de 10 a 12 m de espesor, cubriendo las geoformas de los flujos mencionados. La estratigrafía está definida por materiales relacionados con depósitos volcánicos, diferenciados entre sí por su textura, grado de consolidación y origen, una descripción general de los diferentes niveles estratigráficos es:

- *Nivel superior:* compuesto por depósitos fluvio volcánicos. Estrato en el cual se desarrollará el 100% del proyecto.
- *Nivel Intermedio:* Compuesto por arenas, tobas y bloques embebidos en una matriz limo-arcillosa.

- *Nivel inferior:* Compuesto por aglomerados consolidados intercalados con capas de depósitos de lahares, con cantos angulares de rocas volcánicas embebidos en matriz granolimososa consolidada.

3.2. ESTRATIGRAFÍA

A partir de los registros de perforación y la interpretación de los resultados de laboratorio, se ha logrado tipificar el perfil de suelo hasta la profundidad explorada como ARENAS ARCILLOSAS con índices de plasticidad medianamente altos intercaladas con ARCILLAS, LIMOS INORGÁNICOS, SUELOS FINOS ARENOSOS O LIMOSOS CON DIFERENTES GRADOS DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD, procedentes de la meteorización de cenizas volcánicas y suelos residuales que de acuerdo a sus propiedades (granulometría, plasticidad) puede variar – Suelos residuales y Saprophyto (Qsr). Sobre este descansa un estrato de material heterogéneo y antrópico compuesto principalmente por limo vegetal y en otros casos material natural alterado producto de excavaciones de terrenos aledaños, etc. En general estos últimos son materiales de baja competencia y espesores máximos de 2.20m.

Tal como se puede observar en el Anexo 2. Los Registros de Perforación de los sondeos realizados incluyen información sobre la estratigrafía, el nivel freático y la resistencia del perfil de suelos. En la Tabla 1, a continuación, se presenta una relación del número y profundidad de los sondeos realizados.

Número	Tipo	Profundidad Sondeo	Profundidad Lleno/Vegetal	Presencia de NAF	Nivel
S1	Barreno Manual [C. M.]	-3.00m	-1.20m	NO	-
S2	Barreno Manual [C. M.]	-3.00m	-0.25m	NO	-
S3	Barreno Manual [C. M.]	-6.00m	-	NO	-
S4	Barreno Manual [C. M.]	-3.00m	-0.40m	NO	-
S5	Barreno Manual [C. M.]	-6.00m	-0.50m	NO	-
S6	Barreno Manual [C. M.]	-3.00m	-2.20m	NO	-
S7	Barreno Manual [C. M.]	-6.00m	-0.50m	NO	-
S8	Barreno Manual [C. M.]	-3.00m	-0.50m	NO	-
S9	Barreno Manual [C. M.]	-6.00m	-	NO	-
S10	Barreno Manual [C. M.]	-3.00m	-	NO	-
S11	Barreno Manual [S. M.]	-1.00m	-	NO	-

Tabla 1 Relación del Número, Localización y Profundidad de Sondeos

La profundidad de los sondeos se definió de acuerdo a lo expuesto en la NSR-10: *“En los casos donde se encuentre roca firme, o aglomerados rocosos o capas de suelos firmes asimilables a rocas, a profundidades inferiores a las establecidas, el 50% de los sondeos deberán alcanzar las siguientes penetraciones en material firme (material designado como A, B o C en la Tabla A.2.4.4-1 del Título A de este Reglamento.), de acuerdo con la categoría de la unidad de construcción:*



**EG AMPLIACION Y ADECUACION
ESTRUCTURAL HOSPITAL SANTANDER.
CAICEDONIA, VALLE DEL CAUCA**



- Categoría Baja: los sondeos pueden suspenderse al llegar a estos materiales;

- Categoría Media, penetrar un mínimo de 2 metros en dichos materiales, o dos veces el diámetro de los pilotes en éstos apoyados;

- Categoría Alta y Especial, penetrar un mínimo de 4 metros o 2.5 veces el diámetro de pilotes respectivos, siempre y cuando se verifique la continuidad de la capa o la consistencia adecuada de los materiales y su consistencia con el marco geológico local.”

3.3. NIVEL FREÁTICO

Como característica general del proyecto durante la etapa de exploración NO se detectó presencia del nivel freático hasta la profundidad alcanzada, durante el proceso de exploración. Ver Tabla 1.

La estratificación del sector permite que el agua subterránea se encuentre confinada entre los estratos de suelos impermeables, a presiones de poros mayores que la atmosférica, formando acuíferos artesianos. Por lo tanto, la temporada invierno-verano ejerce una influencia directa en los niveles freáticos y piezométricos del área del proyecto.

