



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“NIVEL DE RIESGO SÍSMICO EN LA I. E. SAN MARCOS
PROVINCIA SAN MARCOS - 2014.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:

Bachiller Janiel Paredes Morales

Asesor:

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Cajamarca – Perú
2015

APROBACIÓN DE LA TESIS

El(La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el(la) Bachiller **Nombres y Apellidos**, denominada:

**“NIVEL DE RIESGO SÍSMICO EN LA I. E. SAN MARCOS PROVINCIA DE
SAN MARCOS - 2014”**

Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Moreno
ASESOR

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
**JURADO
PRESIDENTE**

Ing. Gerson Rodríguez Quispe
JURADO

Ing. Erlyn Giordany Salazar Huamán
JURADO

DEDICATORIA

A DIOS

Primeramente a Dios por brindarme la vida y haberme regalado una hermosa familia; así mismo haber puesto en mi camino a grandes personas, ayudándome a vencer obstáculos y cada día salir adelante.

A MIS PADRES

Quienes siempre me apoyaron en todo y me supieron guiar en el buen camino de la vida, brindándome sus sabios consejos y enseñanzas.

A MIS HERMANOS

Por acompañarme siempre en los buenos y malos momentos, ayudándome a lograr mis objetivos y metas planteadas.

A MIS ABUELITOS Y TÍOS

Quienes me brindaron su apoyo en cada instante de mi vida.

A MIS AMIGOS

Quienes me brindaron su apoyo en cada instante de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor el Dr. Ing. Miguel Ángel Mosqueira Ramírez por el gran apoyo y dedicación para el desarrollo de la presente tesis.

Al director de la carrera de ingeniería civil de la Universidad Privada del Norte el Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga por el gran apoyo que brinda a los estudiantes de la carrera que con su experiencia y conocimientos nos ayuda a ser grandes profesionales.

A los docentes de la Universidad Privada del Norte, quienes con su experiencia y dedicación brindaron sus conocimientos para el desarrollo de esta tesis.

A los profesionales de la Dirección Regional de Cajamarca, en especial al Ing. Leonardo Arbíldo que colaboraron con información para el desarrollo de esta tesis.

A los técnicos encargados de los laboratorios de la Universidad Privada del Norte, los señores: Víctor Cuzco Marín y Oscar Arturo Vásquez Mendoza.

Al director de la I. E. "San Marcos" el Prof. Joel Paredes Gonzáles y el personal de servicio que nos brindaron las facilidades de trabajar en dichas instalaciones.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema.....	144
1.3. Justificación.....	144
1.4. Limitaciones	155
1.5. Objetivos	155
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	155
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	155
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. Antecedentes	16
2.2. Bases Teóricas	19
2.3. Definición de términos básicos	22
CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....	24
3.1. Formulación de la hipótesis	24
3.2. Operacionalización de variables	24
CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	25
4.2. Material de estudio.....	25
5.2.1. <i>Unidad de estudio</i>	25
5.2.2. <i>Población</i>	25
5.2.3. <i>Muestra</i>	26
4.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.....	27
5.3.1. <i>Para recolectar datos</i>	27
5.3.2. <i>Para analizar información</i>	27

CAPÍTULO 5. RESULTADOS	51
5.1. Comportamiento sísmico de las edificaciones.....	51
5.1.1. <i>Evaluación de los desplazamientos relativos de entrepiso y junta sísmica</i>	51
5.1.2. <i>Evaluación del comportamiento de las vigas</i>	52
5.1.2. <i>Evaluación del comportamiento de las columnas</i>	60
5.1.2. <i>Evaluación del tipo de falla</i>	63
5.1.2. <i>Evaluación de la falla de columna corta</i>	67
5.2. Estado actual de las edificaciones de la I. E. "San Marcos"	68
5.3. Estabilidad de tabiques	68
5.4. Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.....	69
5.5. Peligro sísmico de las edificaciones	69
5.6. Riesgo sísmico de las edificaciones	70
CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN	72
6.1. Evaluación de los desplazamientos relativos de entrepiso y junta sísmica	72
6.2. Evaluación del comportamiento de las vigas.....	73
6.3. Evaluación del comportamiento de las columnas.....	73
6.4. Evaluación del tipo de falla	73
6.5. Evaluación de la falla de columna corta	74
6.6. Estabilidad de tabiques	74
6.7. Vulnerabilidad sísmica de las edificaciones.....	75
6.8. Peligro sísmico de las edificaciones	75
6.9. Riesgo sísmico de las edificaciones	75
CONCLUSIONES	76
REFERENCIAS	77
ANEXOS	80
ANEXO N° 1. Panel fotográfico de estado actual del pabellón "C"	80
ANEXO N° 2. Panel fotográfico de estado actual del pabellón "B"	82
ANEXO N° 3. Panel fotográfico de estado actual del pabellón "A"	85
ANEXO N° 4. Panel fotográfico habilitación de vigas y columnas para ensayos de esclerometría	86
ANEXO N° 5. Panel fotográfico de ensayos de esclerometría	90
ANEXO N° 6. Fichas de reporte.....	93
ANEXO N° 7. Estudio de mecánica de suelos	94
ANEXO N° 8. Ensayo de esclerometría	124

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°1 Operacionalización de Variables	24
TABLA N°2 Factores de Zona (Z)	29
TABLA N°3 Factores de Importancia (U)	30
TABLA N°4 Parámetros del Suelo	31
TABLA N°5 Sistemas Estructurales	31
TABLA N°6 Área de las barras de acero	37
TABLA N°7 Coeficiente Sísmico C1	44
TABLA N°8 Valores del Coeficiente de Momentos "M" y Dimensión Crítica "A"	45
TABLA N°9 Parámetros para evaluar la Vulnerabilidad Sísmica.....	46
TABLA N°10 Rango numérico para la evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica	46
TABLA N°11 Valores de los parámetros del Peligro Sísmico.....	48
TABLA N°12 Rango de valores para el cálculo del Peligro Sísmico	49
TABLA N°13 Calificación del Riesgo Sísmico.....	49
TABLA N°14 Desplazamientos laterales y desplazamientos relativos de entrepiso de las edificaciones	52
TABLA N°15 Espesor de la Junta Sísmica.....	52
TABLA N°16 Momento nominal resistente y Momento nominal actuante de la viga principal del pabellón 1A.....	53
TABLA N°17 Momento nominal resistente y Momento nominal actuante de la viga principal del pabellón 2A.....	54
TABLA N°18 Momento nominal resistente y Momento nominal actuante de la viga principal del pabellón 1B	55
TABLA N°19 Momento nominal resistente y Momento nominal actuante de la viga principal del pabellón 2B.....	55
TABLA N°20 Momento nominal resistente y Momento nominal actuante de la viga principal del pabellón C.....	56
TABLA N°21 Momento nominal resistente y Momento nominal actuante de la viga secundaria del pabellón 1A	57
TABLA N°22 Momento nominal resistente y Momento nominal actuante de la viga secundaria del pabellón 2A	57

TABLA N°23 Momento nominal resistente y Momento nominal actuante de la viga secundaria del pabellón 1B	58
TABLA N°24 Momento nominal resistente y Momento nominal actuante de la viga secundaria del pabellón 2B	59
TABLA N°25 Momento nominal resistente y Momento nominal actuante de la viga secundaria del pabellón C	59
TABLA N°26 Acero existente y Acero necesario de las columnas, Pabellón 1A	61
TABLA N°27 Acero existente y Acero necesario de las columnas, Pabellón 2A	61
TABLA N°28 Acero existente y Acero necesario de las columnas, Pabellón 1B	62
TABLA N°29 Acero existente y Acero necesario de las columnas, Pabellón 2B	62
TABLA N°30 Acero existente y Acero necesario de las columnas, Pabellón C	63
TABLA N°31 Momento de Inercia y el Módulo de Sección de las columnas, Pabellón A y B.....	66
TABLA N°32 Momento de Inercia y el Módulo de Sección de las columnas, Pabellón A y B.....	66
TABLA N°33 Rigidez de la columna total y la columna corta N° 1.....	67
TABLA N°34 Rigidez de la columna total y la columna corta N° 2.....	67
TABLA N°35 Estabilidad de tabiques.....	68
TABLA N°36 Vulnerabilidad de la estructura, Pabellones A y B.....	69
TABLA N°37 Vulnerabilidad de la estructura, Pabellón C.....	69
TABLA N°38 Peligro de la estructura.....	70
TABLA N°39 Riesgo Sísmico de los pabellones de la I. E. "San Marcos".....	71

ÍNDICE DE GRÁFICOS

FIG. N°1 Campus de la I.E. "San Marcos"	26
FIG. N°2 Espectro de diseño de Pseudo Aceleración	32
FIG. N°3 Sección rectangular de concreto simplemente reforzado.....	33
FIG. N°4 Sección rectangular de concreto doblemente reforzado.	34
FIG. N°5 Sección rectangular de concreto armado sometida a flexo compresión.	36
FIG. N°6 Esquema de una columna típica.....	38
FIG. N°7 Esquema de alturas de la columna total y columna corta..	41
FIG. N°8 Mecanismos de fallas de sistemas aperticados.....	42
FIG. N°9 Esquema de la viga principal, Pabellón A.....	53
FIG. N°10 Esquema de la viga principal, Pabellón B.....	54
FIG. N°11 Esquema de la viga principal, Pabellón C	55
FIG. N°12 Esquema de la viga secundaria, Pabellón A	56
FIG. N°13 Esquema de la viga secundaria, Pabellón B	58
FIG. N°14 Esquema de la viga secundaria, Pabellón C	59
FIG. N°15 Esquema de las columnas, Pabellón A.....	60
FIG. N°16 Esquema de las columnas, Pabellón B.....	61
FIG. N°17 Esquema de las columnas, Pabellón C	62
FIG. N°18 Verificación de la proporción de la capacidad resistente de las vigas y columnas del pabellón 1A	64
FIG. N°19 Verificación de la proporción de la capacidad resistente de las vigas y columnas del pabellón 2A	64
FIG. N°20 Verificación de la proporción de la capacidad resistente de las vigas y columnas del pabellón 1B	65
FIG. N°21 Verificación de la proporción de la capacidad resistente de las vigas y columnas del pabellón 2B	65
FIG. N°22 Verificación de la proporción de la capacidad resistente de las vigas y columnas del pabellón C	66
FIG. N°23 Longitudes de evaluación de la rigidez.....	67
FIG. N°24 (a) Junta sísmica entre el pabellón 1A y 2B, 1B y 2B. (b) Junta sísmica entre el pabellón C y baños	72

RESUMEN

La institución educativa "San Marcos", está ubicada en la provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca por lo tanto se encuentra en zona de alta sismicidad y sobre un suelo de poca resistencia. Por ello es necesario evaluar el comportamiento de las edificaciones ante un sismo severo, con el fin de prevenir y mitigar los daños, se ha determinado el nivel de riesgo sísmico de los pabellones de la institución educativa. También se determinó la resistencia de elementos portantes usando el esclerómetro.

El comportamiento estructural de las edificaciones se realizó recolectando la información necesaria y los resultados de estos análisis fueron procesados en fichas donde se obtuvo la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de cada pabellón. Los resultados obtenidos nos determinaron que la I. E. "San Marcos" tiene un riesgo sísmico alto y ante un sismo severo se producirá fallas iniciales en las columnas, fallas de columna corta, algunos de sus tabiques colapsarán debido a la falta de elementos de arriostre por consiguiente las estructuras colapsarán.

Palabras claves: vulnerabilidad sísmica, peligro sísmico, riesgo sísmico.

ABSTRACT

The school "San Marcos", is located in the province of San Marcos, Cajamarca department therefore is in high seismicity zone on a floor and little resistance. It is therefore necessary to evaluate the behavior of the buildings to a severe earthquake, in order to prevent and mitigate the damage has been determined the level of seismic hazard in the halls of the school. Resistance of support elements were also determined using the esclerómetro.

The structural behavior of the buildings was performed by collecting the necessary information and the results of these analyzes were processed in chips where vulnerability, hazard and seismic risk of each pavilion was obtained. The results determined us that the IE "San Marcos" has a high seismic risk and to a severe earthquake early failures in columns, failure short column, some of its walls collapse will occur due to lack of bracing elements accordingly structures collapse.

Key words: Seismic vulnerability, seismic hazard, seismic risk.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Los desastres naturales, como terremotos, causan anualmente una gran cantidad de muertes, daños y pérdidas de infraestructura económica y social en diversos países del mundo (Luccioni, 2006).

Los grandes asentamientos urbanos, en los cuales se concentra una buena parte de la población mundial, se ubican en zonas que representan cierta comodidad para el desarrollo económico de un país sin considerar la injerencia que pudiese tener los eventos naturales en dichas zonas. De tal manera que no se hablara de catástrofes o desastres ocasionados por eventos naturales si no hubiese zonas altamente vulnerables y amenazas latentes que generen afectación tanto de forma directa como indirecta a la vida humana y animal o espacio físico del cual estos dependan (Quintero & Rojas, 2011).

De tal manera, los terremotos han provocado en la última década el 60 % de las muertes causadas por eventos naturales. De los eventos naturales ocurridos a nivel mundial los terremotos suponen el 9 %, estos no han aumentado en frecuencia ni en cantidad de energía liberada. Lo que ha aumentado significativamente es la vulnerabilidad social y territorial bajo la cual siguen teniendo auge los asentamientos urbanos motivado a la alta densidad poblacional en zonas de alto riesgo sísmico. Pág. web: www.upc.edu/saladeprensa/monografics-es/, 2010.

Dentro de los 10 desastres que más muertos han causado se encuentra no solo el terremoto de Haití, sino el de Chile (febrero, 562 muertos) y el de China (abril, 2.290 muertos) (Pérez, 2010).

Nuestro país se encuentra sobre una región de convergencia tectónica entre las placas Oceánica (Nazca) y Continental (Sudamericana). Esta interacción de placas ocurre en una zona de subducción: las placas se acercan y una se introduce por debajo de otra a razón aproximadamente 9 cm / año (Kuroiwa, 2002).

En el Perú existen aproximadamente 41000 centros educativos públicos construidos en diferentes épocas, con diferente arquitectura y materiales. La mayoría de las edificaciones educativas son vulnerables a los terremotos debido a que fueron construidas en décadas en que los códigos de construcción no consideraban de manera decidida la protección contra terremotos. Después de cada terremoto los edificios educativos peruanos quedan seriamente dañados en la zona epicentral y el estado tiene que invertir importantes sumas en recuperar la infraestructura de la zona (Astorga & Aguilar, 2006).

En el Perú, después de un terremoto sólo los edificios dañados se refuerzan además de reparar sus daños y mejorar sus instalaciones. De este modo, el estado se ve obligado a invertir tanto en el reforzamiento como en la reparación de cada edificio que interviene. Sin embargo, si se pudieran reforzar los edificios vulnerables con la debida anticipación, los gastos de reparación post sismo, podrían eliminarse o reducirse significativamente. Por lo tanto, es necesario desarrollar un plan nacional de protección sísmica de la infraestructura educativa con el fin de racionalizar el uso de los recursos por parte del estado (Astorga & Aguilar, 2006).

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el nivel de riesgo sísmico que presenta la I. E. "San Marcos" debido a la vulnerabilidad y peligro sísmico en la provincia de San Marcos, 2014?

1.3. Justificación

El estudio de la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones de las instituciones educativas de la provincia de San Marcos, es muy importante, porque ello conduce a conocer el estado actual de las estructuras y el nivel de daño que presenta ante amenazas sísmicas, para luego realizar planes de contingencia, de tal manera que no ponga en peligro la vida de los escolares ni del personal que allí trabaja.

También es importante para sensibilizar a las autoridades políticas y educativas que tomen conciencia respecto a la vulnerabilidad sísmica en las edificaciones. Los estudios de vulnerabilidad adquieren una importancia especial cuando las edificaciones objeto de estudio han sido construidas antes del desarrollo de las normas sismo resistentes o, su construcción ha nacido de la gestión de una comunidad que no tiene capacidad técnica para hacerlo adecuadamente.

Las edificaciones escolares por su función representan una prioridad dentro de las necesidades de la comunidad, y de su comportamiento frente a un sismo o cualquier otro fenómeno natural depende la vida y seguridad de muchas personas, entre ellas niños y adolescentes, de cuya formación depende el desarrollo y crecimiento del país. Adicionalmente, es una práctica común que, una vez se presenta una emergencia, los establecimientos educativos son convertidos en albergues provisionales para damnificados y personal de apoyo.

La I. E. "San Marcos" se encuentra ubicada en una zona de alta sismicidad, algunas de sus edificaciones tienen una antigüedad mayor a 20 años y se encuentran deterioradas y es posible que durante un sismo severo estas colapsen, ocasionando daños materiales y pérdida de vidas humanas. Es por ello que esta investigación intenta cumplir con las tres funciones de la ciencia describir el estado actual de los edificios de la facultad de ingeniería, explicar las fallas que se

producen en ellos y predecir su comportamiento ante un sismo. Para cumplir ello es necesario determinar, el grado de vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico al que están sometidos.

1.4. Limitaciones

La principal dificultad para desarrollar esta investigación es la obtención de los planos de las edificaciones en estudio, también siendo una de las limitaciones la accesibilidad al lugar dónde se desarrolló el proyecto.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar el nivel de riesgo sísmico en la I. E. "San Marcos", 2014.

1.5.2. Objetivos Específicos

1. Determinar la vulnerabilidad sísmica de la I. E. "San Marcos".
2. Determinar el peligro sísmico de la I. E. "San Marcos".

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

- Según Llanos & Vidal, 2003, en su estudio titulado: evaluación sísmica de escuelas: una propuesta metodológica. Tuvo como objetivo evaluar el grado de vulnerabilidad sísmica de una muestra representativa de escuelas de la ciudad de Santiago de Cali. Se desarrolló un procedimiento cualitativo detallado de evaluación, a partir de la adaptación de métodos existentes a las características particulares observadas en las escuelas visitadas, con base a este procedimiento y el análisis de los aspectos más incidentes en la vulnerabilidad de 20 escuelas, se diseñó un procedimiento y el análisis de los aspectos más incidentes en la vulnerabilidad. Se llegó al resultado que el 56% de las escuelas de la población estudiada son altamente vulnerables y que 16 de ellas pueden representar un riesgo para las personas, incluso antes que ocurra un sismo fuerte, debido a la inestabilidad de elementos estructurales y no estructurales con fallas graves, que afecten el comportamiento y la funcionalidad de las edificaciones escolares. Además este estudio reveló que las escuelas de Cali están subdimensionadas.

- Según Texaj, 2005 en su tesis titulada: Determinación de la vulnerabilidad sísmica estructural en un sector de las zonas 1, 2, 3 y 4 de la Ciudad de Chimaltenango. Que tuvo como objetivo Realizar un estudio en el sector, por medio del método cualitativo ATC-21, propuesto por Applied Technology Council, que permita cuantificar la vulnerabilidad estructural y la cantidad de daños potenciales en elementos materiales y humanos, que podría sufrir el sector de la ciudad de Chimaltenango ante un fenómeno sísmico con aceleraciones del suelo de $0.3g = 2.94 \text{ m/seg}^2$, o mayores, en la componente horizontal, con una probabilidad de ocurrencia de, al menos, una vez en cincuenta años, equivalente a 0.02. y llegó a la conclusión que los índices de vulnerabilidad estructural en el área evaluada son los siguientes: Mínima 70.17%, significativa 22.76%, alta 4.64%, muy alta 2.43%.

- Según Suárez, Dávila, Inglessis, & Rivero, 2009, en su artículo titulado: Evaluación cualitativa de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones escolares en la ciudad de Mérida, tuvo como objetivo evaluar la vulnerabilidad sísmica, en términos cualitativos, de 65 edificaciones educativas del sector público, la evaluación se hace en base a un formato que contempla el estudio de diferentes parámetros que se dividen en formularios que contienen preguntas donde se valora el entorno y ubicación, suelos, seguridad y zonas de evacuación; edad de la edificación y número de pisos, cambio de uso y ampliaciones, posibilidad de golpeteo, estado y tipo de cubierta, aspectos geométricos, aspectos constructivos y grado de deterioro; estado de la estructura, muros y antepechos; así como, otros parámetros que evalúan requerimientos de la normativa sismorresistente. Los resultados muestran que el 51% de los planteles evaluados tienen un índice de vulnerabilidad media. Sin embargo, cuando se evalúan individualmente algunos parámetros se obtienen índices de vulnerabilidad alto y muy alto. Uno de los mayores problemas, presente en el 81% del grupo analizado, lo constituye el grado de deterioro por presencia de fisuras, humedades y otros elementos que afectan la calidad de la estructura. Se hacen recomendaciones con la finalidad de corregir las condiciones físicas y estructurales que presentan un grupo de instalaciones educativas para mejorar la calidad y la seguridad de sus ocupantes.

- Según Norabuena, 2012, en su tesis titulada: vulnerabilidad sísmica en las instituciones educativas del nivel secundaria del distrito de Pativilca provincia de Barranca - Lima - 2012. Tuvo como objetivo determinar la Vulnerabilidad Sísmica de las edificaciones de las Instituciones Educativas del nivel secundaria del Distrito de Pativilca Provincia de Barranca Departamento de Lima 2012. El modelo a emplear es de Benedetti y Petrini (Italia) estima un índice de vulnerabilidad calculado en función de las características de la estructura que más influyen en su comportamiento sísmico, y lo relaciona con un índice de daño, que a su vez depende de la acción del movimiento sísmico. Llegó a la conclusión que la configuración estructural, los materiales de construcción y la ubicación de las edificaciones de la Instituciones Educativas del Nivel Secundaria del Distrito de Pativilca Provincia de Barranca influyen significativamente en la Vulnerabilidad Sísmica, estas edificaciones tienen vulnerabilidad sísmica media baja, media alta y baja debido a que no se han aplicado normas sísmicas. RNE NTE 30.

- Según Astorga & Aguilar, 2006, en su tesis magistral evaluó el riesgo sísmico de edificaciones educativas peruanas, llegando a las siguientes conclusiones: existen actualmente alrededor de 41000 centros educativos en el país. El 48% de los edificios escolares son construcciones de tierra, el 37% son de concreto armado - albañilería, y el 8% de madera. Los resultados de este trabajo indican que las edificaciones de adobe quedarían con daño irreparable a partir de una intensidad VII+ MM, mientras que los edificios de concreto-albañilería construidos antes de 1997 serían irreparables a partir de IX-MM. Para los edificios de concreto-albañilería recientes, se obtuvo como umbral inferior de daño irreparable una intensidad X- MM.
- Según Bardales, 2010, en su tesis determinó el desempeño sismorresistente del edificio 2B de la Universidad Nacional de Cajamarca, obtuvo los siguientes resultados: ante un sismo severo el daño estructural en la edificación varía de moderado a elevado, sus elementos sufrirán grietas; pero ante un sismo muy raro, las columnas perderán su capacidad de carga y la edificación colapsará.
- Según Mosqueira, 2012, en su tesis titulada: Riesgo Sísmico en las edificaciones de la Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Cajamarca, obtuvo los siguientes resultados: La Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, tiene vulnerabilidad sísmica alta, a causa de su comportamiento sísmico inadecuado, la inestabilidad de sus tabiques y su regular a mal estado de conservación, tiene peligro sísmico alto, a causa de su alta sismicidad de la zona y las características de su suelo de fundación. Las edificaciones de la Facultad de ingeniería ante sismo severo, sufrirán desplazamiento relativo de entrepiso mayor en la dirección "Y" que en la "X", siendo este mayor al máximo permitido 0.007, (MTC, 2003). La falla típica que se podría producir ante un sismo severo, en las edificaciones de la Facultad de Ingeniería es, la falla de columna corta, debido a la falta o inadecuada junta de construcción entre tabique – pórtico, ubicación de vanos y a la elevada rigidez que tendrían que soportar frente al sismo. De la cual haremos uso de la misma metodología para analizar la información.

Para el presente estudio de investigación se hizo la gestión con el director de la institución educativa "San Marcos" en la provincia de San Marcos, para solicitar el permiso y autorización de realizar los ensayos de campo y recolección de información por medio de la observación.

Para la obtención de los planos de las infraestructuras de la institución educativa "San Marcos", se solicitó dichos planos al gobierno regional de Cajamarca, quienes también brindaron información necesaria para poder realizar la presente investigación.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Los centros educativos en el país

En el Perú existen centros educativos de nivel inicial, primario, secundario y centros educativos de nivel superior (Astorga & Aguilar, 2006).

Generalmente en las zonas urbanas cada centro educativo primario y secundario está formado por dos o más pabellones de concreto armado o albañilería de uno o dos pisos. Estas edificaciones tienen plantas rectangulares con 2 o más aulas contiguas en cada nivel. Los ambientes para bibliotecas y oficinas administrativas generalmente se alojan también en este tipo de edificios con divisiones de tabiquería. En ciudades importantes en el interior del país existen centros educativos de similares características arquitectónicas pero con edificios construidos en barro, sillar o quincha (Astorga & Aguilar, 2006).

En contraste, en las zonas rurales los centros educativos tienen por lo general un solo pabellón. Son de un piso en adobe o tapial y generalmente fueron construidos sin dirección técnica calificada (Astorga & Aguilar, 2006).

2.2.2. I. E. "SAN MARCOS"

Primer colegio fundado en la provincia de San Marcos y uno de los más prestigiosos del ámbito. Alberga una población estudiantil que va entre los 900 y 1000 educandos en adelante, procedentes de distintos lugares de la provincia y el departamento. Se constituye en la alternativa educativa, en el nivel secundario, de todos los jóvenes que por falta de recursos económicos se veían privados de acceder a la educación de este nivel en Cajamarca. Este colegio se ha convertido, con el pasar del tiempo, en la orgullosa "Alma Máter" forjadora de insignes profesionales y personalidades del mundo de la política, las artes, las letras, etc. que triunfan a nivel nacional e internacional (I.E. "SAN MARCOS", 2014).

Fue creado el 17 de abril de 1962, gracias a la gestión de los ciudadanos sanmarquinos que conscientes de la necesidad de su pueblo consiguieron la dación de la Resolución Ministerial N° 7176. Su primer Director fue el Sr. Antonio Ordóñez Cabrera y el Sub-Director el Sr. Juvenal Abanto, quien desempeñó las funciones del primero. La primera plana docente prestó servicios ad-honorem hasta el año 1964 en que empiezan a contabilizarlo entre los presupuestados del país (I.E. "SAN MARCOS", 2014).

Actualmente toda su infraestructura consta de 3 pabellones de 2 plantas y de concreto armado, alberga a más de 900 alumnos, 48 profesores, 4 auxiliares de educación y 9 personal administrativo (I.E. "SAN MARCOS", 2014).

2.2.3. VULNERABILIDAD SÍSMICA

La forma de reaccionar frente a diferentes estímulos es única y característica de la propia estructura. Así mismo, el ser más o menos Vulnerable ante un sismo de determinadas características es también una propiedad intrínseca de cada estructura, por tanto, independiente de la peligrosidad del sitio de emplazamiento. Esto quiere decir, que una estructura puede ser Vulnerable, pero no estar en riesgo, a menos que se encuentre en un sitio con una cierta peligrosidad sísmica (Yépez, 1995).

Entonces se podría definir como la predisposición intrínseca a sufrir daño ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente con sus características físicas y estructurales de diseño (Barbat, 1998).

El análisis de la vulnerabilidad sísmica de las diferentes estructuras existentes en nuestro medio, se encuentra en un nivel avanzado debido a la gran cantidad de estudios hechos por diferentes investigadores. De igual forma, se han desarrollado un gran número de propuestas para la evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica a diferentes niveles de detalle, y se han hecho numerosas aplicaciones en varias regiones del mundo (Bonett, 2003).

COMPONENTES DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

La vulnerabilidad puede ser física o funcional (Cardona, 1990):

Vulnerabilidad Física: Es el grado de susceptibilidad o predisposición de los elementos estructurales y no estructurales a sufrir daño o pérdida, puede ser de tipo estructural o no estructural (Peralta, 2002).

- **Vulnerabilidad Estructural:** La Vulnerabilidad Estructural está asociada a la susceptibilidad de los elementos estructurales a sufrir daño debido a un sismo, lo que se ha llamado daño sísmico estructural. El mismo comprende el deterioro físico de aquellos elementos o componentes que forman parte integrante del sistema resistente o estructura de la edificación y es el que tradicionalmente ha merecido la atención prioritaria de los investigadores (Safina, 2003).
- **Vulnerabilidad No Estructural:** La vulnerabilidad no estructural está asociada a la susceptibilidad de los elementos no estructurales de sufrir daño debido a un sismo, lo que se ha llamado daño sísmico no estructural. El mismo comprende el deterioro físico de aquellos elementos o componentes que no forman parte integrante del sistema

resistente o estructura de la edificación y que pueden clasificarse en componentes arquitectónicos. (puertas, ventanas, parapetos, etc.) y componentes electromecánicos (ductos, canalizaciones, equipos, etc.) que cumplen funciones importantes dentro de las instalaciones (Peralta, 2002).

Los elementos no estructurales pueden llegar a convertirse en elementos potencialmente peligrosos cuando no se encuentran ligados o amarrados adecuadamente al resto de la edificación, introduciendo cambios en la estructuración y en los mecanismos de transmisión de las cargas, que pueden propiciar su falla.

Vulnerabilidad Funcional: La vulnerabilidad funcional se define como la susceptibilidad de la edificación para seguir prestando el servicio para el que fue construida. Este término se aplica a edificaciones como hospitales, clínicas y centros de salud que deben permanecer no solo en pie sino funcionando, ya que aunque desarrollen un buen desempeño estructural, se puede presentar un colapso funcional, que puede ser más grave que una falla en los elementos de la propia estructura (Cardona, 1989).

2.3. Definición de términos básicos

- **Riesgo sísmico:** Daño que podría presentar una obra determinada como consecuencia del peligro que la amenaza y de su propia vulnerabilidad. Simbólicamente se puede expresar en función del peligro y la vulnerabilidad (Muñoz, Quiun, & Tinman, 1999).
- **Vulnerabilidad sísmica:** Es el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones durante un sismo y depende de las características del diseño de la edificación, de la calidad de materiales y de la técnica de construcción (Kuroiwa, Pacheco, & Pando, 2010).
- **Peligro sísmico:** Es la probabilidad de ocurrencia de un sismo, dentro de un período específico, en una determinada localidad o zona (Kuroiwa, Pacheco, & Pando, 2010).

- **Ensayo de esclerometría:** Ensayo no destructivo que permite estimar la resistencia a compresión de concretos endurecidos (Calavera, 2005).
- **Espectro:** Son los valores máximos o picos de la respuesta estructural, fuerza restituitiva, el desplazamiento o la aceleración para todo un grupo de estructuras de igual periodo y amortiguamiento (Muñoz, 2004).
- **Sismo Leve:** Es un sismo con la aceleración máxima del terreno de 0,15 g con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años (Mosqueira & Tarque, 2005).
- **Sismo Moderado:** Es un sismo con la aceleración máxima del terreno de 0,3 g con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años (Mosqueira & Tarque, 2005).
- **Sismo Severo:** Es un sismo con la aceleración máxima del terreno de 0,4 g con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años (Mosqueira & Tarque, 2005).
- **Colapso:** La estructura ha perdido casi toda o toda su rigidez y resistencia original (Muñoz, 2004).
- **Fallo/a:** Es la finalización de la capacidad de un elemento o de la estructuras para desempeñas la función requerida (Calavera, 2005).
- **Fisura:** Son aberturas que solo afectan a la superficie o acabado superficial superpuesto de un elemento constructivo (Broto, 2009).
- **Grieta:** Son aberturas longitudinales que afectan a todo el espesor de un elemento constructivo, estructural o de cerramiento (Broto, 2009).

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la hipótesis

Hipótesis General

El nivel de riesgo sísmico de la I. E. "San Marcos" es alto debido a la vulnerabilidad y peligros altos.

3.2. Operacionalización de variables

TABLA N°1 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
INDEPENDIENTE	Peligro sísmico.	Es la probabilidad de ocurrencia de un sismo, dentro de un período específico, en una determinada localidad o zona (Kuroiwa, Pacheco, & Pando, 2010).	Peligro	<ul style="list-style-type: none"> • Sismicidad • Suelo • Topografía y pendiente
	Vulnerabilidad sísmica	Es el nivel de daño que pueden sufrir las edificaciones durante un sismo y depende de las características del diseño de la edificación, de la calidad de materiales y de la técnica de construcción (Kuroiwa, Pacheco, & Pando, 2010).	Vulnerabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento de la estructura. • Estado actual de las edificaciones. • Comportamiento de tabiquería y parapetos.
DEPENDIENTE	Nivel de Riesgo sísmico.	Daño que podría presentar una obra determinada como consecuencia del peligro que la amenaza y de su propia vulnerabilidad. Simbólicamente se puede expresar en función del peligro y la vulnerabilidad (Muñoz, Quiun, & Tinman, 1999).	Riesgo	<ul style="list-style-type: none"> • Alto • Medio • Bajo

FUENTE: Elaboración propia, 2014.

CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Tipo de diseño de investigación.

La tesis es de tipo descriptiva, explicativa y predictiva, pues se evalúa las características generales que tienen las edificaciones, se interpreta y explica su comportamiento de las edificaciones ante un sismo severo y es predictiva pues revela el estado final ante un sismo severo de las edificaciones que conforman los pabellones de la I. E. "San Marcos".

4.2. Material de estudio.

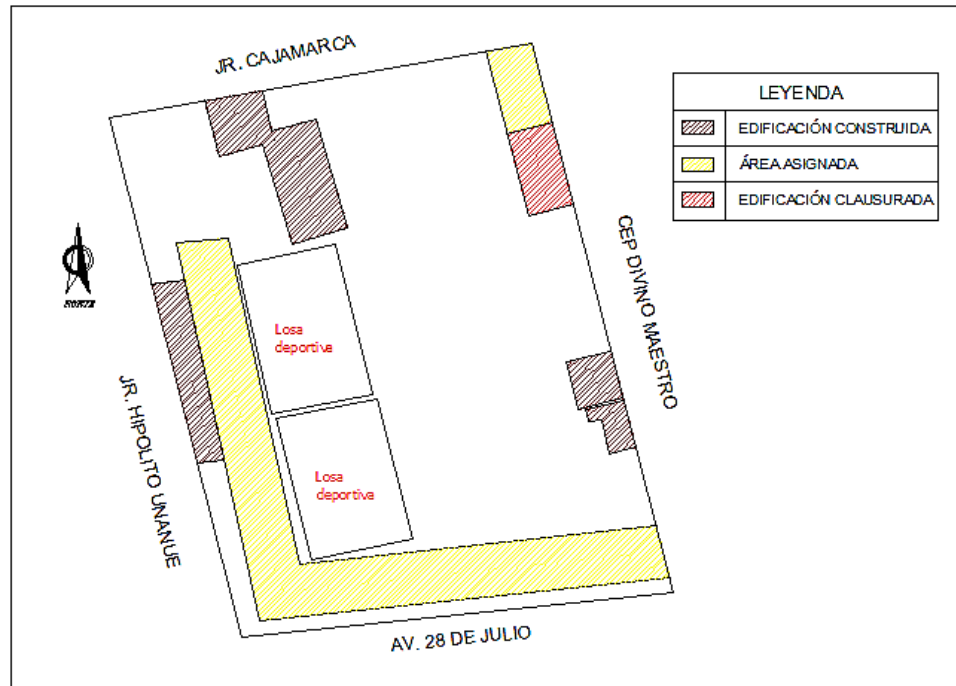
4.2.1. Unidad de estudio.

La unidad de análisis se consideró a los elementos estructurales que conforman cada pabellón de la I. E. "San Marcos", edificaciones aporticadas.

4.2.2. Población.

La población está constituida por todas las instituciones educativas de la provincia de San Marcos. Las construcciones son de 1 a 2 pisos y de sistema estructural aporticado, en su mayoría columnas en forma de T y vigas rectangulares que son comunes en las construcciones de uso educacional.

FIG. N°1 CAMPUS DE LA I.E. "SAN MARCOS"



FUENTE: Archivos de la Dirección Regional de Cajamarca, de las obras ejecutadas en la ciudad de San Marcos.

4.2.3. Muestra.

La muestra se seleccionó por conveniencia debido a la obtención de los planos y costo del investigador, son edificaciones asignadas para desarrollar labores académicas y administrativas de la I. E. "San Marcos", de tal modo podremos analizarlos, compararlos y finalmente sacar las conclusiones respectivas.

4.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

4.3.1. Para recolectar datos.

Dentro de los instrumentos de recolección de datos usados en la tesis tenemos:

- Observación: Se evaluó las características estructurales, el estado actual de las edificaciones y se determinó algunas fallas en la estructura, esto permitió realizar un diagnóstico situacional de las edificaciones.
- Ensayos: Se evaluó resistencia a compresión del concreto de los elementos estructurales (vigas y columnas), para lo cual se utilizó ensayos in situ de esclerometría.
- Entrevistas a los ingenieros que ejecutaron las construcciones y al personal que labora en dicha institución, para obtención de datos importantes sobre la antigüedad y procedimientos constructivos de las edificaciones.

4.3.2. Para analizar información.

En la presente investigación se aplicó una metodología basada en la ecuación propuesta por Kuroiwa, 2002, dicha ecuación fue fundamentada y aplicada para edificaciones de albañilería confinada por Tarque N. y permite calcular de manera numérica la vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico, posteriormente asignarle una calificación de buena, regular o mala. Esta metodología fue adecuada por Mosqueira, 2012 para edificaciones de tipo aporticadas y referente al comportamiento estructural, ya que un sistema aporticado se comporta diferente a uno de albañilería. La ecuación para calcular numéricamente el valor del riesgo sísmico es la siguiente:

$$\text{Riesgo Sismico} = 0.5 \times \text{Peligro Sísmico} + 0.5 \times \text{Vulnerabilidad Sísmica} \quad (1)$$

La vulnerabilidad sísmica se ha determinado analizando la vulnerabilidad estructural y la vulnerabilidad no estructural. La vulnerabilidad estructural se determinó en función del comportamiento sísmico y el estado actual de la edificación. La vulnerabilidad no estructural se determinó en función de la estabilidad de tabiques, parámetros que han sido adaptados para edificaciones aporricadas por Mosqueira, 2012, de la propuesta realizada por Tarque N.

Para determinar el comportamiento sísmico, se usó programas computacionales (Sap 2000 versión 16), programa creado por Computes and Structures, INC 1995, Univesity Ave. Berkeley CA. Éste programa nos permitio evaluar los desplazamientos laterales y distorsiones angulares; también verificar si las secciones de las vigas y columnas existentes son adecuadas.