4. DISEÑO GEOTÉCNICO CIMENTACIONES

4.1. CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO DE CIMENTACIONES

Para el diseño de las estructuras de cimentación se debe tener en cuenta que: El control de las cargas frente a la capacidad portante del suelos y el nivel de cimentación; además que los asentamientos máximos admisibles para que no se cause daño en la estructura. Para ello, la cimentación de las estructuras propuestas debe satisfacer tres criterios básicos e independientes.

- ✓ *Primero*, la fatiga neta no debe ser mayor a la capacidad portante última del suelo reducida por un factor de seguridad apropiado.
- ✓ *Segundo*, los asentamientos debidos a la compresión del suelo de fundación durante la vida de las estructuras deben ser de una magnitud tal que no causen daños estructurales o deterioro de la apariencia de las mismas.
- ✓ *Tercero*, el potencial de expansión del suelo de fundación puede ser controlado de forma que los hinchamientos o movimientos verticales hacia arriba que presente la cimentación se mantenga bajo límites tolerables.

4.2. DISEÑO DE CIMENTACIONES

Inicialmente se hace un análisis de la Capacidad Portante del Estrato de Cimentación y posteriormente un Dimensionamiento del Sistema de Cimentación Propuesto.

Considerando la magnitud de las cargas a transmitir al nivel de cimentación, las características de resistencia y compresibilidad del perfil de subsuelo encontrado y profundidad de cimentación y tipo de edificación, a continuación, se presentan las alternativas de cimentación recomendadas para la ampliación, incluyendo los parámetros para el diseño correspondiente.

4.2.1. Cimentación Superficial – Zapatas aisladas

Teniendo en cuenta que el sistema estructural a emplear en la ampliación y/o adecuación, son pórticos convencionales en concreto reforzado, la solución de cimentación propuesta, consiste en apoyar las columnas de la estructura por medio de zapatas aisladas en concreto reforzado, unidas entre sí mediante vigas de amarre apoyadas sobre un colchón de material granular, con un espesor mínimo de 0.20m. Para el caso de la edificación existente, se debe analizar la situación y verificar la capacidad de la cimentación existente con el debido recalce o implementar nuevos ejes (pórticos).

El estrato de cimentación para todas las estructuras será el descrito en el numeral 3.2, y que se encuentra a profundidades máximas de 2.20m, para el área donde se desarrollará la edificación.

Para efectos de dimensionamiento y diseño de la cimentación para las diferentes estructuras, a continuación, me permito presentar los parámetros geomecánicos del material.

Tipo de Cimentación	qa (ton/m²)	S (cm)	Ks (ton/m³)	Df (m)	F.S.
Zapatas Aisladas	12.50	2.43	500.00	1.20	3.00

Tabla 2. Parámetros Geo mecánicos diseño cimentación superficial

Nota: En el caso de que la profundidad del terreno natural sea mayor a la especificada, se debe sustituir el material existente con material granular hasta alcanzar los niveles recomendados o hasta alcanzar un espesor máximo de sustitución de 0.50m.

4.2.1. Cimentación Profunda – Pilotes Pre-excavados

La alternativa propone el uso de pilotes en concreto del tipo pre excavado y fundido “*in-situ*”, los cuales trabajarán soportando la totalidad de la carga bajo cada elemento estructural. El conjunto de pilotes estará unido por un dado estructural o por una viga cabezal donde se apoyará la estructura.

Se evaluaron diferentes tipos de pilotes, de los cuales se proponen pilotes con diámetros entre 0.30m y 0.50m y longitudes totales entre 3 y 8m. Estos pilotes están diseñados a partir de un coeficiente lateral variable y un factor de seguridad de 2.0. Para el caso de cargas sísmicas, Ver Anexo 4 “*Memorias de Cálculo*”.



**EG AMPLIACION Y ADECUACION
ESTRUCTURAL HOSPITAL SANTANDER.
CAICEDONIA, VALLE DEL CAUCA**



Todos los pilotes que conforman cada dado deberán tener la misma longitud efectiva sin excepción, aunque se podrán tener diferentes diámetros. Sin embargo, por ningún motivo deberá mezclarse diferentes diámetros en un mismo cabezal. Para efectos de dimensionamiento, los pilotes se distribuirán con una separación mínima de tres (3) diámetros centro a centro de pilotes.

El refuerzo de los pilotes de concreto se deja a criterio del Ingeniero Estructural, sin embargo, se recomienda reforzar toda su longitud con una cuantía **mínima** de 0.50% y deben seguir los lineamientos del título C.15.11.4 (Tabla 3) para estructuras DES.