El análisis del comportamiento está basado en lo especificado en el Reglamento Nacional de Edificaciones, la norma técnica de edificaciones NTE-020 de Cargas, la NTE-030 de diseño sismorresistente y NTE-060 de diseño de concreto; para el análisis se determinan las cargas muertas, vivas y de sismo a las cuales estarán sometidas las edificaciones y determinar cuál es la capacidad resistente de sus elementos ante estas cargas. Se usa estas normativas pues son las que actualmente se encuentran vigentes en el Perú.

En donde la NTE - 030 de diseño sismorresistente establece la ecuación para calcular la pseudo aceleración sísmica, la cual nos permite simular un sismo a través de un espectro de pseudo aceleración, (MTC, 2003).

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g \quad (2)$$

Dónde:

Z = Factor de zona

U = Factor de uso

C = Factor de Amplificación sísmica

S = Factor de suelo

R = Factor de reducción por ductibilidad

g = Aceleración de la gravedad

El factor de zona se asignó según la zona sísmica en la cual se ubica la edificación (Zona 3 – Cajamarca), este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años.

TABLA N°2 FACTORES DE ZONA (Z)

ZONA	(Z)
3	0.4
2	0.3
1	0.15

FUENTE: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006.

El factor de uso e importancia (U) está definido de acuerdo a la categoría de la edificación propuesta en la NTE-030.

TABLA N°3 FACTORES DE IMPORTANCIA (U)

Categoría	Descripción	Factor (U)
A Edificaciones Esenciales	Edificaciones esenciales cuya función no debería interrumpirse inmediatamente después que ocurra un sismo, como hospitales, centrales de comunicaciones, cuarteles de bomberos y policía, subestaciones eléctricas, reservorios de agua. Centros educativos y edificaciones que puedan servir de refugio después de un desastre. También se incluyen edificaciones cuyo colapso puede representar un riesgo adicional, como grandes hornos, depósitos de materiales inflamables o tóxicos.	1.5
B Edificaciones Importantes	Edificaciones donde se reúnen gran cantidad de personas como teatros, estadios, centros comerciales, establecimientos penitenciarios, o que guardan patrimonios valiosos como museos, bibliotecas y archivos especiales. También se considerarán depósitos de granos y otros almacenes importantes para el abastecimiento	1.3
C Edificaciones Comunes	Edificaciones comunes, cuya falla ocasionaría pérdidas de cuantía intermedia como viviendas, oficinas, hoteles, restaurantes, depósitos e instalaciones industriales cuya falla no acarree peligros adicionales de incendios, fugas de contaminantes, etc.	1.0
D Edificaciones Menores	Edificaciones cuyas fallas causan pérdidas de menor cuantía y normalmente la probabilidad de causar víctimas es baja, como cercos de menos de 1,50m de altura, depósitos temporales, pequeñas viviendas temporales y construcciones similares.	Se omite el análisis por fuerzas sísmicas

FUENTE: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006.

Los perfiles de suelo se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas del suelo, el espesor del estrato, el período fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte. Los tipos de perfiles de suelos definidos en la NTE-030 son: (MTC, 2003).

TABLA N°4 PARÁMETROS DEL SUELO

Tipo	Descripción	Periodo de Vibración del Suelo (Tp)	Factor de suelo
S1	Roca o suelos muy rígidos	0.4	1.0
S2	Suelos intermedios	0.6	1.2
S3	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0.9	1.4
S4	Condiciones excepcionales	serán establecidos por especialistas	

FUENTE: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006.

El coeficiente de reducción de la fuerza sísmica (R) se selecciona según el sistema estructural y los materiales usados en la edificación.

TABLA N°5 SISTEMAS ESTRUCTURALES

Sistema Estructural	Coeficiente de Reducción, R Para estructuras regulares
Acero	9.5
Pórticos dúctiles con uniones resistentes a momentos	
Otras estructuras de Acero	6.5
Arriostres Excéntricos	
Arriostres Concéntricos	6
Concreto Armado	8
Pórticos	
Dual	7
De muros estructurales	6
Muros de ductilidad limitada	4
Albañilería Armada o Confinada	3
Madera (por Esfuerzo Admisibles)	7

FUENTE: Reglamento Nacional de Edificaciones, 2006.

El Factor de Amplificación dinámica se determinó mediante la siguiente expresión: (MTC, 2003).

$$C = 2. \left(\frac{T_p}{T} \right); C \leq 2.5 \quad (3)$$

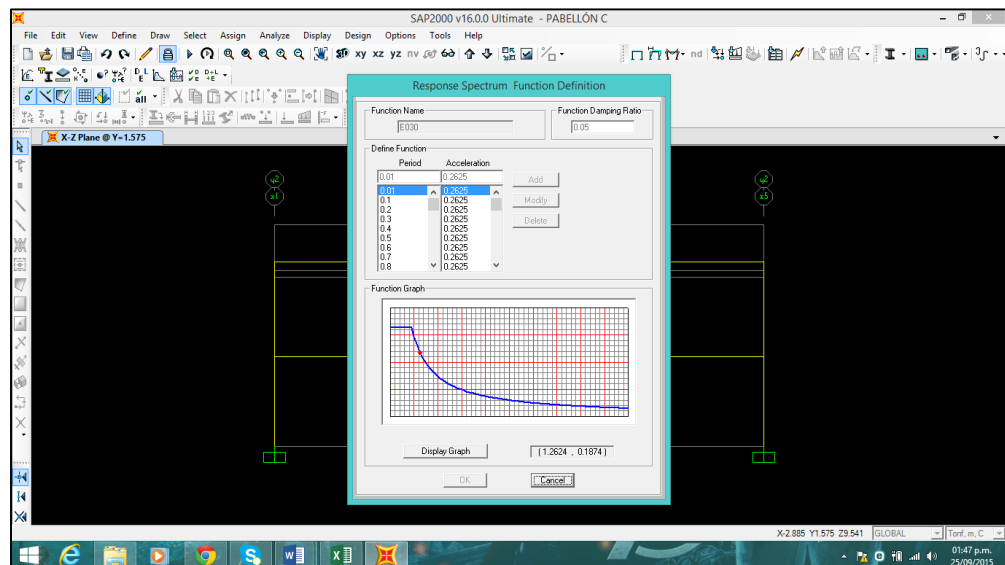
Dónde:

T_p = Período de vibración del suelo.

T = Período de la estructura.

Por último mediante los parámetros anteriormente establecidos y usando la ecuación (2), se graficó el diagrama del espectro de diseño de pseudo aceleración para los pabellones de la I. E. "San Marcos" mediante programas computacionales, tal como se muestra en la figura N°2.

FIG. N°2 ESPECTRO DE DISEÑO DE PSEUDO ACELERACIÓN



FUENTE: Elaboración propia, 2014

Para determinar la resistencia requerida por las vigas se usó la combinación de cargas propuestas por el Reglamento Nacional de Edificaciones NTE-060, de Concreto Armado, generándose una envolvente con los valores máximos positivos y negativos de las fuerzas internas que se generan, esto se realizó usando el programa computacional Sap 2000 versión 16.

$$M_u = 1.4M_{CM} + 1.7M_{CV}$$

$$M_u = 1.25(M_{CM} + M_{CV}) \pm M_{CS} \quad (\text{MTC, 2009}) \quad (4)$$

$$M_u = 0.9M_{CM} \pm M_{CS}$$

Dónde:

M_{CM} = Momento actuante por carga muerta

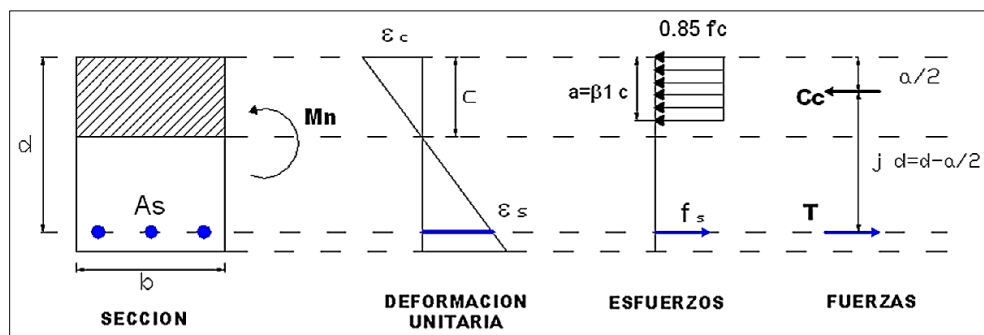
M_{CV} = Momento actuante por carga viva

M_{CS} = Momento actuante por carga de sismo

M_u = Momento último actuante

Para determinar la resistencia existente en cada una de la sección de las vigas de concreto armado se usó las fórmulas propuestas en la NTE-060 para determinar el momento nominal resistente de las secciones simplemente y doblemente reforzadas. En la sección simplemente reforzada de la figura N°3 se puede observar las deformaciones unitarias, esfuerzos y fuerzas que se generan en la sección, sometida a un momento flexionante positivo.

FIG. N°3 SECCIÓN RECTANGULAR DE CONCRETO SIMPLEMENTE REFORZADO.



FUENTE: "Diseño en concreto armado". (Otazzi P., 2008)

El Momento nominal resistente de esta sección se determina mediante la siguiente expresión. (Otazzi P., 2008)

$$M_n = 0.85 f'_c . b . a \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (5)$$

Dónde:

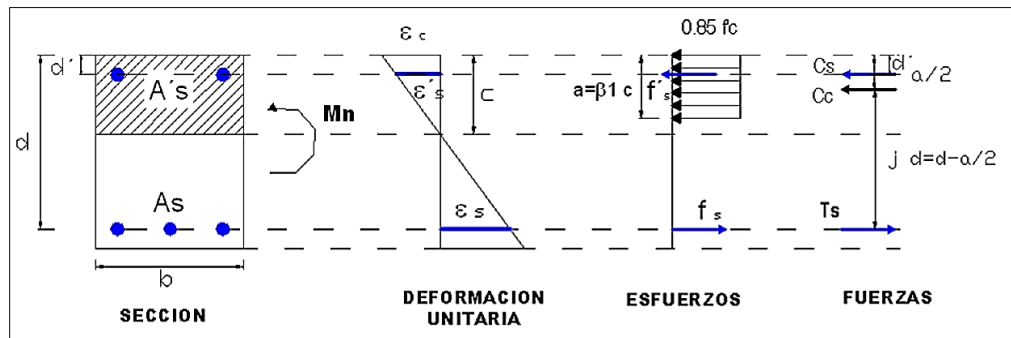
- Mn= Momento nominal resistente
- f'c = Resistencia a compresión del concreto
- b = ancho de la sección
- d = Peralte efectivo
- a = altura del bloque de compresión.

La altura del bloque de compresión para secciones simplemente reforzadas se determina con la siguiente fórmula: (Otazzi P., 2008)

$$a = \frac{A_s \cdot f_s}{0.85 f'_c \cdot b} \quad (6)$$

En la sección doblemente reforzada FIG. N°4, se puede observar las deformaciones unitarias, esfuerzos y fuerzas que se generan en la sección con acero en compresión y en tracción, sometidas a momento flexionante positivo.

FIG. N°4 SECCIÓN RECTANGULAR DE CONCRETO DOBLEMENTE REFORZADO.



FUENTE: "Diseño en concreto armado". (Otazzi P., 2008)

El Momento nominal resistente de estas secciones se determina mediante la siguiente expresión. (Otazzi P., 2008)

$$M_n = A's \cdot f's(d - d') + 0.85f'c \cdot b \cdot a \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (7)$$

Dónde:

M_n = Momento nominal resistente
f's = Esfuerzo del acero en compresión
f_s = Esfuerzo del acero en tracción
f'c = Resistencia a compresión del concreto
A_s = Acero en tracción.
A's = Acero en compresión
b = ancho de la sección
d = Peralte efectivo
d' = Peralte efectivo del acero en compresión
a = altura del bloque de compresión.

La altura del bloque de compresión para secciones doblemente reforzadas se determina con la siguiente fórmula: (Otazzi P., 2008)

$$a = \frac{A_s \cdot f_y - A's \cdot f's}{0.85f'c \cdot b} \quad (8)$$

Para determinar si las secciones de las vigas existentes son las adecuadas se utilizó la fórmula propuesta en la NTE-060. (MTC, 2009)

$$M_n \geq M_u / 0.9 \quad (9)$$

Dónde:

M_n = Momento nominal resistente.
 0,9 M_n = Momento último resistente.
 M_u = Momento último actuante.

Luego se concluye en las siguientes relaciones:

- Si 0,9 M_n ≥ M_u, la sección de la viga es la adecuada
- Si 0,9 M_n < M_u, la sección de la viga es la inadecuada

Para determinar el acero requerido por las columnas, sin considerar el efecto del sismo, se usó lo propuesto por el reglamento nacional de edificaciones NTE-060 para elementos sometidos a compresión con carga excéntrica y de ésta ecuación (10) se despejó el Ast. (MTC, 2009)

Para elementos con estribos:

$$\phi P_n = 0.8\phi[0.85f'c(Ag - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y] \quad (10)$$

Dónde:

ϕP_n = resistencia de diseño

$f'c$ = Esfuerzo del concreto a compresión

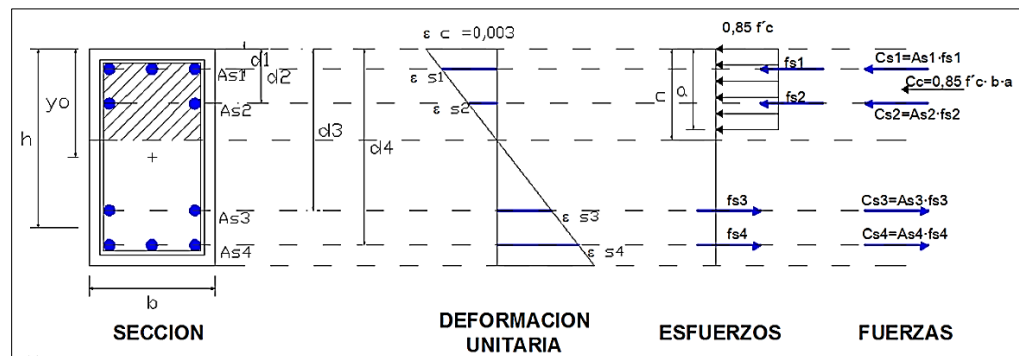
f_y = Esfuerzo de fluencia del acero

A_g = Área total de la sección transversal

A_{st} = Área total del refuerzo en una sección (Acero necesario)

Para determinar el acero requerido por las columnas, considerando los efectos del sismo, se usó lo propuesto por el reglamento nacional de edificaciones para elementos sometidos a flexo compresión (FIG. N°5) y flexión biaxial, en la cual se determina el acero requerido mediante el uso de diagramas de iteración y ábacos. En nuestro caso se usó el programa Sap 2000 versión 16 facilitando el cálculo más detallado de los diagramas de iteración y por consiguiente el cálculo del acero.

FIG. N°5 SECCIÓN RECTANGULAR DE CONCRETO ARMADO SOMETIDA A FLEJO COMPRESIÓN.



FUENTE: "Diseño en Concreto Armado". Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima, Perú, 2006.

Para determinar el acero existente en las columnas se determinó teniendo en cuenta el número de barras y el diámetro de las barras de acero que tiene la sección de acuerdo a los planos, ver Tabla N°6.

TABLA N°6 ÁREA DE LAS BARRAS DE ACERO

Designación	Diámetro (ϕ) pulg.	Área (cm ²)
2	1/4	0.32
3	3/8	0.71
4	1/2	1.29
5	5/8	1.99
6	3/4	2.84
8	1	5.1
11	1 3/8	10.06

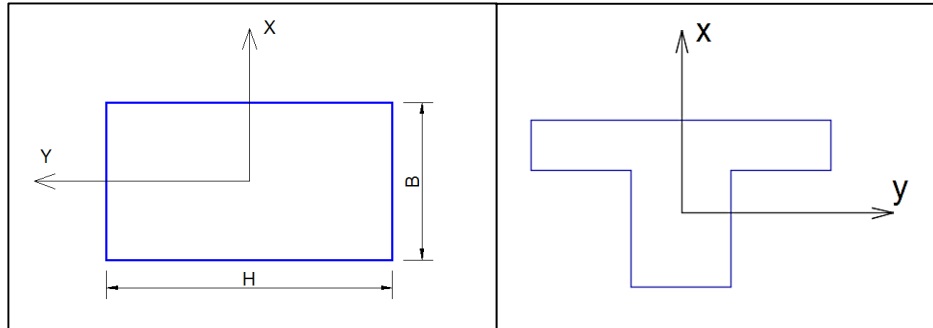
FUENTE: Elaboración propia, 2014.

Luego se concluye en las siguientes relaciones:

- Si Acero necesario \leq Acero existente, la sección de concreto armado de la columna es adecuada.
- Si Acero necesario $>$ Acero existente, la sección de concreto armado de la columna es inadecuada.

En el caso del análisis de las columnas también se evaluó el momento de inercia y el módulo de sección en cada dirección que nos permitió determinar en qué dirección (X, Y) la sección es más resistente al momento flexionante causado por sismo, pues a mayor momento de inercia o módulo de sección, menor esfuerzo flexionante actuante y menor deformación.

FIG. N°6 ESQUEMA DE UNA COLUMNAS TÍPICAS.



FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

❖ Para sección rectangular:

$$\sigma_M = \frac{M \cdot c}{I} = \frac{M}{Z}$$

$$\Delta = \int \frac{M \cdot m}{E \cdot I} dx \text{ (según metodo de carga unitaria)}$$

$$I_{xx} = \frac{B \cdot H^3}{12} \quad Z_x = \frac{B \cdot H^2}{6} \quad (11)$$

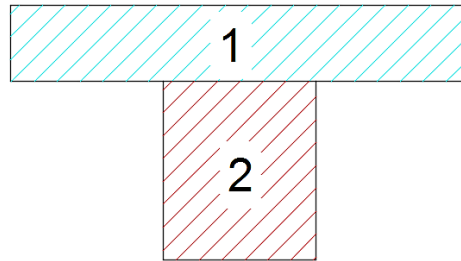
$$I_{yy} = \frac{H \cdot B^3}{12} \quad Z_y = \frac{H \cdot B^2}{16}$$

Dónde:

- σ_M = Esfuerzo por flexión actuante
- M = Momento flexionante actuante
- m = Momento debido a una carga unitaria.
- E = Módulo de elasticidad del concreto.
- Δ = Deflexión por momento flexionante
- I_{xx} = Momento de Inercia en la dirección x
- I_{yy} = Momento de Inercia en la dirección y
- Z_x = Modulo de sección en la dirección x
- Z_y = Modulo de sección en la dirección y
- B= Base de la columna
- H = Altura de la columna

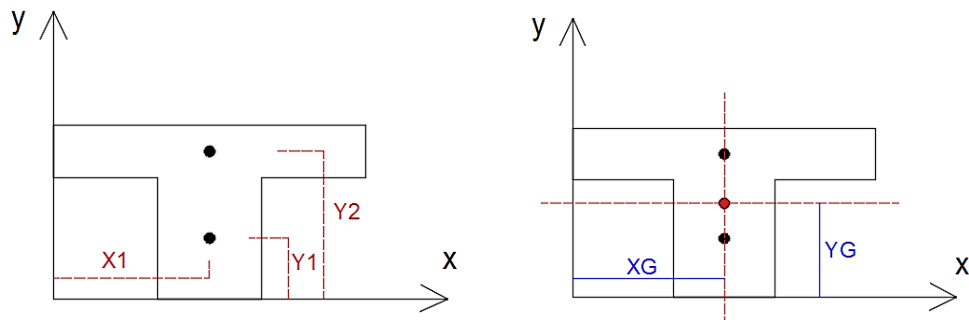
❖ Para sección irregular:

1. Primer paso: Se divide la figura compuesta en figuras planas en las que conocemos las fórmulas para calcular su área y momento de inercia.