Requisito	Estructuras con capacidad mínima (DMI) de disipación de energía	Estructuras con capacidad especial (DES) y moderada (DMO) de disipación de energía (véase la Nota)
Resistencia mínima del concreto, $f'c$	17.5 MPa	17.5 MPa
Cuantía longitudinal mínima	0.0025	0.0050
Número mínimo de barras longitudinales	4	4
Longitud del refuerzo longitudinal, a menos que el estudio geotécnico indique que se debe utilizar una longitud mayor	Tercio superior de la longitud del pilote, pero no menos de 4 m.	Mitad superior de la longitud del pilote, pero no menos de 6 m.
Diámetro de la barra de los estribos	Nº 2 (1/4") o 6M (6 mm) para pilotes hasta de 500 mm de diámetro y Nº 3 (3/8") o 10M (10 mm) para pilotes de más de 500 mm de diámetro.	Nº 3 (3/8") ó 10M (10 mm) para pilotes hasta de 750 mm de diámetro y Nº 4 (1/2") o 12M (12 mm) para pilotes de más de 750 mm de diámetro.
Separación máxima de los estribos	100 mm en los 600 mm superiores del pilote y 16 diámetros de barra longitudinal, a lo largo de la zona armada longitudinalmente.	75 mm en los 1.20 m superiores del pilote y 16 diámetros de barra longitudinal, a lo largo de la zona armada longitudinalmente.

Tabla 3 Tabla C.15.11-1 — Cuantías mínimas longitudinales y transversales en pilotes y cajones de cimentación vaciados en sitio

Nota: Cuando el diseño indica que se presentará disipación de energía en el rango inelástico en la zona superior del pilote o cajón, deben cumplirse los requisitos dados en el Capítulo C.21 y deben tomarse las precauciones necesarias para garantizar que la articulación plástica se presenta en la zona confinada.

D=		0,30 m		SFp=		2,50		Factor de Seguridad por Punta		
NF=		8,00 m		SFs=		2,00		Factor de Seguridad por Fuste		
	Profundidad	c	ϕ	γ	Nq	Nc	K0	Qp (Punta)	Qs (Fuste)	Qttotal
#	Prof Pilote (m)	ton/m²		ton/m³				ton	ton	ton
1	3	0,38	25,95	1,55	11,80	22,19	0,56	1,79	2,30	3,59
2	4	0,38	25,95	1,55	11,80	22,19	0,56	2,3	2,82	4,45
3	5	0,38	25,95	1,57	11,80	22,19	0,56	2,83	3,47	5,46
4	6	0,38	29,14	1,57	16,71	28,18	0,51	4,71	4,27	7,97
5	7	0,38	29,14	1,57	16,71	28,18	0,51	5,45	5,21	9,48
6	8	0,38	29,14	1,57	16,71	28,18	0,51	5,72	6,19	10,56

D=		0,40 m		SFp=		2,5		Factor de Seguridad por Punta		
NF=		8,00 m		SFs=		2		Factor de Seguridad por Fuste		
		c	ϕ	γ	Nq	Nc	K0	Qp (Punta)	Qs (Fuste)	Qttotal
#	Acum (m)	ton/m²		ton/m³				ton	ton	ton
1	3	0,38	25,95	1,55	11,80	22,19	0,56	3,17	3,08	5,35
2	4	0,38	25,95	1,55	11,80	22,19	0,56	4,09	3,77	6,65
3	5	0,38	25,95	1,57	11,80	22,19	0,56	5,02	4,63	8,14
4	6	0,38	29,14	1,57	16,71	28,18	0,51	8,37	5,70	12,26
5	7	0,38	29,14	1,57	16,71	28,18	0,51	9,69	6,95	14,53
6	8	0,38	29,14	1,57	16,71	28,18	0,51	10,17	8,26	16,02

D=		0,50 m		SFp=		2,5		Factor de Seguridad por Punta		
NF=		8,00 m		SFs=		2		Factor de Seguridad por Fuste		
		c	ϕ	γ	Nq	Nc	K0	Qp (Punta)	Qs (Fuste)	Qttotal
#	Acum (m)	ton/m²		ton/m³				ton	ton	ton
1	3	0,38	25,95	1,55	11,80	22,19	0,56	4,95	3,84	7,38
2	4	0,38	25,95	1,55	11,80	22,19	0,56	6,39	4,70	9,21
3	5	0,38	25,95	1,57	11,80	22,19	0,56	7,84	5,77	11,25
4	6	0,38	29,14	1,57	16,71	28,18	0,51	13,07	7,10	17,34
5	7	0,38	29,14	1,57	16,71	28,18	0,51	15,14	8,66	20,50
6	8	0,38	29,14	1,57	16,71	28,18	0,51	15,89	10,30	22,42

Tabla 4. Tabla de Pilotes

4.3. PLACA DE CONTRAPISO

Se recomienda como complemento a la estructura de cimentación de la placa de contrapiso (para las reparaciones) un colchón de material granular con un espesor mínimo de 0.10m. Dicho colchón deberá ser compactado garantizando por lo menos una densidad mínima de 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo Próctor Modificado. Para su verificación, se recomienda realizar un ensayo de densidad de campo para cada 100 m² de cada una de las capas compactadas.

El Diseño de la placa se dará a criterio del Ingeniero Estructural; sin embargo, se recomienda que ésta cuente con juntas de dilatación y constructivas para conformar recuadros máximos de 16 m². Su espesor mínimo teniendo en cuenta el uso de la misma, debe ser de 0.10m.

4.4. COEFICIENTES DE PRESIÓN LATERAL DEL SUELO

Para el diseño de las estructuras de contención, para taludes de corte de carácter definitivos con alturas superiores a 1.20m. El Ingeniero Estructural deberá partir de los siguientes parámetros geomecánicos:

Material	ϕ	γ (ton/m ³)	Ka	Kp	Kad
Sitio	25.20	1.512	0.403	2.483	0.613
Mat. Granular importado	35.00	1.850	0.271	3.690	0.502

Tabla 5 Coeficientes de presión.

5. DEFINICIÓN DEL ESPECTRO ELÁSTICO DE DISEÑO

Los espectros Elásticos de aceleración, velocidad y desplazamiento se definen en función de los siguientes parámetros:

- Aa = coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño, dado en A.2.2.
- Av = coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño, dado en A.2.2.
- Fa = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debida a los efectos de sitio, adimensional.
- Fv = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio, adimensional.
- g = aceleración debida a la gravedad (9.8 m/s²).
- T: Valor del período fundamental del edificio, calculado de acuerdo con la prescrito en A.5 de la Normas Sismo Resistentes Colombianas NSR-10 [Método del Análisis Dinámico].
- T₀: Período de vibración, en segundos, correspondiente al inicio de la zona de aceleración constante del espectro de diseño.
- T_c: Período de vibración, en segundos, correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante del espectro de diseño, para períodos cortos, y la parte descendiente del mismo.
- T_L: Período de vibración, en segundos, correspondiente al inicio de la zona de aceleración constante del espectro de diseño, para períodos largos.
- Sa: Valor del espectro de aceleraciones de diseño para un período de vibración dado. Máxima aceleración horizontal de diseño, expresada como una fracción de la aceleración de la gravedad, para un sistema de un grado de libertad con un período de vibración T.
- I: Coeficiente de importancia definido en A.2.5.1 de la Normas Sismo Resistentes Colombianas NSR-10

En los ordinales a continuación se hace el detalle de la obtención de los parámetros sísmicos.

6. CONDICIONES ESPECIALES DEL SUBSUELO

El procedimiento que se emplea para definir el tipo de perfil de suelo se basa en los valores de los parámetros del suelo de los 30m superiores del perfil; para el diseño del espectro elástico de aceleración se deben emplear los coeficientes espectrales definidos en el estudio de Zonificación Sísmica de Colombia, descritos en el título A de la norma NSR-10 – Capítulo A.2.

De acuerdo con los efectos locales descritos en las normas Colombianas de diseño y construcción, y al mapa de zonificación sísmica de Colombia, el área del proyecto se encuentra dentro de la zona de amenaza sísmica alta. Respecto a los tipos de perfil de suelo para la definición de efectos locales, se obró según las disposiciones del numeral A.2.4 de las NSR-10, así partiendo de los valores del número de golpes NSPT (A partir de la caracterización del suelo y del cuadro resumen de propiedades del suelo, Anexo), medio para los diferentes estratos, para todos los casos al obtener la velocidad de cortante, se utilizan los valores promedio de las relaciones propuestas por Yoshida y Motonori (1988), Seed (1972), Imai y Fumoto (1975), Imai y Yoshimura (1970), Ohba y Toriumi (1970), Ohta y Goto (1978), Japan Road Association (2002).