2. Segundo paso: Se determinan las áreas de estas figuras simples y se identifican como A_1 y A_2 .

3. Tercer paso: Se calcula la ubicación del centro de masa de la figura compuesta:



$$X_G = \frac{A_1 \cdot X_1 + A_2 \cdot X_2 + \dots + A_n \cdot X_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

$$Y_G = \frac{A_1 \cdot Y_1 + A_2 \cdot Y_2 + \dots + A_n \cdot Y_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

4. Se calculan los momentos de inercia de las figuras sencillas con respecto a sus ejes, para lo cual se utilizarán las fórmulas anteriores de sección rectangular.

$$I_{xx} = \frac{B \cdot H^3}{12} \qquad I_{yy} = \frac{H \cdot B^3}{12}$$

5. Quinto paso: Se calcula el momento de inercia de cada una de las figuras sencillas respecto a los ejes XG e YG, aplicando el teorema del eje paralelo, es decir el Teorema de Steiner.

$$\ddot{I}_{i,x} = I_{ix} + A_i(Y_i - Y_G)^2$$

$$\ddot{I}_{i,y} = I_{iy} + A_i(X_i - X_G)^2$$

6. Sexto paso: Se calcula los momentos de inercia de la figura compuesta a partir de los momentos anteriores.

$$I_{XTOTAL} = \sum \ddot{I}_{i,x}$$

$$I_{yTOTAL} = \sum \ddot{I}_{i,y}$$

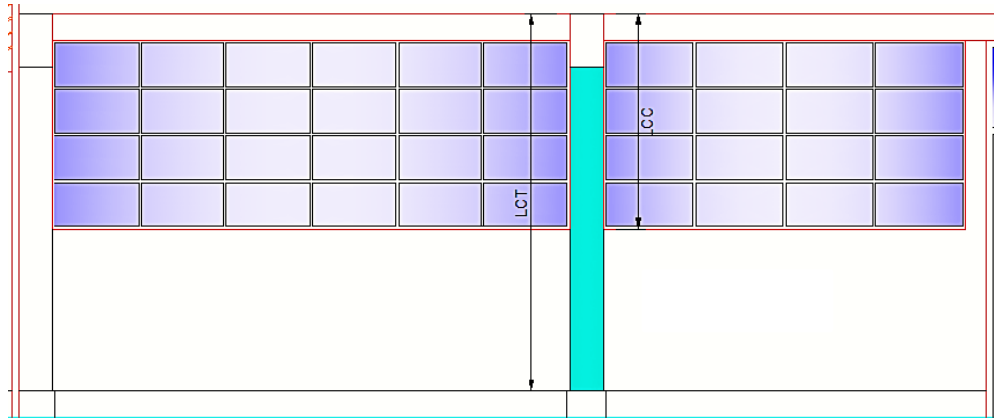
Sumatoria de los momentos de inercia de cada figura:

$$I_{XTOTAL} = \ddot{I}_{1,x} + \ddot{I}_{2,x}$$

$$I_{yTOTAL} = \ddot{I}_{1,y} + \ddot{I}_{2,y}$$

Para evaluar el efecto que produce la ubicación de los vanos en las ventanas se determinó la rigidez de la columna total (KCT) y la rigidez de las columnas cortas (KCC) para ello se usó la ecuación (12). Ver FIG. N°7.

FIG. N°7 ESQUEMA DE ALTURAS DE LA COLUMNA TOTAL Y COLUMNA
CORTA.



FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

$$K_{x_{CT}} = \frac{12 E \cdot I_{XX}}{L_{CT}^3} \quad K_{y_{CT}} = \frac{12 E \cdot I_{YY}}{L_{CT}^3}$$

$$K_{x_{CC}} = \frac{12 E \cdot I_{XX}}{L_{CC}^3} \quad K_{y_{CC}} = \frac{12 E \cdot I_{YY}}{L_{CC}^3}$$

(San Bartolomé, 1998) **(12)**

Dónde:

- $K_{x_{CT}}$ = Rigidez de la columna total en la dirección x
- $K_{y_{CT}}$ = Rigidez de la columna total en la dirección y
- $K_{x_{CC}}$ = Rigidez de la columna corta en la dirección x
- $K_{y_{CC}}$ = Rigidez de la columna corta en la dirección y
- E = Módulo de elasticidad del concreto
- I_{XX} = Momento de Inercia en la dirección x
- I_{YY} = Momento de Inercia en la dirección y
- L_{CT} = Longitud de la columna total
- L_{CC} = Longitud de la columna corta

Para determinar qué elementos del pórtico son los primeros en fallar, las columnas o las vigas se usó el programa Sap 2000 versión 16. Es por ello que para garantizar que las fallas de los pórticos se den en las vigas, la NTE-060 propone que la resistencia a la flexión de las columnas deberá satisfacer la ecuación 13, este parámetro fue evaluado mediante dicho programa:

$$\sum Mn_c > 1.2 \cdot \sum Mn_v \quad (\text{MTC, 2009}) \quad (13)$$

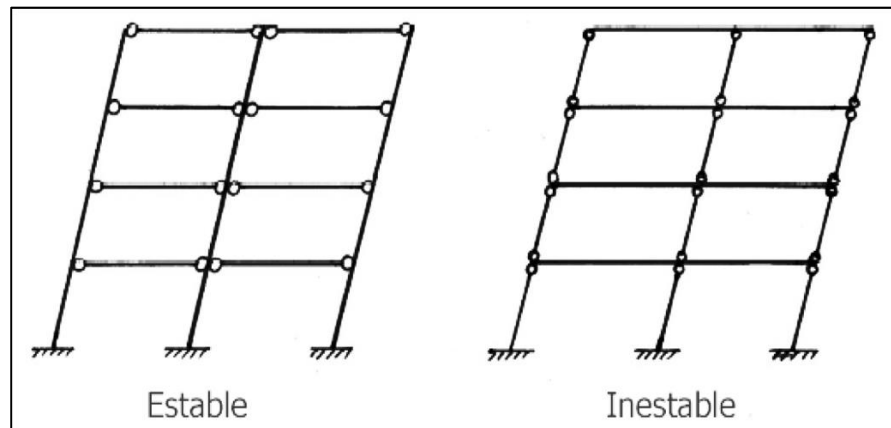
Dónde:

$\Sigma(Mn_c)$ = suma de momentos, al centro del nudo, correspondiente a la resistencia nominal en flexión de las columnas que forman dicho nudo.

$\Sigma(Mn_v)$ = suma de momentos, al centro del nudo, correspondiente a las resistencias nominales en flexión de las vigas que forman el nudo.

Es importante determinar en qué elementos se produce la falla inicial, pues si las fallas se dan en las columnas esto generará una falla frágil del sistema estructural generando inestabilidad que conlleva al colapso; si las fallas se dan en las vigas, el sistema estructural tiene una falla de tipo dúctil y la estructura se mantiene estable pudiendo repararse (Mosqueira, 2012), ver FIG. N°8.

FIG. N°8 MECANISMOS DE FALLAS DE SISTEMAS APORTICADOS,



FUENTE: "Diseño en Concreto Armado". Instituto de la Construcción y Gerencia. Lima, Perú, 2006

Finalmente analizando los parámetros anteriormente mencionados se consideró tres tipos de comportamiento:

- La edificación tendrá un comportamiento adecuado si las secciones de las vigas y columnas existentes son suficientes para soportar las cargas a las cuales están sometidos, además los desplazamientos relativos de entrepiso son menores a 0,007 según (MTC, 2003).
- La edificación tendrá un comportamiento aceptable si las secciones de las columnas existentes son suficientes para soportar las cargas a las cuales están sometidos, las vigas soportan cargas de servicio pero ante cargas sísmicas pueden fallar y los desplazamientos relativos de entrepiso son menores a 0,007 según (MTC, 2003).
- La edificación tendrá un comportamiento inadecuado si las secciones de las columnas y vigas son insuficientes para soportar las cargas a las cuales están sometidos y los desplazamientos relativos de entrepiso son mayores a 0,007 según (MTC, 2003).

El estado actual de la edificación (buena, regular, o mala calidad) fue evaluado teniendo en cuenta las fisuras y/o grietas, las deflexiones y asentamientos en: tabiques, vigas y columnas.

La evaluación de la estabilidad de muros (tabiques), se basa en la comparación del momento actuante debido a cargas perpendiculares al plano del muro, (San Bartolomé, 1998) y el momento resistente paralelo al plano del muro. Para dicho cálculo se empleó la metodología propuesta en el Reglamento Nacional de Edificaciones NTE-070, (MTC, 2006).

El momento flector distribuido por unidad de longitud (M, en kg-m/m), producido por la carga sísmica "w", se calculará mediante la siguiente fórmula, (MTC, 2006).

$$Ma = m \cdot \omega \cdot a^2 \quad (14)$$

Dónde:

m = coeficiente de momento, ver Tabla N°8.

a = dimensión crítica del paño de albañilería en metros.

w = la carga por metro cuadrado de muro

La magnitud de la carga (w , en kg/m^2) para un metro cuadrado de muro se calculará mediante la siguiente expresión, (MTC, 2006):

$$\omega = Z \cdot U \cdot C_1 \cdot \gamma \cdot t \quad (15)$$

Dónde:

Z = factor de zona

U = factor de importancia

C_1 = coeficiente sísmico

t = espesor bruto del muro en metros

γ = peso volumétrico de la albañilería.

El coeficiente sísmico C_1 se determina según lo propuesto en la NTE-030, como se muestra en la tabla N°7.

TABLA N°7 COEFICIENTE SÍSMICO C1

Condición	C1
- Elementos que al fallar puedan precipitarse fuera de la edificación en la cual la dirección de la fuerza es perpendicular su plano. - Elementos cuya falla entrañe peligro para personas u otras estructuras.	1.3
- Muros dentro de una edificación (dirección de la fuerza perpendicular a su plano)	0.9
- Cercos.	0.6
- Tanques, torres, letreros y chimeneas conectados a una parte del edificio considerando la fuerza en cualquier dirección.	0.9
- Pisos y techos que actúan como diafragmas con la dirección de la fuerza en su plano.	0.6

Fuente: Tabla N° 9 "Reglamento Nacional de Edificaciones.

El coeficiente de momento y la dimensión crítica del paño de albañilería en metros se determina en función del número de bordes arriostrados como se muestra en la tabla N°8.

**TABLA N°8 VALORES DEL COEFICIENTE DE MOMENTOS "M" Y DIMENSIÓN
CRITICA "a"**

CASO 1. MURO CON CUATRO BORDES ARRIOSTRADO									
a = Menor Dimensión									
b/a =	1	1.2	1.6	1.8	2	3	∞		
m =	0,0479	0,0755	0,0862	0,0948	0,1017	0,118	0,125		
CASO 2. MURO CON TRES BORDES ARRIOSTRADOS									
a = Longitud del borde libre									
b/a =	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.5	2	∞
m =	0,06	0,074	0,087	0,097	0,106	0,112	0,128	0,132	0,133
CASO 3. MURO ARRIOSTRADO SOLO EN SUS BORDES HORIZONTALES									
a = Altura del muro									
m =	0,125								
CASO 4. MURO EN VOLADIZO									
a = Altura del muro									
m =	0,5								

FUENTE: Tabla N° 12 "Reglamento Nacional de Edificaciones.

Para determinar el momento resistente a tracción por flexión del muro (M_r) se utilizó la siguiente formula, (Mosqueira & Tarque, 2005)

$$M_r = 1.703 \cdot t^2 \quad (16)$$

Dónde:

M_r = Momento resistente a tracción por flexión

t = espesor bruto del muro en metros

Finalmente se compara el valor de las ecuaciones 14 y 16, luego se concluye en las siguientes relaciones:

- Si $M_a \leq M_r$, el muro es estable.
- Si $M_a > M_r$, el muro es inestable

En la evaluación de la vulnerabilidad (alta, media o baja) se ha considerado el comportamiento sísmico, el estado actual de la edificación y la estabilidad de tabiques, en los porcentajes que se observan en la tabla N°9.

TABLA N°9 PARÁMETROS PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

Estructural				No Estructural	
Comportamiento Sísmico (60%)		Estado Actual (30%)		Tabiquería y parapetos (10%)	
Adecuada	1	Buena calidad	1	Todos estables	1
Aceptable	2	Regular calidad	2	Algunos estables	2
Inadecuada	3	Mala calidad	3	Todos inestables	3

FUENTE: Adaptado de la Tabla N° 4.03 "Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana". Lima. 2005.

Los valores asignados a cada parámetro se reemplazan en la ecuación 17 para calificar numéricamente la vulnerabilidad sísmica de las viviendas.

$$Vulnerabilidad\ Sísmica = 0.6 \times Comportamiento\ Sísmico + 0.3 \times Estado\ Actual + 0.1 \times Estabilidad\ de\ Muros \quad (17)$$

En la Tabla N°10 se pueden apreciar los rangos numéricos para determinar la vulnerabilidad sísmica siendo esta baja, media o alta.

TABLA N°10 RANGO NUMÉRICO PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA

Vulnerabilidad sísmica	Rango
Baja	1 a 1.4
Media	1.5 a 2.1
Alta	2.2 a 3

FUENTE: Tabla N° 4.04 "Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana". Lima. 2005.

En la evaluación del peligro sísmico (alto, medio o bajo) se está considerando: la sismicidad, el tipo de suelo y la topografía de la zona sobre la que está construida la edificación. La sismicidad y tipo de suelo se clasifica de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma NTE-030, (MTC, 2003), en la cual estipula tres zonas sísmicas.

- Z3 zona de alta sismicidad. En la cual puede darse una aceleración máxima del terreno de 0,4 con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años
- Z2 zona de moderada sismicidad En la cual puede darse una aceleración máxima del terreno de 0,3 con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años
- Z1 zona de baja sismicidad. En la cual puede darse una aceleración máxima del terreno de 0,15 con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años

En la Norma NTE-030 se consideran cuatro tipos de suelos, no consideramos el tipo 4, para efectos de este estudio pues se refiere a condiciones excepcionales en las que se sugiere hacer estudios especiales de geotecnia. (MTC, 2003)

- Perfil tipo S1: Roca o suelos muy rígidos. A este tipo corresponden las rocas y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte similar al de una roca, en los que el período fundamental para vibraciones de baja amplitud no excede de 0,25 s.
- Perfil tipo S3: Suelos flexibles o con estratos de gran espesor. Corresponden a este tipo los suelos flexibles o estratos de gran espesor en los que el período fundamental, para vibraciones de baja amplitud, es mayor que 0,6 s.
- Perfil tipo S2: Suelos intermedios. Se clasifican como de este tipo los sitios con características intermedias entre las indicadas para los perfiles S1 y S3.
- Perfil Tipo S4: Condiciones excepcionales. A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios

donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables.

La evaluación de la topografía se hace de acuerdo con el reglamento de clasificación de tierras por capacidad de uso mayor (D.S. N° 017/09-AG; Anexo IV) y se evalúa mediante un eclímetro durante el trabajo de campo, considerándose:

- Topografía Plana. Aquella cuya pendiente es menor a 15 %.
- Topografía Media. Aquella cuya pendiente es mayor a 15 %, pero menos a 50 %.
- Topografía Pronunciada. Aquella cuya pendiente es mayor a 50 %.

TABLA N°11 VALORES DE LOS PARÁMETROS DEL PELIGRO SÍSMICO

Sismicidad (40%)		Suelo (40%)		Topografía (20%)	
Baja	1	Rígido	1	Plana	1
Media	2	Intermedio	2	Media	2
Alta	3	Flexible	3	Pronunciada	3

FUENTE: Tabla N° 4.07 "Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana". Lima. 2005.

Los valores asignados a cada parámetro se reemplazan en la ecuación 18 para calificar numéricamente el peligro sísmico, el valor obtenido es comparado con los rangos numéricos evaluados en la tabla N°12, asignándole una calificación de Peligro sísmico Alto, Medio o Bajo.

$$\text{Peligro Sísmico} = 0.4 \times \text{Sismicidad} + 0.4 \times \text{Suelo} + 0.2 \times \text{Topografía} \quad (18)$$

**TABLA N°12 RANGO DE VALORES PARA EL CÁLCULO DEL PELIGRO
SÍSMICO**

Sismicidad	Peligro sísmico	Rango
Alta	Bajo	1.8
	Medio	2 a 2.4
	Alto	2.6 a 3
Media	Bajo	1.4 a 1.6
	Medio	1.8 a 2.4
	Alto	2.6
Bajo	Bajo	1 a 1.6
	Medio	1.8 a 2
	Alto	2.2

FUENTE: Tabla N° 4.08 "Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana". Lima. 2005.

Para calificar numéricamente el riesgo sísmico, los valores asignados a la vulnerabilidad y peligro se reemplazan en la ecuación 1. Luego el valor obtenido se compara con la calificación del riesgo mostrado en la tabla N°13, esto nos permite asignarle una calificación de Riesgo Sísmico Alto, Medio y Bajo.

TABLA N°13 CALIFICACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO

RIESGO SISMICO				RIESGO SISMICO			
Vulnerabilidad Peligro	3	2	1	Vulnerabilidad Peligro	Baja	Media	Alta
3	3	2.5	2	Bajo	BAJO	MEDIO	MEDIO
2	2.5	2	1.5	Medio	MEDIO	MEDIO	ALTO
1	2	1.5	1	Alto	MEDIO	ALTO	ALTO

FUENTE: Tabla N° 4.11 "Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana". Lima. 2005.

Un riesgo sísmico alto significa que la edificación sufrirá daños importantes ante un sismo severo (aceleración sísmica de 0,4 de la aceleración de la gravedad), existe gran probabilidad que la edificación colapse ya que no tiene un adecuado comportamiento sísmico y se encuentra sobre suelo blando (Mosqueira, 2012).

Un riesgo sísmico medio significa que la edificación tiene aceptable comportamiento sísmico y se encuentra sobre un suelo rígido o intermedio. Los pórticos y muros de la edificación podrían sufrir daños menores y algunos parapetos podrían colapsar parcial o totalmente (Mosqueira, 2012).

Un riesgo sísmico bajo significa que la edificación tiene adecuado comportamiento sísmico y el estado actual de la edificación es de regular a buena. La edificación se encuentra sobre suelo rígido sin pendiente y solo podría sufrir el colapso parcial o total de sus tabiques (Mosqueira, 2012).

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

5.1. Comportamiento sísmico de las edificaciones.

Para determinar la vulnerabilidad sísmica, se realizó un análisis sísmico espectral de los pabellones que conforman la I.E. "San Marcos", evaluando su comportamiento frente a cargas de servicio y frente a un sismo severo (aceleración máxima del terreno de 0,4g y con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años).

Como indicadores importantes se consideró: el desplazamiento relativo de entrepiso (distorsión angular) de la edificación, la comparación del Momento nominal resistente (M_{nr}) con el momento actuante (M_{na}) de las vigas. Para evaluar las columnas se ha comparó el área de acero existente (cm^2) y área de acero necesario (cm^2). Éstos dos últimos aspectos fueron evaluados bajo dos consideraciones: una con cargas muertas y vivas; la segunda considerando además de las cargas muertas y vivas, el efecto del sismo.

5.1.1. Evaluación de los desplazamientos relativos de entrepiso y junta sísmica.

Para evaluar los desplazamientos laterales de entrepiso de cada uno de los pabellones de la I. E. "San Marcos" se realizó un análisis sísmico espectral, para ello se usó el programa Sap 2000 Versión 16.

Los desplazamientos laterales y desplazamientos relativos de entrepiso de cada uno de los pabellones se muestran en la siguiente tabla N°14

Tabla N°14 DESPLAZAMIENTOS LATERALES Y DESPLAZAMIENTOS
RELATIVOS DE ENTREPISO DE LAS EDIFICACIONES

EDIFICACIÓN	Entrepiso	DX (m)	DY (m)	Dx/He	Dy/He
Pabellón 1A	1	0.0078	0.0105	0.0018	0.0025
	2	0.0142	0.0198	0.0020	0.0023
Pabellón 2A	1	0.0144	0.0079	0.0034	0.0018
	2	0.0264	0.0148	0.0038	0.0017
Pabellón 1B	1	0.0129	0.0194	0.0030	0.0045
	2	0.0245	0.0386	0.0028	0.0061
Pabellón 2B	1	0.0136	0.0162	0.0032	0.038
	2	0.0259	0.0305	0.0030	0.045
Pabellón C	1	0.0048	0.0049	0.0012	0.0012
	2	0.0090	0.0127	0.0013	0.0025

FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

También se determinó la junta sísmica que debe ser mayor a lo estipulado en el Reglamento Nacional de Edificaciones NTP E-030 (MTC, 2003)

Tabla N°15 ESPESOR DE LA JUNTA SÍSMICA

PABELLÓN	2/3 Desplazamientos	3+0.004(h-500)
A	2.75	4.21
B	4.21	4.21
C	1.45	3.94

FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

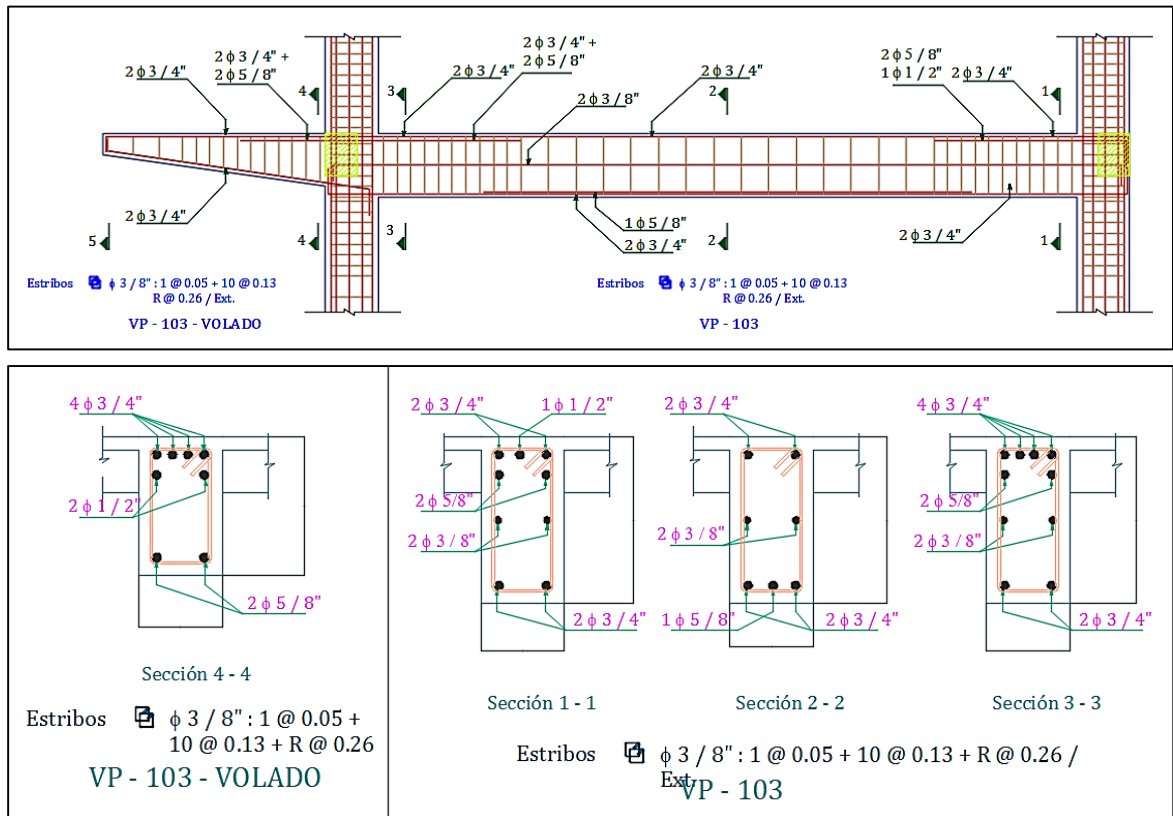
5.1.2. Evaluación del comportamiento de las vigas

Para determinar el comportamiento de las vigas se evaluó los momentos resistentes y momentos actuantes, para ello se usó lo descrito en el capítulo anterior. Se determinó los momentos actuantes del análisis sísmico espectral realizado a las edificaciones de la I. E "San Marcos" con el programa Sap 2000 versión 16 y se calculó el momento nominal resistente de la sección usando las ecuaciones (5) y (7).

Para evaluar los momentos resistentes y momentos actuantes en TN-m, de la viga principal de los pabellones A, B y C se ha considerado cuatro

secciones de análisis correspondientes a los momentos máximos positivos y negativos como se observa en la figura N°9, N°10, N°11, los resultados de esta comparación se muestran en las tablas N°16, N°17, N°18, N°19 y N°20.

FIG N°9 ESQUEMA DE LA VIGA PRINCIPAL, PABELLÓN A



FUENTE: Archivos de la Dirección Regional de Cajamarca, de las obras ejecutadas en la ciudad de San Marcos.

TABLA N°16 MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL ACTUANTE DE LA VIGA PRINCIPAL PABELLÓN 1A

SECCIÓN	1 - 1	2 - 2	3 - 3	4 - 4
Mn resistente	-21.73	16.14	-29.33	-21.99
Mn actuante (sin sismo)	-16.87	14.13	-25.22	-7.57
Mn actuante (con sismo)	-20.25	14.12	-27.49	-7.57

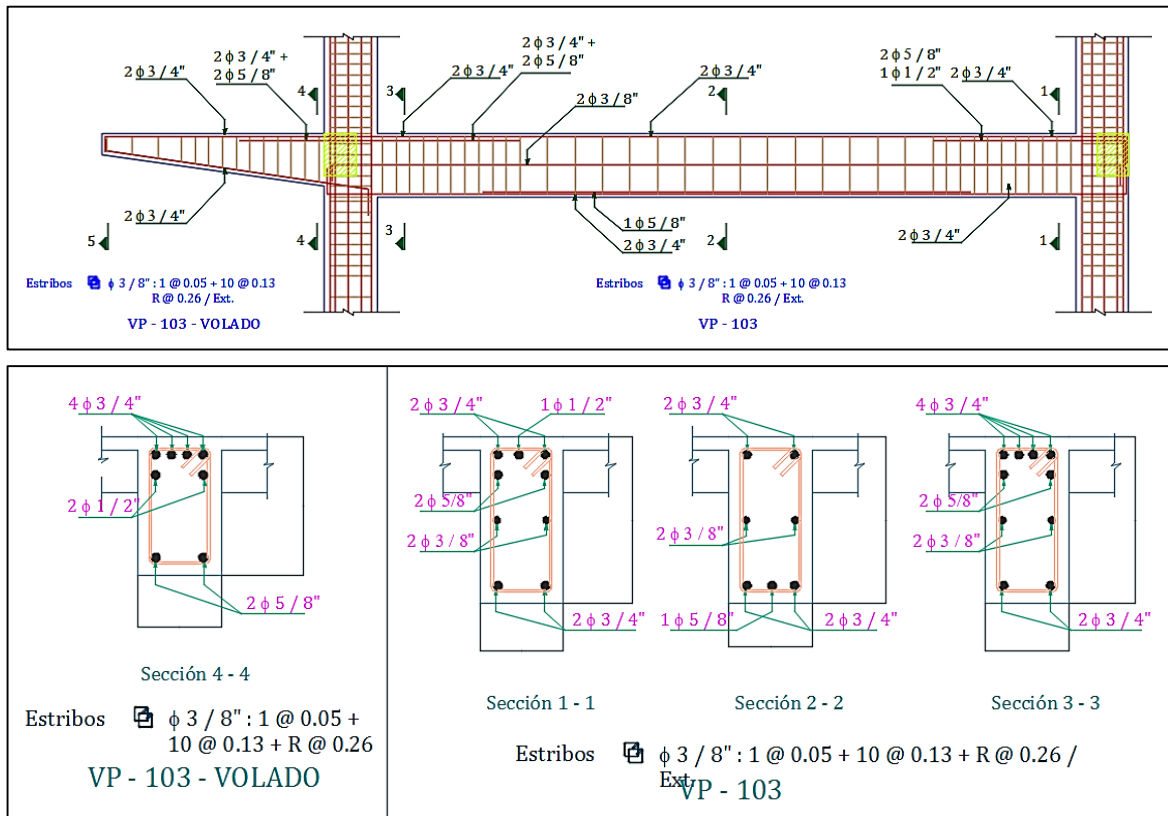
FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

TABLA N°17 MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL ACTUANTE DE LA VIGA PRINCIPAL PABELLÓN 2A

SECCIÓN	1 - 1	2 - 2	3 - 3	4 - 4
Mn resistente	-21.73	16.14	-29.33	-21.99
Mn actuante (sin sismo)	-16.85	14.13	-25.25	-7.57
Mn actuante (con sismo)	-21.29	14.13	-28.56	-7.57

FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

FIG N°10 ESQUEMA DE LA VIGA PRINCIPAL, PABELLÓN B



FUENTE: Archivos de la Dirección Regional de Cajamarca, de las obras ejecutadas en la ciudad de San Marcos.

TABLA N°18 MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL ACTUANTE DE LA VIGA PRINCIPAL PABELLÓN 1B

SECCIÓN	1 - 1	2 - 2	3 - 3	4 - 4
Mn resistente	-21.73	16.14	-29.33	-21.99
Mn actuante (sin sismo)	-16.82	14.13	-25.27	-7.57
Mn actuante (con sismo)	-21.91	14.13	-29.19	-7.57

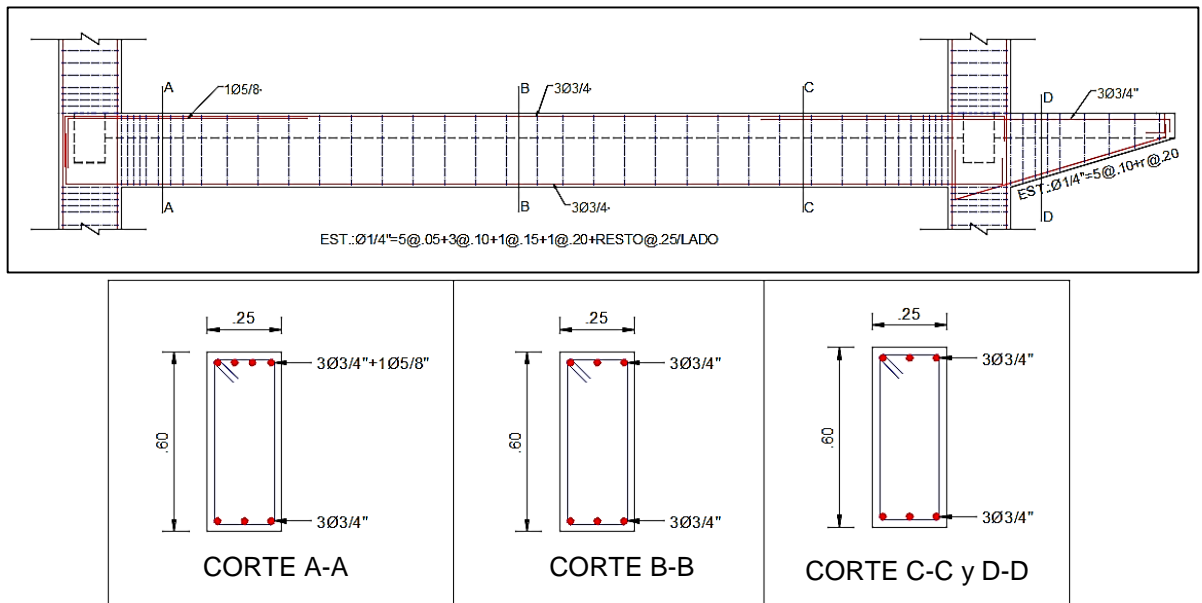
FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

TABLA N°19 MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL ACTUANTE DE LA VIGA PRINCIPAL PABELLÓN 2B

SECCIÓN	1 - 1	2 - 2	3 - 3	4 - 4
Mn resistente	-21.73	16.14	-29.33	-21.99
Mn actuante (sin sismo)	-16.84	14.13	-25.25	-7.57
Mn actuante (con sismo)	-20.14	14.13	-27.44	-7.57

FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

FIG. N°11 ESQUEMA DE LA VIGA PRINCIPAL, PABELLÓN C



FUENTE: Archivos de la Dirección Regional de Cajamarca, de las obras ejecutadas en la ciudad de San Marcos.

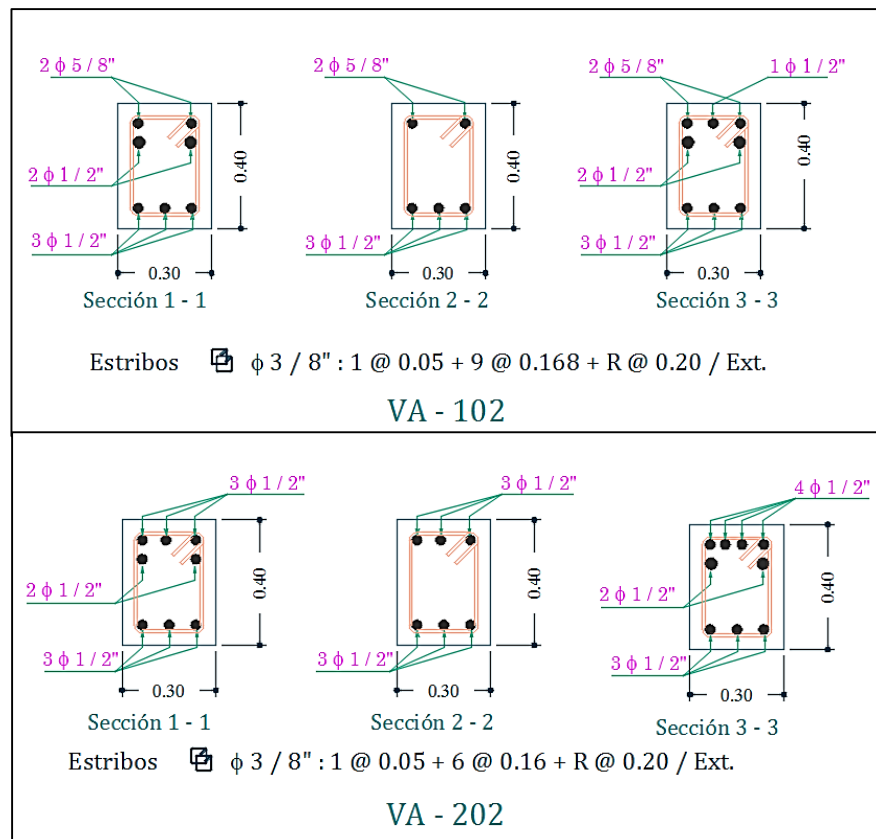
TABLA N°20 MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL
ACTUANTE DE LA VIGA PRINCIPAL PABELLÓN C

SECCIÓN	A - A	B - B	C - C	D - D
Mn resistente	-21.25	17.56	-17.56	-17.56
Mn actuante (sin sismo)	-15.79	11.40	-22.07	-8.49
Mn actuante (con sismo)	-17.63	11.40	-22.92	-8.50

FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

Para evaluar los momentos resistentes y momentos actuantes de las vigas secundarias de los pabellones de la I.E. "San Marcos", se consideró tres secciones de análisis correspondientes a los momentos máximos positivos y negativos como se observa en las Figuras N°12, N°13 y N°14. Los resultados se observan en las tablas: N°21, N°22, N°23, N°24 y N°25.

FIG. N°12 ESQUEMA DE LA VIGA SECUNDARIA, PABELLÓN A



FUENTE: Archivos de la Dirección Regional de Cajamarca, de las obras ejecutadas en la ciudad de San Marcos.

TABLA N°21 MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL
ACTUANTE DE LA VIGA SECUNDARIA PABELLÓN 1A

SECCIÓN	V102			V202		
	1 - 1	2 - 2	3 -3	1 - 1	2 - 2	3 -3
Mn resistente	-8.27	5.35	-9.72	-8.22	5.35	-9.71
Mn actuante (sin sismo)	-2.92	2.43	-4.64	-1.86	1.68	-3.29
Mn actuante (con sismo)	-6.89	3.26	-8.39	-3.61	1.92	-4.87

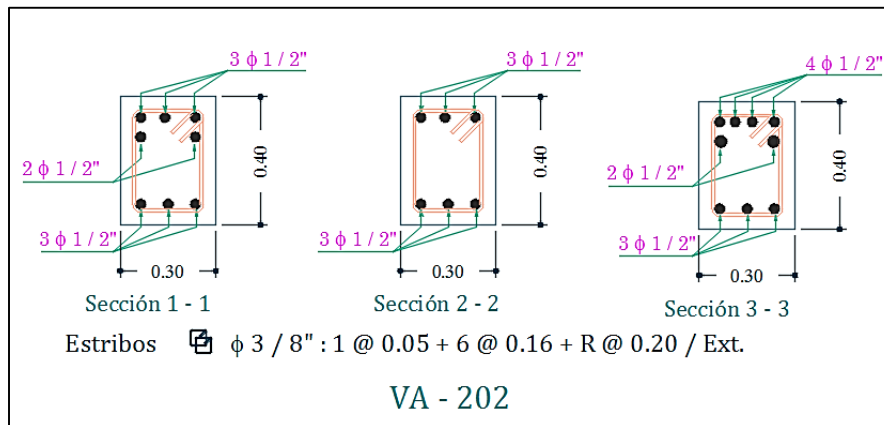
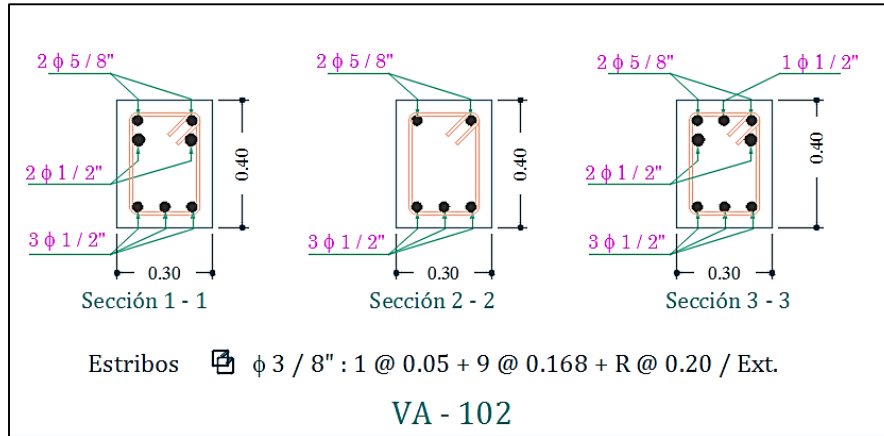
FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

TABLA N°22 MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL
ACTUANTE DE LA VIGA SECUNDARIA PABELLÓN 2A

SECCIÓN	V102			V202		
	1 - 1	2 - 2	3 -3	1 - 1	2 - 2	3 -3
Mn resistente	-8.27	5.35	-9.72	-8.22	5.35	-9.71
Mn actuante (sin sismo)	-2.92	2.46	-4.57	-1.94	1.67	-3.21
Mn actuante (con sismo)	-5.81	2.91	-7.21	-3.18	1.75	-4.29

FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

FIG. N°13 ESQUEMA DE LA VIGA SECUNDARIA, PABELLÓN B



FUENTE: Archivos de la Dirección Regional de Cajamarca, de las obras ejecutadas en la ciudad de San Marcos.