Tabla A.2.4-1
Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$\bar{V}_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s $> \bar{V}_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	760 m/s $> \bar{V}_s \geq 360$ m/s
	perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$\bar{N} \geq 50$, o $\bar{q}_{90} \geq 100$ kPa (≈ 1 kgf/cm ²)
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	360 m/s $> \bar{V}_s \geq 180$ m/s
	perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > \bar{N} \geq 15$, o 100 kPa (≈ 1 kgf/cm ²) $> \bar{q}_{90} \geq 50$ kPa (≈ 0.5 kgf/cm ²)
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	180 m/s $> \bar{V}_s$
	perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ 50 kPa (≈ 0.50 kgf/cm ²) $> \bar{q}_{90}$
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista de acuerdo con el procedimiento de A.2.10. Se contemplan las siguientes subclases: F ₁ — Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como: suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc. F ₂ — Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3 m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas). F ₃ — Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75) F ₄ — Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 36 m)	

Tabla 6 Tabla A.2.4-1 Criterios para clasificar suelos dentro de los perfiles de suelo tipos A, B C, D, E ó F

En las memorias de cálculo Geotécnico se anexa los cálculos para determinar el perfil de suelo según NSR-10 A.2.4

Conclusión:

Método de cálculo de VS30	Valor en m/seg		Suelos licuables?	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas (VS30<180m/s)?	Clasificación de los perfiles de suelo según NSR-10, Tabla A.2.4-1	
VS30 (medido en el sitio con métodos directos)	NO APLICADO				-	
VS30 (Derivado mediante VP y modulo de Poisson)	NO APLICADO				-	
VS30 (con Ohia y Goto)	241,04				D	
VS30 (con Yoshida y Motonori)	171,48				E	
Japan Road association (m/s)	195,81				D	
VS Seed (m/s)	187,44				D	
VS Imai y Fumoto (m/s)	224,22				D	
VS Imai y Yoshimura (m/s)	185,86				D	
VS Ohba Toriumi (m/s)	193,48				D	
Vs max	241,04					
Vs min	171,48					
Vs prom	199,91				D	

Tabla 7 Comparación de los métodos de cálculo de VS30

6.1. COEFICIENTE DE ACELERACIÓN HORIZONTAL PICO EFECTIVA PARA DISEÑO AA

Conforme a la NSR-10 (A.2.4) y el mapa de zonificación sísmica de Colombia, el área del proyecto se encuentra dentro de la zona de amenaza sísmica Alta (Zona 5), con un valor de $A_a=0.25$ y $A_v= 0.20$

6.2. COEFICIENTES DE AMPLIFICACIÓN PARA PERÍODOS CORTOS E INTERMEDIOS

Al cruzar los valores de A_a y A_v definidas en las tablas A.2.4-3 y A.2.4-4 con el tipo de perfil de suelo (D), definido en el numeral 6.

Valores del coeficiente F_a , para la zona de periodos cortos del espectro (NSR-10 Tabla A.2.4-3)									
	Intensidad de los movimientos sísmicos								
Tipo de Perfil	$A_a=0.10$	$A_a=0.20$	$A_a=0.30$	$A_a=0.40$	$A_a=0.50$	$A_a=0.15$	$A_a=0.25$	$A_a=0.35$	$A_a=0.45$
A	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
C	1.20	1.20	1.10	1.00	1.00	1.20	1.15	1.05	1.00
D	1.60	1.40	1.20	1.40	1.00	1.50	1.30	1.30	1.20
E	2.50	1.70	1.20	0.90	0.90	2.10	1.45	1.05	0.90
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota

Valores del coeficiente F_v , para la zona de periodos intermedios del espectro (NSR-10 Tabla A.2.4-4)									
	Intensidad de los movimientos sísmicos								
Tipo de Perfil	$A_v=0.10$	$A_v=0.20$	$A_v=0.30$	$A_v=0.40$	$A_v=0.50$	$A_v=0.15$	$A_v=0.25$	$A_v=0.35$	$A_v=0.45$
A	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
B	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
C	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30	1.65	1.55	1.45	1.35
D	2.40	2.00	1.80	1.50	1.50	2.20	1.90	1.65	1.50
E	3.50	3.20	2.80	2.40	2.40	3.35	3.00	2.60	2.40
F	véase nota	véase nota	véase nota	Véase nota	véase nota	véase nota	véase nota	véase nota	véase nota

Tabla 8 Valores de F_a y F_v para la zona de periodos intermedios del espectro

6.3. ESPECTRO DE ACELERACIONES

Conforme a lo estipulado por la NSR-10 (A.2.6), la forma del espectro elástico de aceleraciones, S_a expresado como fracción de la gravedad, para un coeficiente de amortiguamiento crítico del 5%, que se debe utilizar en el diseño, se da la figura A.2.6-1 y se define mediante la ecuación A.2.6-1 con las limitaciones dadas en A.2.6.1.1 a A.2.6.1.3.