TABLA N°23 MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL ACTUANTE DE LA VIGA SECUNDARIA PABELLÓN 1B

SECCIÓN	V102			V202		
	1 - 1	2 - 2	3 - 3	1 - 1	2 - 2	3 - 3
Mn resistente	-8.27	5.35	-9.72	-8.22	5.35	-9.71
Mn actuante (sin sismo)	-3.87	6.95	-11.65	-0.74	3.39	-6.34
Mn actuante (con sismo)	-5.92	6.95	-13.24	-1.77	3.39	-6.95

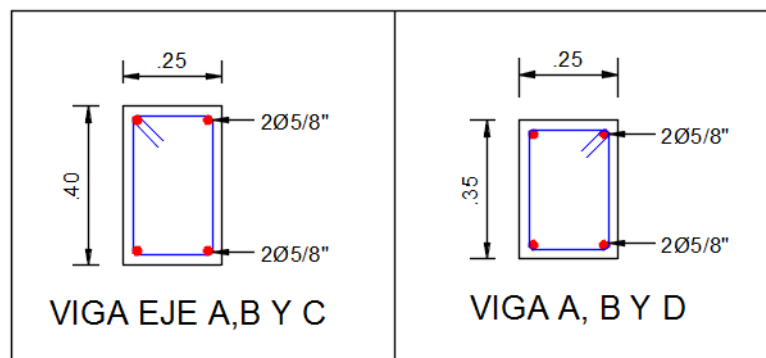
FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

TABLA N°24 MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL
ACTUANTE DE LA VIGA SECUNDARIA PABELLÓN 2B

SECCIÓN	V102			V202		
	1 - 1	2 - 2	3 -3	1 - 1	2 - 2	3 -3
Mn resistente	-8.27	5.35	-9.72	-8.22	5.35	-9.71
Mn actuante (sin sismo)	-2.93	2.52	-4.75	-1.95	1.71	-3.33
Mn actuante (con sismo)	-6.17	3.08	-7.74	-3.37	1.84	-4.57

FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

FIG. N°14 ESQUEMA DE LA VIGA SECUNDARIA, PABELLÓN C



FUENTE: Archivos de la Dirección Regional de Cajamarca, de las obras ejecutadas en la ciudad de San Marcos.

TABLA N°25 MOMENTO NOMINAL RESISTENTE Y MOMENTO NOMINAL
ACTUANTE DE LA VIGA SECUNDARIA PABELLÓN C

SECCIÓN	V1		V2	
	M(-)	M(+)	M(-)	M(+)
Mn resistente	5.58	5.58	5.04	5.04
Mn actuante (sin sismo)	5.45	3.12	2.86	1.90
Mn actuante (con sismo)	5.62	3.12	3.07	1.90

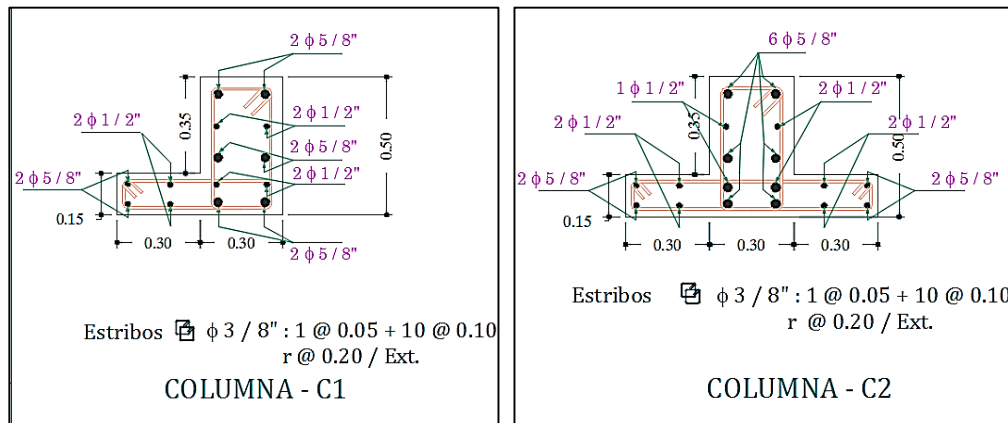
FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

5.1.3. Evaluación del comportamiento de las columnas

Para evaluar el comportamiento de las columnas se tomó en cuenta el acero existente de cada sección y se comparó con el acero necesario que requiere cada una de éstas secciones. Para determinar el acero que requiere las secciones se usó el programa Sap 2000 versión 16 el cual utiliza las ecuaciones 10. Para determinar el acero existente en cada una de las secciones se revisaron los planos obtenidos por el Gobierno Regional de Cajamarca y haciendo uso de la tabla N°6, se calculó la cantidad de acero según los diámetros y la cantidad de barras que contiene cada sección.

Se analizó el acero existente en las columnas de las figuras: N°15, N°16 y N°17 y se comparó con el acero necesario de las columnas bajo las dos condiciones: acero necesario con sismo y acero necesario sin sismo en cm^2 , los resultados de la comparación se muestran en las tablas: N°26, N°27, N°28, N°29 y N°30.

FIG. N°15 ESQUEMA DE LAS COLUMNAS, PABELLÓN A



FUENTE: Archivos de la Dirección Regional de Cajamarca, de las obras ejecutadas en la ciudad de San Marcos.

TABLA N°26 ACERO EXISTENTE Y ACERO NECESARIO DE LA COLUMNAS, PABELLÓN 1A

	COLUMNA 1		COLUMNA 2	
	1° PISO	2° PISO	1° PISO	2° PISO
Acero Existente	23.66	23.66	30.22	30.22
Acero Necesario (sin sismo)	19.50	19.50	24.00	24.00
Acero Necesario (con sismo)	19.50	19.50	24.00	24.00

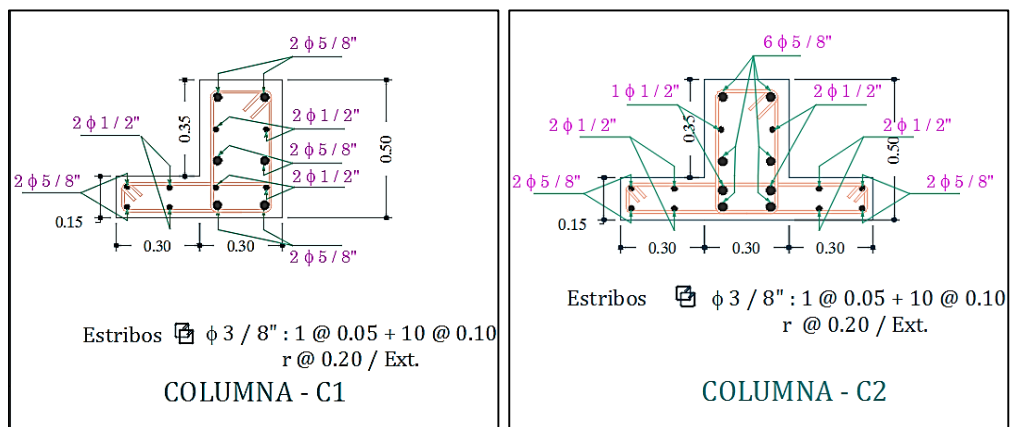
FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

TABLA N°27 ACERO EXISTENTE Y ACERO NECESARIO DE LA COLUMNAS, PABELLÓN 2A

	COLUMNA 1		COLUMNA 2	
	1° PISO	2° PISO	1° PISO	2° PISO
Acero Existente	23.66	23.66	30.22	30.22
Acero Necesario (sin sismo)	19.50	19.50	24.00	24.00
Acero Necesario (con sismo)	19.50	19.50	24.00	24.00

FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

FIG. N°16 ESQUEMA DE LAS COLUMNAS, PABELLÓN B



FUENTE: Archivos de la Dirección Regional de Cajamarca, de las obras ejecutadas en la ciudad de San Marcos.

TABLA N°28 ACERO EXISTENTE Y ACERO NECESARIO DE LA COLUMNAS, PABELLÓN 1B

	COLUMNA 1		COLUMNA 2	
	1° PISO	2° PISO	1° PISO	2° PISO
Acero Existente	23.66	23.66	30.22	30.22
Acero Necesario (sin sismo)	19.50	19.50	24.00	24.00
Acero Necesario (con sismo)	19.50	19.50	24.00	24.00

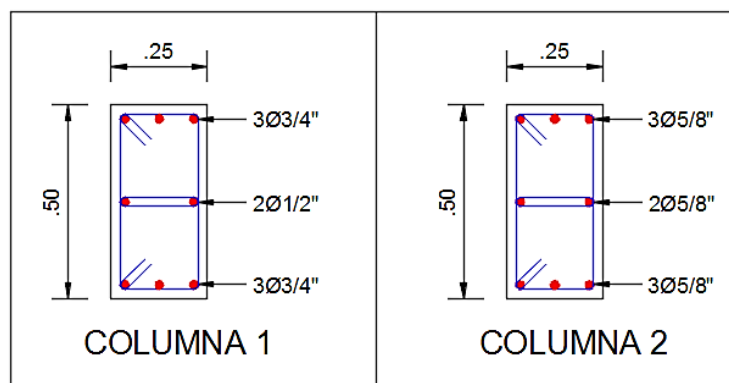
FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

TABLA N°29 ACERO EXISTENTE Y ACERO NECESARIO DE LA COLUMNAS, PABELLÓN 2B

	COLUMNA 1		COLUMNA 2	
	1° PISO	2° PISO	1° PISO	2° PISO
Acero Existente	23.66	23.66	30.22	30.22
Acero Necesario (sin sismo)	19.50	19.50	24.00	24.00
Acero Necesario (con sismo)	19.50	19.50	24.00	24.00

FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

FIG. N°17 ESQUEMA DE LAS COLUMNAS, PABELLÓN C



FUENTE: Archivos de la Dirección Regional de Cajamarca, de las obras ejecutadas en la ciudad de San Marcos.

TABLA N°30 ACERO EXISTENTE Y ACERO NECESARIO DE LA COLUMNAS,
PABELLÓN C

	COLUMNA 1		COLUMNA 2	
	1° PISO	2° PISO	1° PISO	2° PISO
Acero Existente	19.62	19.62	15.92	15.92
Acero Necesario (sin sismo)	12.50	12.50	25.32	12.50
Acero Necesario (con sismo)	12.50	16.41	25.32	12.50

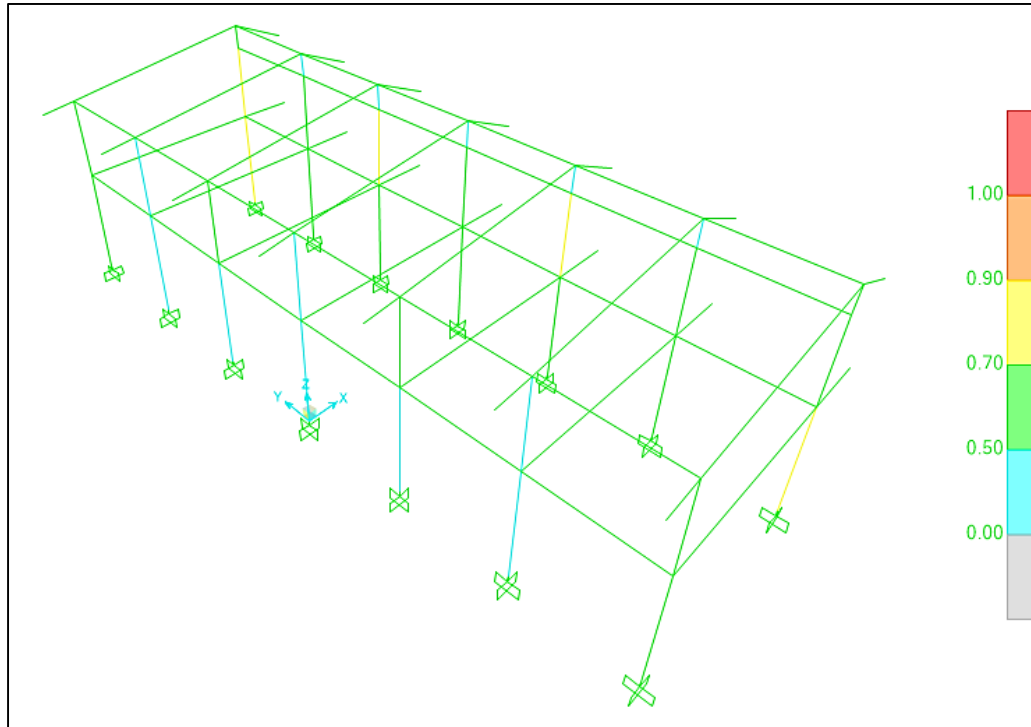
FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

5.1.4. Evaluación del tipo de falla.

Para determinar el tipo de falla que tendrán los pabellones de la I. E. "San Marcos" (falla frágil o falla dúctil), es saber que elementos serán los primeros en fallar, ya sea las columnas o las vigas. Si empiezan a fallar inicialmente las columnas la edificación tendrá una falla frágil y podría generar el colapso, pero si fallan inicialmente las vigas la edificación tendrá una falla dúctil sufriendo daños pero sin llegar al colapso.

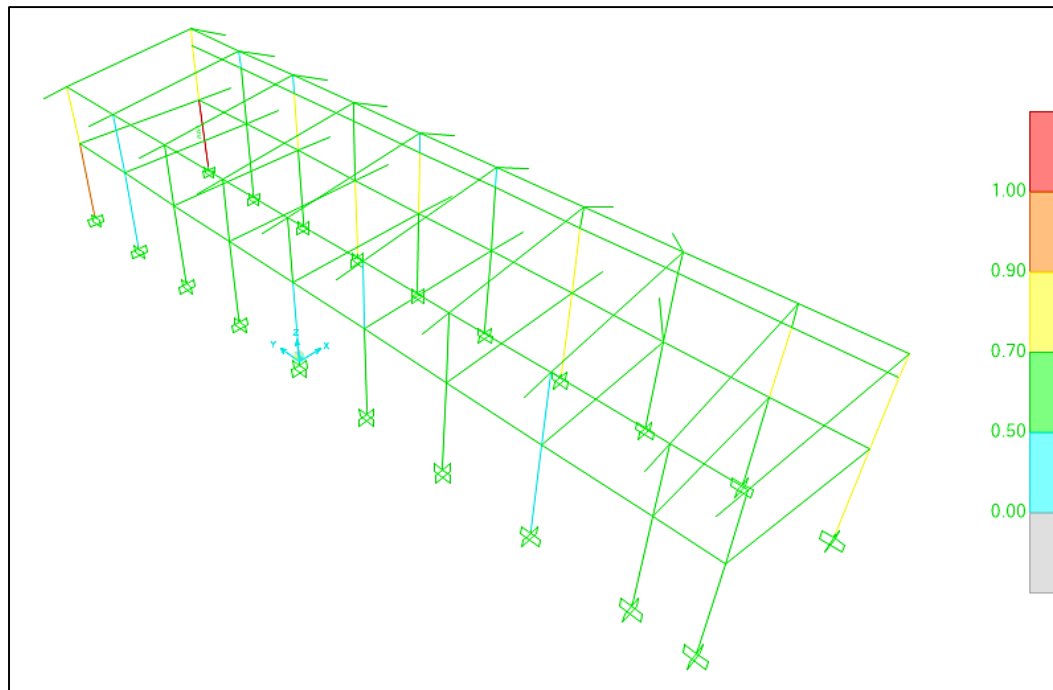
Según la ecuación (13) exige que las columnas sean más resistentes que las vigas, para ello se ha realizado la respectiva evaluación, realizando el análisis mediante programas computacionales (Sap 2000 versión 16).

FIG. N°18 VERIFICACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DE LAS VIGAS Y COLUMNAS DEL PABELLÓN 1A



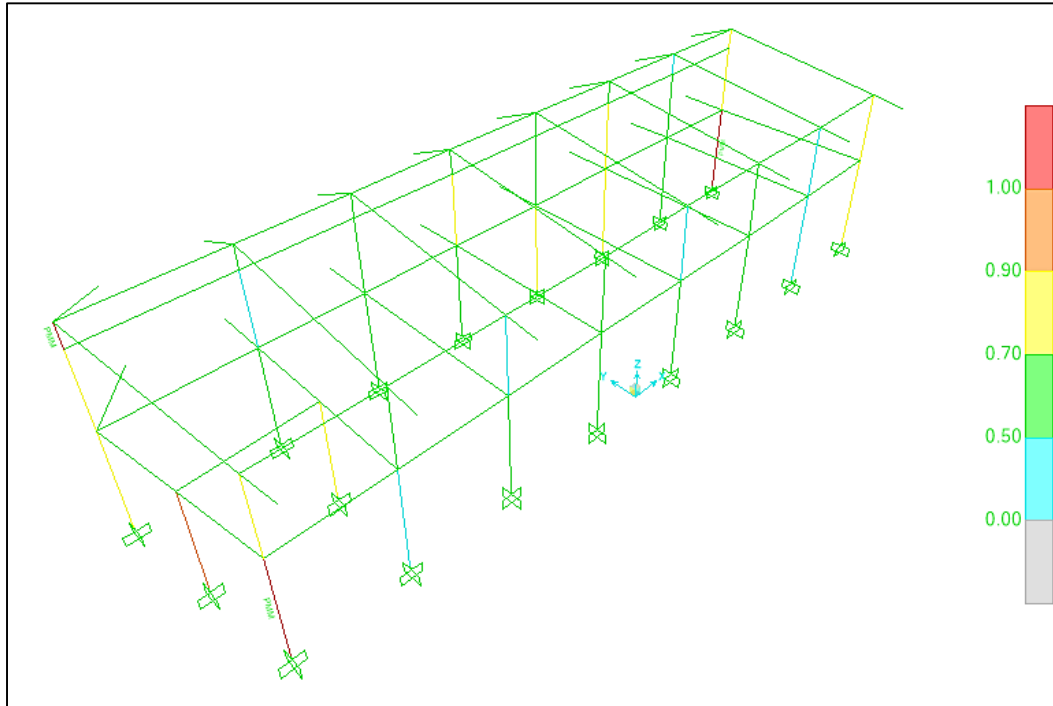
FUENTE: Obtenida mediante el programa Sap 2000 versión 16.

FIG. N°19 VERIFICACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DE LAS VIGAS Y COLUMNAS DEL PABELLÓN 1A



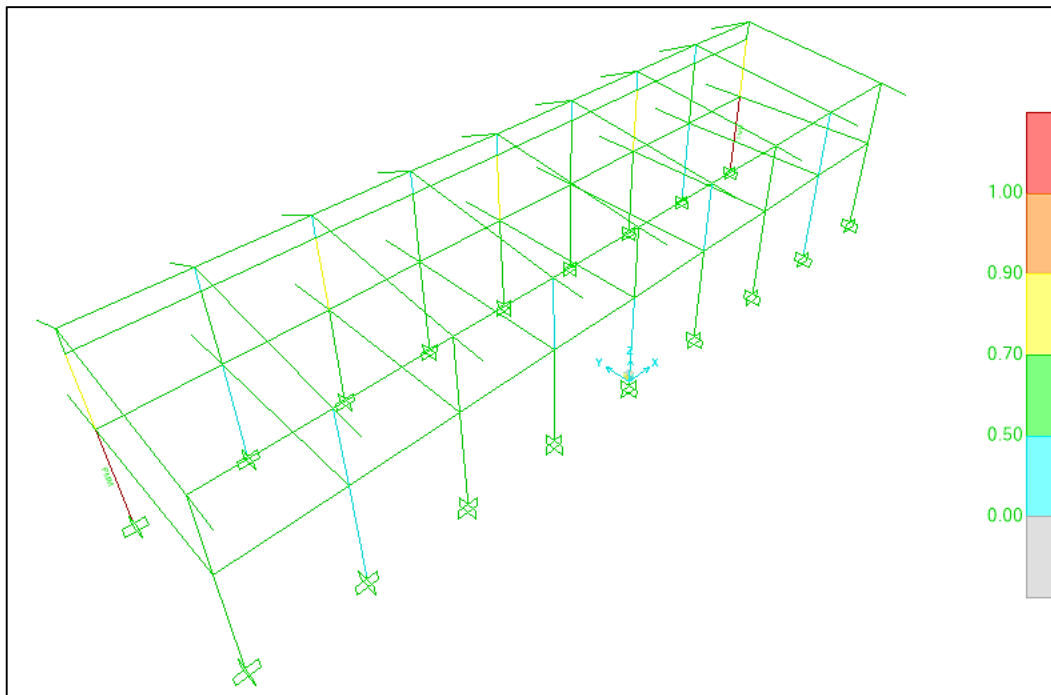
FUENTE: Obtenida mediante el programa Sap 2000 versión 16.

FIG. N°20 VERIFICACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DE LAS VIGAS Y COLUMNAS DEL PABELLÓN 1B



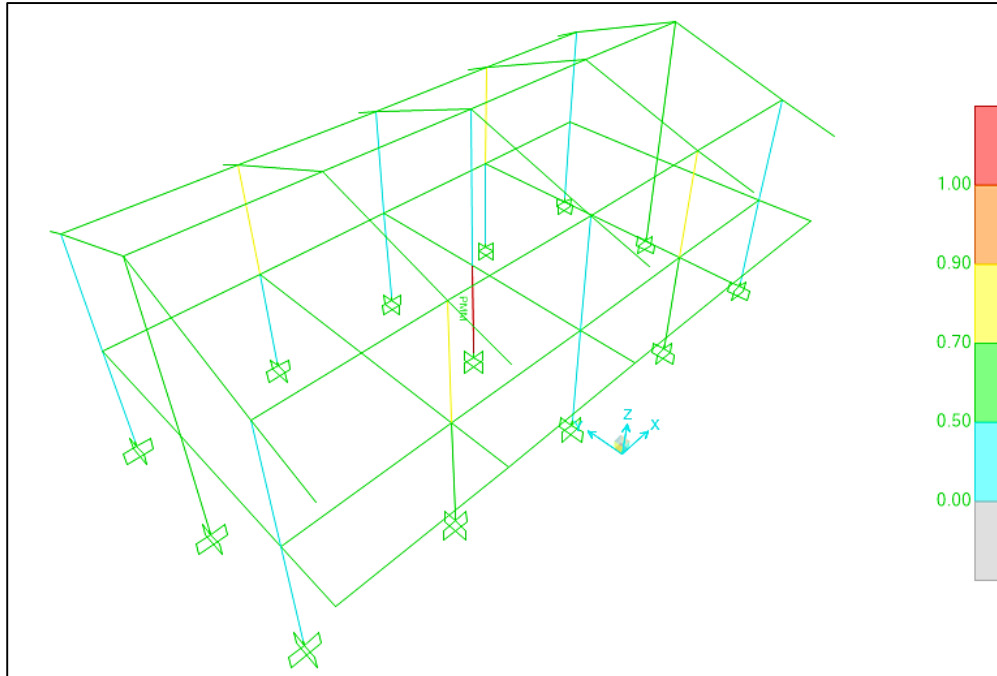
FUENTE: Obtenida mediante el programa Sap 2000 versión 16.

FIG. N°21 VERIFICACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DE LAS VIGAS Y COLUMNAS DEL PABELLÓN 2B



FUENTE: Obtenida mediante el programa Sap 2000 versión 16.

FIG. N°22 VERIFICACIÓN DE LA PROPORCIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE DE LAS VIGAS Y COLUMNAS DEL PABELLÓN C



FUENTE: Obtenida mediante el programa Sap 2000 versión 16.

Para evaluar en qué dirección, se produce el mayor daño en las columnas debido a momento flexionante causado por sismo, se determinó el momento de inercia y el módulo de sección utilizando la ecuación 11.

Tabla N°31 MOMENTO DE INERCIA Y EL MÓDULO DE SECCIÓN DE LAS COLUMNAS, PABELLÓN A Y B

Pabellón	B (cm)	H (cm)	I_{xx} (cm ⁴)	I_{yy} (cm ⁴)	$Z_x = I_{xx}/c$ (cm ³)	$Z_y = I_{yy}/c$ (cm ³)
A	-	-	132494.00	990000.00	4198.16	22000.00
B	-	-	990000.00	132494.00	22000.00	4198.16

FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

Tabla N°32 MOMENTO DE INERCIA Y EL MÓDULO DE SECCIÓN DE LAS COLUMNAS, PABELLÓN C

Pabellón	B (cm)	H (cm)	I_{xx} (cm ⁴)	I_{yy} (cm ⁴)	$Z_x = I_{xx}/c$ (cm ³)	$Z_y = I_{yy}/c$ (cm ³)
C	25	50	260416.67	65104.17	10416.67	5208.33

FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

5.1.5. Evaluación de la falla de columna corta.

Para evaluar el efecto de los vanos de los pabellones que no cuentan con junta sísmica con respecto a las columnas, se determinó la rigidez de la columna con su longitud total y la rigidez de las columnas acortadas por los vanos (columnas cortas). Para ello se utilizó la ecuación 12.

FIG. N°23 LONGITUDES DE EVALUACIÓN DE LA RIGIDEZ.



FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

TABLA N°33 RIGIDEZ DE LA COLUMNA TOTAL Y LA COLUMNA CORTA N° 1.

Pabellón			Longitud Total		Longitud Corta 1		Relación de K	
			$12EIx/L^3$	$12EIy/L^3$	$12EIx/L^3$	$12EIy/L^3$	KXLT / KXLC1	KYLT / KYLC1
	LT	LC1	(KXLT)	(KYLT)	(KXLC1)	(KYLC1)		
	(m)	(m)	(Tnf/m)	(Tnf/m)	(Tnf/m)	(Tnf/m)		
C	2.80	1.40	3094.40	773.01	24755.22	6188.81	8.00	8.01

FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

TABLA N°34 RIGIDEZ DE LA COLUMNA TOTAL Y LA COLUMNA CORTA N° 2.

Pabellón			Longitud Total		Longitud Corta 2		Relación de K	
			$12EIx/L^3$	$12EIy/L^3$	$12EIx/L^3$	$12EIy/L^3$	KXLT / KXLC2	KYLT / KYLC2
	LT	LC2	(KXLT)	(KYLT)	(KXLC2)	(KYLC2)		
	(m)	(m)	(Tnf/m)	(Tnf/m)	(Tnf/m)	(Tnf/m)		
C	2.80	0.80	3094.40	773.01	132672.52	33168.13	42.87	42.91

FUENTE: Elaboración Propia, 2014

5.2. Estado actual de las edificaciones de la I. E. "SAN MARCOS"

El estado actual del pabellón C es malo, pudiendo observarse fisuras, grietas, humedad, entre otras fallas. Mientras que los pabellones A y B tienen un estado actual bueno, se observa juntas de construcción entre tabiques y pórticos, fisuras mínimas en la unión tabique pórtico.

5.3. Estabilidad de tabiques.

La vulnerabilidad no estructural, se determinó teniendo en cuenta la estabilidad de los tabiques ante carga perpendicular al plano, ya que ante este tipo de cargas se producen la mayoría de fallas frágiles ante sismo, para eso se han evaluado dos tabiques típicos de cada pabellón, se comparó el momento actuante M_a en KN-m/m (ecuación 14) y el momento resistente M_r en KN-m/m (ecuación 16), los resultados se muestran en la siguiente tabla N°35.

TABLA N°35 ESTABILIDAD DE TABIQUES

	Muro	Factores					Mom. Act	Mom. rest.	Resultado $M_a : M_r$
		C1	m	P	a	t	$0.4C1mPa^2$	$16.7 t^2$	
		adim.	adim.	kN/m ²	m	m	kN-m/m	kN-m/m	
A	M1	0.9	0.08	2.5	2.25	0.13	0.4	0.3	Inestable
	M3	0.9	0.09	2.5	1.80	0.13	0.3	0.3	Estable
	M2	0.9	0.09	2.5	1.65	0.13	0.2	0.3	Estable
	M4	0.9	0.12	2.5	1.00	0.13	0.1	0.3	Estable
B	M1	0.9	0.08	2.5	2.25	0.13	0.4	0.3	Inestable
	M2	0.9	0.09	2.5	1.80	0.13	0.3	0.3	Estable
	M3	0.9	0.09	2.5	1.65	0.13	0.2	0.3	Estable
	M4	0.9	0.12	2.5	1.00	0.13	0.1	0.3	Estable
C	M1	0.9	0.50	2.5	1.70	0.13	1.3	0.3	Inestable
	M2	0.9	0.50	2.5	1.20	0.13	0.6	0.3	Inestable

FUENTE: Elaboración Propia, 2014

5.4. Vulnerabilidad sísmica de los pabellones de la I. E. "San Marcos"

Usando los datos de las tablas anteriores y la metodología explicada en el capítulo anterior se determinó la vulnerabilidad sísmica. Los pabellones A y B tienen las mismas características y calificación de sus parámetros estructurales y no estructurales; la vulnerabilidad del pabellón C se ha calculado de manera separada puesto que la calificación de sus parámetros estructurales y no estructurales es diferente a los de los demás pabellones.

TABLA N°36 VULNERABILIDAD DE LA ESTRUCTURA, PABELLONES

A y B

Estructural		No estructural		Vulnerabilidad
Comportamiento	Estado Actual	Tabiquería y parapetos		
Adecuada:	Bueno	x	Todos estables	MEDIA
Aceptable:	Regular		Algunos estables	
Inadecuada:	Malo		Todos inestables	

FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

TABLA N°37 VULNERABILIDAD DE LA ESTRUCTURA, PABELLÓN C.

Estructural		No estructural		Vulnerabilidad
Comportamiento	Estado Actual	Tabiquería y parapetos		
Adecuada:	Bueno		Todos estables	ALTA
Aceptable:	Regular	x	Algunos estables	
Inadecuada:	Malo		Todos inestables	

FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

5.5. Peligro sísmico de los pabellones de la I. E. "San Marcos"

Para determinar el peligro sísmico se determinó la sismicidad, se ha tenido en cuenta la zonificación sísmica establecida en la NTE - 030, (MTC, 2003) en el cual San Marcos - Cajamarca se encuentra ubicado en la zona de más alta sismicidad (ZONA 3).

Las características del suelo se obtuvieron de los ensayos de laboratorio otorgados por el Gobierno Regional de Cajamarca que se muestran en los anexos, determinándose que el suelo predominante en la institución educativa "San Marcos" es un suelo arcilloso – limoso de una resistencia a compresión de 0,90 kg/cm², considerado dentro de la clasificación del NTE E-030 como un suelos tipo III - flexible.

La topografía de la ciudad de San Marcos en donde se encuentra ubicada la institución educativa "San Marcos" es plana, teniendo una pendiente menor a 15%.

El peligro sísmico que es un factor que depende de las características del lugar de ubicación de las edificaciones, es el mismo para los tres pabellones.

TABLA N°38 PELIGRO DE LA ESTRUCTURA

Peligro				Peligro
Sismicidad	Suelo		Topografía y pendiente	
Baja		Rígido	Plana	x
Media		Intermedios	Media	
Alta	X	Flexibles	x	Pronunciada

FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

5.6. Riesgo sísmico de los pabellones de la I. E. "San Marcos"

Con los datos obtenidos en las tablas: N°36, N°37 y N°38 y usando la metodología explicada en el capítulo anterior se determinó el riesgo sísmico de las edificaciones, obteniéndose similares resultados para los cuatro pabellones. Ver tabla N°39.

TABLA N°39 RIESGO SÍSMICO DE LOS PABELLONES DE LA I. E. "SAN MARCOS".

Pabellón	Calificación	Resultado	
A	Vulnerabilidad: Media	Riesgo sísmico:	ALTO
	Peligro: Alto		
B	Vulnerabilidad: Media	Riesgo sísmico:	ALTO
	Peligro: Alto		
C	Vulnerabilidad: Alta	Riesgo sísmico:	ALTO
	Peligro: Alto		

FUENTE: Elaboración Propia, 2014.

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN

6.1. Evaluación de los desplazamientos relativos de entrepiso y junta sísmica.

Al evaluar los desplazamientos relativos de entrepiso de los pabellones de la I. E. "San Marcos", podemos afirmar que todos los desplazamientos ya sea en la dirección x e y, cumplen y se encuentran en el rango establecido según la norma E030 de diseño sismorresistente, el cual debe ser menor que 0.007. También se determinó que los desplazamientos laterales máximos calculados son menores a la junta sísmica existente.

La junta sísmica existente entre cada uno de los pabellones A y B miden entre 3 a 4 cm, del pabellón C varía entre 1 a 2 cm; pero al calcular la junta sísmica según la norma E030 de diseño sismorresistente, la junta calculada es mayor a la existente (Ver figura N°24).

FIG. N°24 (a) JUNTA SÍSMICA ENTRE EL PABELLÓN 1A Y 2A, 1B Y 2B
(b) JUNTA SÍSMICA ENTRE EL PABELLÓN C Y BAÑOS



(a)



(b)

6.2. Evaluación del comportamiento de las vigas

Las vigas principales de los pabellones A y B tienen un comportamiento adecuado ya que el momento nominal resistente es mayor al momento actuante ante cargas de servicio (cargas muertas y vivas) y mayor al momento actuante generado por cargas de sismo. Sin embargo las vigas principales del pabellón C tienen un comportamiento adecuado frente a cargas de servicio pero ante cargas por sismo el comportamiento es inadecuado ya que el momento actuante es mayor al momento resistente, las vigas del pabellón C frente a un sismo fallarían y producirían el colapso de la edificación.

Al evaluar las vigas secundarias de los pabellones A, B y C, se puede observar que en todas sus secciones el comportamiento es adecuado ya sea ante cargas de servicio y cargas de sismo (momento resistente es mayor al momento actuante).

6.3. Evaluación del comportamiento de las columnas

El comportamiento de las columnas de los pabellones A y B es adecuado ante las cargas de servicio (cargas muertas y vivas), así como también ante cargas por sismo; pero las columnas del pabellón C ante cargas sísmicas la secciones y la cantidad de acero que contienen es inadecuado (momento actuante con sismo es mayor al momento resistente) por lo que se podría afirmar que ante un sismo las columnas generarán rótulas plásticas y fallarán.

6.4. Evaluación del tipo de falla.

En todos los pabellones de la I. E. "San Marcos" (Ver figuras: N°18, N°19, N°20, N°21, N°22), los elementos que inicialmente fallarían son las columnas, aunque en las figuras se observan que solamente fallan una o dos columnas en cada pabellón el sistema no cumple con la condición de tener columnas más resistentes que las vigas. Todas las vigas soportan los efectos de las cargas.

6.5. Evaluación de la falla de columna corta.

La falla de columna corta se generará en columnas del pabellón C ya que no cuentan con junta de construcción entre muro y tabiquería y al haber ventanas en los muros generarán que ante un sismo los muros restrinjan el movimiento de las columnas mientras que en el espacio de las ventanas con la columna harán que esta pequeña columna corta absorba mayor rigidez de lo que absorbería una columna larga (ver figura: N°23).

La columna corta N°1 tiene que absorber 8 veces más fuerza sísmica de lo que soportaría una columna larga y la columna corta N°2 tiene que absorber hasta 42.9 veces más fuerza sísmica que soportaría la columna larga.

6.6. Estabilidad de tabiques.

En la estabilidad de los tabiques (Ver tabla N°35) se puede observar que en los pabellones A y B, en los cuales existe junta de construcción entre pódico y tabique, además que cuenta con viguetas y columnetas de confinamiento en los muros, el momento actuante es menor al momento resistente en la mayoría de los muros. Es por ello que los tabiques ante cargas perpendiculares al plano son estables y se puede concluir que en edificaciones de tipo aporticado, los tabiques confinados y aislados del sistema estructural resistente son estables y tienen un comportamiento adecuado ante un sismo.

En el caso del pabellón C, en los cuales no existe junta de construcción entre pódico y tabique, el momento actuante es mayor al momento resistente, es por ello que los tabiques ante cargas perpendiculares al plano son inestables, esto se debe a la falta de confinamientos de los tabiques, por lo que el muro trabaja como muro en voladizo lo cual causará su colapso ante sismo.

6.7. Vulnerabilidad sísmica de los pabellones de la I. E "San Marcos"

El pabellón C de la I. E. "San Marcos" debido a su comportamiento sísmico inadecuado e inestabilidad de tabiques, tienen una vulnerabilidad Sísmica Alta. Los pabellones A y B a pesar de ser edificaciones con 5 años de antigüedad, debido al aceptable comportamiento sísmico en el cual se contempla una falla frágil en las columnas, tienen vulnerabilidad Sísmica Media.

6.8. Peligro sísmico de los pabellones de la I. E "San Marcos"

La I. E. "San Marcos" al estar ubicado en una zona de alta sismicidad (ZONA 3 – Departamento de Cajamarca) y al tener un suelo flexible tipo III, suelo arcilloso - limoso, con resistencia 0.90 kg/cm^2 (ver anexos - estudio mecánica de suelos) determinan que tiene un peligro sísmico alto

6.9. Riesgo sísmico de los pabellones de la I. E "San Marcos"

Teniendo la vulnerabilidad y peligro sísmico de los pabellones de la I. E "San Marcos" y aplicando la fórmula propuesta por Kuroiwa podemos afirmar que la los pabellones de la I. E "San Marcos" tiene un riesgo sísmico alto.