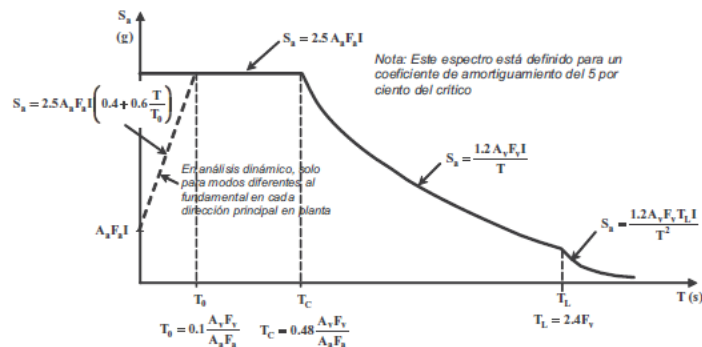


Figura A.2.6-1 — Espectro Elástico de Aceleraciones de Diseño como fracción de g

7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Las recomendaciones contenidas en el presente informe se basan en los datos obtenidos del plan exploratorio realizado, y en la información suministrada por la empresa contratante y están sujetas a cambios de acuerdo a los resultados que arroje el estudio de microzonificación sísmica del municipio y las disposiciones específicas que para este tipo de proyectos estime el Plan de Ordenamiento Territorial.

	EG AMPLIACION Y ADECUACION ESTRUCTURAL HOSPITAL SANTANDER. CAICEDONIA, VALLE DEL CAUCA	
---	---	---

Si durante la construcción se presentan situaciones o condiciones no previstas en este informe, deberá darse aviso oportuno a esta oficina para estudiar la solución más adecuada.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el numeral 4, del presente documento, se presentan dos alternativas de cimentación para el refuerzo de la estructura, por lo tanto, la alternativa a implementar obedece a factores funcionales de la estructura o a factores económicos. La recomendación aplica para las obras de reforzamiento como para las edificaciones nuevas.

Se debe tener mucho cuidado con la cimentación de las construcciones vecinas y recibir sus apoyos hasta el nivel más bajo de la zapata o viga. Para lo cual se deben emplear soportes lo suficientemente resistentes y separados de manera tal que no permitan movimientos ni sobre esfuerzos de dichos elementos.

Una vez alcanzado el nivel de cimentación, este deberá ser compactado o cilindrado, esto con el fin de minimizar deformaciones inmediatas y para detectar fallos.

La estructura debe tener amarres horizontales incluyendo cubierta incluyendo vigas cunbreras y amarres verticales en las esquinas, en los cruces de muros principales. Los muros divisorios deber ir sobre vigas.

Para la adecuación estructural de la edificación actual debido a la ampliación, se debe evaluar la resistencia de los elementos de cimentación existentes y su aporte (%) dentro del sistema de cimentación definitivo. La capacidad portante obtenida se multiplica por el área del elemento para obtener la máxima capacidad de carga para cada eje de la columna. Se compara la carga evaluada para el mismo punto de acuerdo con el análisis estructural de la norma NSR-10. Si el valor de la carga excede la capacidad del elemento existente, se deberá efectuar un recalce del elemento portante existente. Dicho recalce se puede efectuar aumentando la sección efectiva del elemento o incorporando nuevos elementos (zapatas). Sin embargo, se recomienda que la ampliación tenga una estructura totalmente independiente a la estructura existente.

Si por alguna circunstancia de tipo urbanístico, la construcción queda localizada sobre LLENOS, se debe garantizar que estos tengan por lo menos la capacidad portante de diseño del proyecto, además deben estar dotados de un sistema de confinamiento y/o contención que nos garantice su estabilidad (interna y general) y su capacidad de soporte (q_{adm} diseño).

Con el fin de estudiar el tipo y estado de la cimentación actual de la edificación, se excavaron una serie de apiques manuales con profundidades de desplante entre 0.40m y 1.00m, los cuales se describen a continuación:

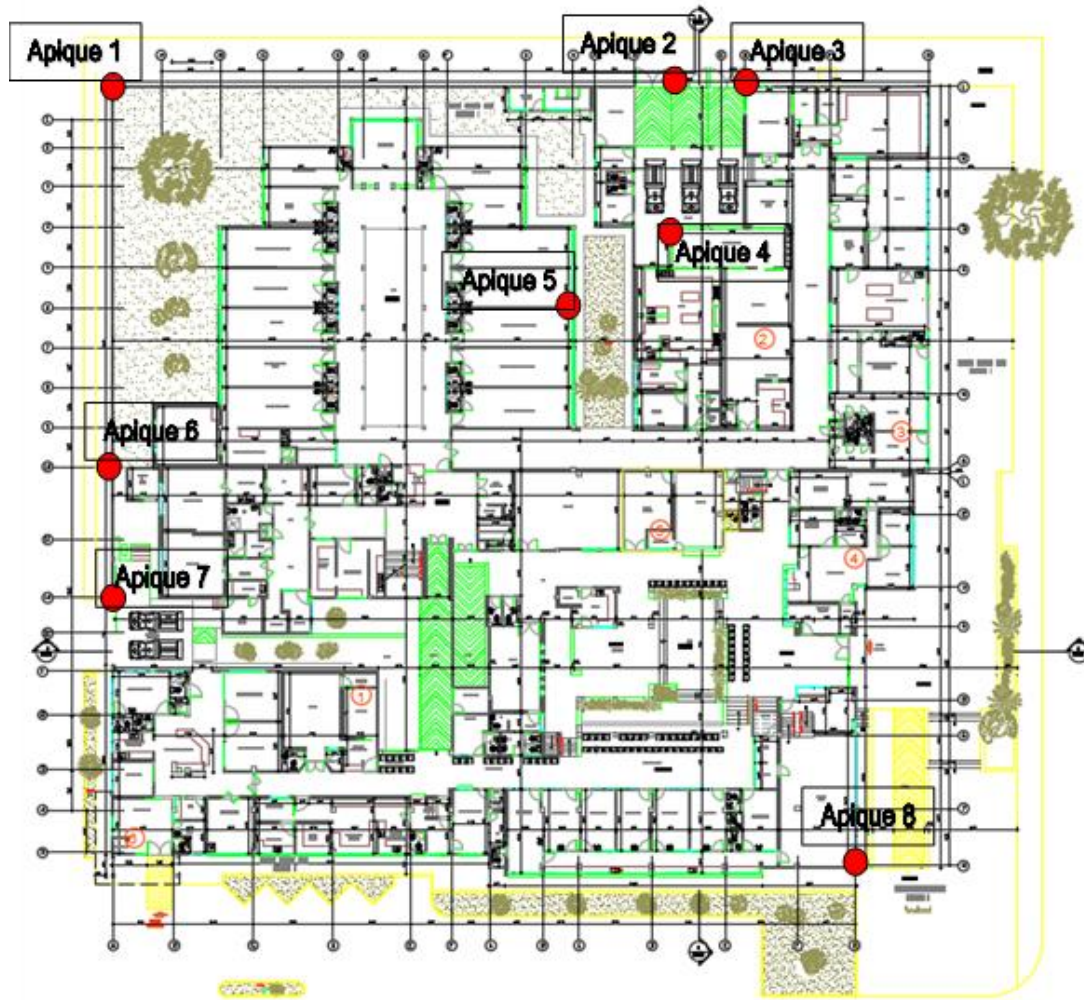


Ilustración 4. Apiques en cimentación actual

Numero Apique	Elemento	Ancho. (m)	Alto (m).	Largo (m).
1	Zapata	0.60	0.35	0.90
2	Zapata	0.40	0.35	0.90
3	Zapata	0.40	0.35	0.90
4	Zapata	0.30	0.30	1.00
5	Zapata	0.40	0.40	0.90
6	Zapata	0.60	0.40	0.60
7	Zapata	0.60	0.40	0.60
8	Zapata	0.60	0.35	0.90

Tabla 9. Dimensiones cimentación existente

	EG AMPLIACION Y ADECUACION ESTRUCTURAL HOSPITAL SANTANDER. CAICEDONIA, VALLE DEL CAUCA	
---	---	---

El material producto de las excavaciones deberá ser dispuesto de manera tal que:

- No se generen concentraciones de esfuerzos en las paredes de las excavaciones o laderas aledañas por sobrecargas. Este se debe acumular guardando cierta distancia del borde de la excavación o taludes aledaños y en forma lineal.
- Se debe proteger de las aguas lluvias, de manera tal que en el momento de realizar rellenos, este no se encuentre saturado y no permita una compactación óptima.
- Debe ser dispuesto en zonas estables y en sitios tales que no amenacen o disturben el bienestar y a integridad de las personas y edificaciones vecinas.
- No se contamine con materiales no aptos para el LLENADO de las excavaciones (material vegetal, basuras, etc.).

El contratista es el responsable de la estabilidad de los taludes temporales y permanentes, por lo tanto debe soportar y proteger a satisfacción del interventor todas las superficies expuestas por las excavaciones hasta la terminación de la obra.

A continuación me permito hacer unas consideraciones al respecto:

- A fin de prevenir los desmoronamientos y los riesgos de accidentes, por una parte y para disminuir la superficie total ocupada por otra, es conveniente entibar las excavaciones. Las posibles infiltraciones de agua, trepidaciones provocadas por máquinas, cargas externas, etc. Son elementos que modifican los planos de rotura del terreno.
- Los entibados en la mayoría de los casos se hace de acuerdo a las costumbres de cada región a las experiencias recogidas, sin embargo es muy importante tener en cuenta: Es necesario entibar a tiempo y material destinado al revestimiento de la excavación debe estar a pie de obra con la suficiente antelación, en buen estado y cantidad suficiente.
- La distancia libre entre las tablas depende del tipo de terreno, para terrenos movedizos estas deber ir pegadas a tope y así sucesivamente y de acuerdo al comportamiento del terreno se puede ir modificando la distribución de los elementos.
- El material producto de las excavaciones deber quedar separado por lo menos 1m de la arista del talud, El revestimiento debe quedar por lo menos 0.10m por encima de la cota del terreno para evitar la caída de material a la excavación.
- Se debe dotar el área de un sistema temporal para el manejo de aguas de escorrentía de manera que el agua no ingrese en las excavaciones alterando las propiedades del material.
- En los procesos de excavación donde se noten desprendimientos en las paredes, se recomienda además de los entibados, Conformar el talud en una disposición 1H:2V a partir de la profundidad donde se presenten los desprendimientos, esta profundidad varía dependiendo de las condiciones encontradas durante la construcción.
- No se deberán dejar las excavaciones abiertas más del tiempo necesario, esto con el objeto de evitar derrumbes que desestabilicen las paredes de la excavación, principalmente en épocas o periodo de lluvias.

	EG AMPLIACION Y ADECUACION ESTRUCTURAL HOSPITAL SANTANDER. CAICEDONIA, VALLE DEL CAUCA	
---	---	---

Así mismo, debe evitar la contaminación del material de fundación antes de la colocación de los respectivos concretos y rellenos. La protección de los taludes incluye el suministro y remoción de soportes, incluyendo los entibados y acodalamientos que sean necesarios, la desviación de aguas superficiales, el retiro de aguas subterráneas en las excavaciones, el suministro y mantenimiento de un sistema de drenaje y bombeo que sea requerido.

En el caso que se necesiten realizar rellenos, se deberá utilizar como material de relleno, el material granular arenoso a utilizar como apoyo de las diferentes cimentaciones. Dicho material deberá tener las mismas características de composición y compactación. Dicho material granular debe tener un $I_p < 7\%$ y $P_{200} < 20\%$. La capa granular recomendada deberá ser compactada en capas no mayores a 0.15m de espesor o aquel que permita garantizar una densidad mínima de 95% de la densidad máxima obtenida en el ensayo *Proctor Modificado*. Para su verificación, se recomienda realizar un ensayo de densidad en campo para cada sector u zapata.

Si durante la etapa de excavación se encuentran sitios de fallos (hundimientos o bolsas de material blando u orgánico), se removerá el material alterado y húmedo. La zona se estabilizará con rajón grueso o piedra media zonja. También se podrá estabilizar el sitio con geotextil del tipo no tejido tipo *PAVCO 1400* o similar.

Se recomienda construir un andén perimetral a las diferentes construcciones de por lo menos 1.0m de ancho, con pendiente hacia el exterior, como mecanismo para el manejo de aguas lluvias y control de humedad del suelo en los alrededores y bajo la cimentación. El andén deberá estar apoyado sobre un colchón de material granular de las mismas características del mencionado para la placa de contrapiso.

El sistema de patios deberá complementarse con un sistema de cunetas y drenajes que impidan el apozamiento de agua en el sector. El agua lluvia que escurre de las cubiertas deberá captarse y conducirse al sistema general de drenaje, evitando que se infiltren aguas a las estructuras inferiores que componen el pavimento y las cimentaciones de las construcciones vecinas.

Debido a la posición del Nivel freático, es importante generar los mecanismos necesarios para abatirlo, esta solución debe ser integral para todo el complejo industrial, por lo tanto en este momento la recomendación sería estudiar esta situación en detalle, con el fin de localizar un sistema de filtros exteriores que controlen el ascenso de este nivel freático, teniendo especial cuidado con los niveles y pendientes de esta estructura, con el fin de que este no se convierta en un medio de transporte de agua en contraflujo hacia el proyecto.

Es recomendable dar aviso a esta oficina una vez se hayan realizado los movimientos de tierra para el inicio de las obras, esto con el fin de realizar una inspección y ver la conformación definitiva del terreno y si es del caso emitir recomendaciones en cuanto a la conformación de rellenos y al manejo de taludes de corte y terraplén.

	EG AMPLIACION Y ADECUACION ESTRUCTURAL HOSPITAL SANTANDER. CAICEDONIA, VALLE DEL CAUCA	
---	---	---

9. ANEXOS

Como complemento a este informe, se incluyen los siguientes anexos:

- Anexo 1 : Localización de General y de Sondeos
- Anexo 2 : Registros de Perforación
- Anexo 3 : Resumen de Ensayos de Laboratorio
- Anexo 4 : Memorias de Cálculo