Ante un sismo severo los pabellones A y B sufrirán fallas iniciales en sus columnas que podrían generar el colapso de la estructura y uno de los muros será inestable ante el volteo y también caerá.

El pabellón C también sufrirá falla inicial en las columnas aparte de sufrir la famosa falla de columna corta, todos sus muros colapsarán y por consiguiente colapsará toda la edificación.

CONCLUSIONES

- ❖ Los pabellones A y B de la institución educativa "San Marcos" tienen vulnerabilidad media A causa de su comportamiento sísmico inadecuado, el pabellón C tiene vulnerabilidad alta, a causa de su comportamiento sísmico inadecuado, la inestabilidad de sus tabiques y mal estado de conservación.
- ❖ La Institución Educativa "San Marcos", tiene peligro sísmico alto, a causa de su alta sismicidad de la zona y las características de su suelo de fundación.
- ❖ Las edificaciones de la Institución Educativa "San Marcos" ante sismo severo, sufrirán desplazamiento relativo de entrepiso mayor en la dirección "X" e "Y", pero se encuentran en el rango establecido y son menores a 0.007, MTC (2003).
- ❖ Las vigas y las columnas tienen un comportamiento aceptable ante cargas muertas y vivas (cargas de servicio), pero inadecuado ante cargas sísmicas, pudiendo llevarlas al colapso.
- ❖ La Institución Educativa "San Marcos", tiene riesgo sísmico alto, debido a la vulnerabilidad sísmica y peligro sísmico altos; por lo tanto si cumple con la hipótesis planteada en esta investigación.

REFERENCIAS

1. Astorga, M. A., & Aguilar, R. (Abril de 2006). "Evaluación del riesgo sísmico de edificaciones educativas peruanas". *Tesis para optar al grado de Magister en Ingeniería Civil*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
2. Barbat, A. H. (1998). *El riesgo sísmico en el diseño de edificios*. Madrid, España: Calidad Siderúrgica.
3. Bardales, W. H. (2010). Desempeño sismorresistente del edificio 2B de la universidad Nacional de Cajamarca. *TESIS - Universidad Nacional de Cajamarca*. Cajamarca.
4. Bonett, R. L. (2003). Vulnerabilidad y riesgo sísmico. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. *Tesis Doctoral - Universidad politécnica de Cataluña*. Barcelona, España.
5. Broto, C. (2009). *Enciclopedia Broto de patologías de la construcción*. (16°.ed). España, Barcelona: Editorial Links Internacional.
6. Calavera, J. (2005). *Patología de estructuras de Hormigón armado y pretensado* (1°.ed). Madrid: Instituto técnico de materiales y construcciones (INTEMAC).
7. Cardona, O. D. (1989). Evaluación Empírica de la Vulnerabilidad Sísmica Pre-evento. *Trabajos varios sobre vulnerabilidad sísmica*. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica - AIS. Bogotá, Colombia.
8. Cardona, O. D. (Octubre de 1990). Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones y Centros Urbanos. *Seminario Colombo-Alemán, Ingeniería Sísmica, Dinámica Estructural y Hormigón Armado*. Universidad del Valle. Cali, Colombia.
9. I.E. "SAN MARCOS". (Noviembre de 2014). Obtenido de <http://iesanmarcos.weebly.com/>
10. Kuroiwa, J., Pacheco, E., & Pando, E. (2010). Alto a los Desastres. *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)*. Lima, Perú: Umbral ediciones.
11. Llanos, L. F., & Vidal, L. M. (2003). Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Escuelas Publicas de Cali : Una Propuesta Metodológica. *Tesis - Universidad del Valle*. Santiago de Cali, Colombia.

12. Luccioni, B. M. (2006). *Vulnerabilidad Sísmica de Edificios Vitales de la Red de Emergencias*. Obtenido de http://www.herrera.unt.edu.ar/iest/investigacion/vulnerabilidad_sismica_de_edificios_vitales_de_la_red_de_emergencias.html
13. Mosqueira, M. Á. (2012). Riesgo Sísmico en las edificaciones de la Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cajamarca. *Tesis Doctoral - Universidad Nacional de Trujillo*. Trujillo, Perú.
14. Mosqueira, M. Á., & Tarque, S. N. (Junio de 2005). Recomendaciones Técnicas para Mejorar la Seguridad Sísmica de Viviendas de Albañilería Confinada de la Costa Peruana. *Tesis Magistral - PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ*. Lima, Perú: Editorial PUCP.
15. MTC. (2003). Reglamento Nacional de Edificaciones NTE-030 de Diseño Sismorresistente. Lima, Perú: Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC).
16. MTC. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones NTE-070 de Albañilería. Lima, Perú: Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC).
17. MTC. (2009). Reglamento Nacional de Edificaciones NTE-060 de Concreto Armado. Lima, Perú: Ministerio de Transportes, Comunicación, Vivienda y Construcción (MTC).
18. Muñoz, A. (2004). Ingeniería sismorresistente. *Pontificia Universidad Católica del Perú, Departamento de Ingeniería*. Lima, Perú: Fondo Editorial PUCP.
19. Muñoz, A., Quiun, D., & Tinman, M. (1999). Riesgo sísmico de edificios peruanos. *Departamento de Ingeniería PUCP*. Lima, Perú: Fondo Editorial PUCP.
20. Norabuena, L. P. (2012). VULNERABILIDAD SÍSMICA EN LAS INSTITUCIONES EDUCATIVAS DEL NIVEL SECUNDARIA DEL DISTRITO DE PATIVILCA PROVINCIA DE BARRANCA - LIMA - 2012. *Tesis - UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONIO ORREGO*. Trujillo, Perú.
21. Otazzi P., G. (2008). Diseño en concreto armado. (1° ed.). *Asociación capitulo peruano del Instituto Americano del Concreto – ACI*. Lima, Perú.
22. paredes morales, j. (2012).
23. Peralta, H. A. (2002). ESCENARIOS DE VULNERABILIDAD Y DE DAÑO SÍSMICO EN LAS EDIFICACIONES DE MAMPOSTERÍA DE UNO Y DOS PISOS

EN EL BARRIO SAN ANTONIO, CALI, COLOMBIA. *Proyecto de Grado - Universidad del Valle*. Cali, Colombia.

24. Pérez, A. (08 de Octubre de 2010). *Instituto de Estudios sobre Conflictos y Acción Humanitaria*. Obtenido de Balance del Centro para la Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres: http://www.iecah.org/web/index.php?option=com_content&view=article&id=122:balance-del-centro-para-la-investigacion-sobre-la-epidemiologia-de-los-desastres-&catid=33:noticias&Itemid=84
25. Quintero, N. D., & Rojas, J. A. (Noviembre de 2011). NIVELES DE VULNERABILIDAD Y RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES DE LA PARROQUIA CATEDRAL DEL MUNICIPIO LIBERTADOR DE CARACAS. *TESIS Universidad Central de Venezuela*. Caracas, Venezuela.
26. Safina, S. (2003). Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico. *Tesis Doctoral*. Universida Politècnica de Catalunya - UPC.
27. San Bartolomé, A. (1998). *Construcciones de Albañilería – Comportamiento sísmico y diseño estructural*. (2°.ed.). Lima, Perú: Fondo Editorial PUCP.
28. Silgado, E. (1978). *Historia de los sismos más notables ocurridos en el Perú*. Lima - Perú: Instituto de Geología y Minas.
29. Suárez, L., Dávila, N., Inglessis, P., & Rivero, P. (2009). Evaluación cualitativa de la vulnerabilidad sísmica de edificaciones escolares en la ciudad de Mérida. *Revista Ciencia e Ingeniería*. Vol. 30.
30. Texaj, Á. G. (Octubre de 2005). Determinación de la vulnerabilidad sísmica estructural en un sector de las zonas 1, 2, 3 y 4 de la ciudad de Chimaltenango. *Tesis - UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA*. Guatemala.
31. UPC. (04 de Abril de 2010). *Universidad Politècnica de Catalunya*. Obtenido de IngenieríaSismorresistente:<http://www.upc.edu/saladeprensa/informacio/monografics/ingenieria-sismorresistente/?searchterm=ingenieria%20sismorresistente>

ANEXOS

ANEXO Nº 1. PANEL FOTOGRÁFICO DE ESTADO ACTUAL DEL PABELLÓN "C"



Fisuras en tabiquería



Unión pórtico - vanos



Humedad en vigas por mala instalación de tuberías



Fisuras en tabiquería



Fisuras en tabiquería



Unión pórtico - vanos



Vigas en voladizo



Unión pórtico - vanos



Unión pórtico - vanos



Mala instalación de tubería de
desagüe



Pabellón "C"

ANEXO Nº 2. PANEL FOTOGRÁFICO DE ESTADO ACTUAL DEL PABELLÓN "A"



Pórticos principales



Unión pórtico - vanos



Pabellón "A"



Columnas T



Junta de construcción entre pórtico
y vanos



Pórtico principal



Junta de construcción pórtico - tabiquería



Vigas en voladizo



Unión pórtico - vanos



Humedad en losa y tabiquería



Pasadizo del pabellón "A"



Junta sísmica entre bloques del pabellón "A"



Junta sísmica pabellón "A" - "B"



Unión pabellón "A" y "B"



Tuberías que cruzan la losa

ANEXO Nº 3. PANEL FOTOGRÁFICO DE ESTADO ACTUAL DEL PABELLÓN "B"



Pabellón "B"



Grietas en tabiques



Fisuras tabiquería - columna



Vigas principales y secundarias



Fisuras en vigas principales



Mala colocación de tuberías de agua

**ANEXO Nº 4. PANEL FOTOGRÁFICO HABILITACIÓN DE VIGAS Y COLUMNAS PARA
ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA**



Medición para toma de muestras



Muestras en vigas y columnas



Muestra después del corte con cizalla



Muestras después del corte con cizalla



Sacando el tarrajeo a vigas



Sacando el tarrajeo a vigas



Corte con cizalla de las muestras



Muestras descubiertas



Columna habilitada para ensayo



Viga habilitada para ensayo



Antes del corte



Corte con cizalla



Quitando el tarrajeo



Quitando el tarrajeo



Muestras descubiertas



Muestras descubiertas



Muestra sin tarrajeo



Viga habilitada para el ensayo



Viga habilitada para el ensayo

ANEXO Nº 5. PANEL FOTOGRÁFICO DE ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA



Marcando muestra para toma de datos



Muestra lista para realizar el ensayo de esclerometría



Ensayo de esclerometría en parte inferior de columna



Ensayo de esclerometría en parte superior de columna



Ensayo de esclerometría en columnas



Ensayo de esclerometría en vigas



Ensayo de esclerometría en columnas



Ensayo de esclerometría en vigas



Ensayo de esclerometría en vigas



Tres puntos para realizar el ensayo de esclerometría en vigas



Ensayo de esclerometría en columnas



Ensayo de esclerometría en parte superior de columna



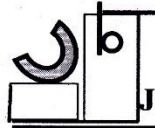
Ensayo de esclerometría en parte inferior de columna



Ensayo de esclerometría en parte inferior de columna

ANEXO Nº 6. FICHAS DE REPORTE

ANEXO Nº 7. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS



JCB INGENIEROS SAC

ESTUDIO DE GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO:

SUSTITUCION INFRAESTRUCTURA
I.E. "SAN MARCOS"

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

Ing. Javier Colina Bernal : ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Cajamarca, Octubre del 2007


Javier Colina Bernal
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 56467

JUAN VILLANUEVA N° 481
CAJAMARCA

TELEFONO 076-821699
CELULAR 076-9699878

INDICE

1.0 MEMORIA DESCRIPTIVA

Introducción
Objetivos del Estudio

a.- RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA CIMENTACION

Tipo de Cimentación
Profundidad de la Cimentación
Cálculo y Análisis de la Capacidad Admisible de Carga
Cálculo de Asentamientos
Agresividad de los suelos.

b.- INFORMACION PREVIA

c.- EXPLORACIONES DE CAMPO
d.- EXPLORACION DE LABORATORIO
e.- PERFILES EXTRATIGRAFICOS.
f.- NIVEL DE LA CAPA FREATICA
g.- ANALISIS DE LA CIMENTACION

Tipo de Cimentación
Profundidad de la Cimentación
Cálculo y Análisis de la Capacidad Admisible de Carga
Cálculo de Asentamientos
Agresividad de los suelos.
Normatividad

h. EFECTO SISMO

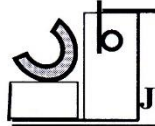
2.0 PLANO, PERFILES Y MAPAS

3.0 RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO

4.0 FOTOGRAFIAS

5.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES


INGENIERO CIVIL
CIP. N° 56467



JCB INGENIEROS SAC

ESTUDIO DE GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO

SUSTITUCION INFRAESTRUCTURA I.E. "SAN MARCOS"

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS



INTRODUCCION

Este informe técnico tiene por objetivo fundamental ser parte inicial para la elaboración del Expediente Técnico requerido por el Consultor Ingeniero Simón Horna Pereira, constituyendo de este modo, el presente documento, base para la elaboración del Expediente Técnico Definitivo de la mencionada estructura.

Objetivos Principales:

En la concepción, diseño y construcción de cualquier estructura civil, el estudio de Mecánica de Suelos es uno de los estudios mas importantes y determinantes, tanto para el diagnóstico, como para la cuantificación de las propiedades físico-mecánicas de los suelos de fundación donde se va a emplazar la estructura, así como también permite plantear o sugerir el tipo de cimentación a usar así como la profundidad a la cual se ubicará la misma, teniendo en cuenta los parámetros arriba mencionados.

Por lo tanto los objetivos más importantes del estudio realizado son:

- Reconocimiento del área donde se ejecutará el Proyecto: SUSTITUCION INFRAESTRUCTURA I.E. "SAN MARCOS".
- Ubicación, apertura y muestreo de las calicatas
- Ensayos físico-mecánicos de las muestras alteradas extraídas
- Interpretación de los resultados de los ensayos
- Sugerencia del tipo de cimentación a usar.
- Sugerencia de la profundidad de la cimentación de la estructura.


Janina Colina Bernal
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 56967



a.- **RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA CIMENTACION**

Tipo Propuesto de Cimentación

Teniendo en consideración las características del suelo, propiedades físico mecánicas, perfiles estratigráficos, esfuerzos de trabajo y condiciones de la napa freática, se PROPONE que el tipo de cimentación mas apropiado sería mediante la construcción ZAPATAS CONECTADAS CON VIGAS DE CIMENTACION (salvo mejor parecer del Ingeniero Estructural).

Profundidad de la Cimentación

La profundidad de cimentación más adecuada es aquella que garantice que la estructura se cimiente sobre un terreno estable, por lo que ésta ha sido determinada teniendo en cuenta el perfil estratigráfico y el tipo de suelo que se hallan constituyendo

Al no tener el diseño arquitectónico y estructural, hemos calculado la capacidad portante, teniendo en cuenta el tipo de suelo previa Clasificación del mismo, de cuya información el ingeniero estructural tomará los valores que crea más conveniente (Ver Hoja de Cálculo y Cuadro de Resumen)


Cálculo y Análisis de la Capacidad Admisible de Carga

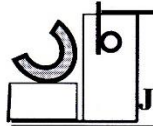
Luego de haber expuesto las principales características del subsuelo de cimentación en base al estudio de campo y a la interpretación de los resultados de laboratorio, procedimos a desarrollar el cálculo de la presión de apoyo admisible del terreno de fundación.

Parámetros de Resistencia

PARA SUELOS ARCILLO-LIMOSOS

Profundidad de Cimentación	:	- 1.50 mts.
Ancho zapata	:	2.50 mts.
Peso Unitario	:	1.86 gr./cm ³
Clasificación SUCS.	:	CL (Arcillas limosas)
Angulo de Fricción Interna prom.	:	20°
Cohesión (C)	:	0.20 Kg./cm ²


INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 56967



JCB INGENIEROS SAC ESTUDIO DE GEOTECNIA – MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Factores de Capacidad de Carga

$N'c$: coeficiente de cohesión = 10.00

$N'q$: coeficiente de sobrecarga = 3.25

$N'\alpha$: coeficiente por peso de masa = 2.00

$q'c = 2.71/3 = \underline{0.90 \text{ Kg./cm}^2}$

Coefficiente de Seguridad

Se adoptará un coeficiente de seguridad de 3, con el objeto de:

- Prevenir las variaciones naturales en la resistencia al corte del suelo.
- Prever asentamientos diferenciales perjudiciales de la cimentación.
- Las incertidumbres implicadas en los métodos ó fórmulas a utilizarse para la determinación de la carga última de falla.

Cálculo de Asentamientos

Aplicando el Método Elástico:

$$S_i = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} \times L_f$$

Donde:

S_i : Asentamiento probable (cm.)

μ : Relación de Poisson.

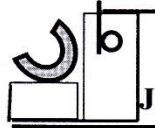
E_s : Módulo de Elasticidad (TN/m²).

L_f : Factor de forma (cm. /m)

q : Presión de Trabajo (TN/m²)

B : Ancho de La cimentación (m).


Janina Colina Bernal
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 56967



JCB INGENIEROS SAC

ESTUDIO DE GEOTECNIA – MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

$$H = \frac{\Delta H}{1 + e} k \log \frac{p + \Delta p}{p}$$

- Δh : Asentamiento probable (cm.).
H : Espesor del estrato (cm.).
 e_1 : Relación de vacíos inicial
k : Índice de compresibilidad
p : Presión de Apoyo (kg/cm²)
 Δp : Incremento de presión (kg/m²)

Reemplazando valores se tiene:

$$\Delta h = 2.50 \text{ cm.} < 1''$$

Agresividad de los Suelos:

Según los resultados de los Análisis Químicos obtenidos, vemos que los suelos están dentro de los parámetros permisibles.

Recomendaciones Adicionales.

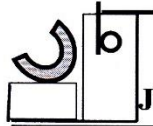
El Tipo de Cimentación sugerida será la de ZAPATAS CONECTADAS CON VIGAS DE CIMENTACION y a una profundidad mínima de -1.50 mts.,

b.- INFORMACION PREVIA :


Juan Colina Bernal
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 56967

El área estudiada para el Proyecto: SUSTITUCION INFRAESTRUCTURA I.E. "SAN MARCOS" se encuentra ubicada en la Sierra Norte del Perú, entre la Av.28 de Julio N° 109 y el Jr. Hipólito Unanue, Distrito, Provincia y Departamento, descritos líneas arriba, con una altitud de 2.282 m.s.n.m.; abarcando una extensión de área construida de 1,400 m² por piso (máximo de dos pisos) y de área total del terreno de 10,000 m².

Estas áreas en estudio, se caracterizan por estar en un terreno casi plano, ubicando de una manera adecuada y estratégica cuatro pozos exploratorios



JCB INGENIEROS SAC ESTUDIO DE GEOTECNIA – MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

del subsuelo, necesarios para el muestreo respectivo, denominado como calicatas C-1, C-2, C-3 y C-4.

CLIMA: Las condiciones climáticas de la zona donde se desarrolla el proyecto son bien definidas; la primera constituye una etapa de lluvias persistentes con presencia

de sol, con gran precipitación, fuerte evaporación y evapotranspiración durante los meses de noviembre a abril, llegando a valores promedio de temperatura de 08° C a 18° C, en la segunda etapa constituida por fuerte sol durante el día y bajas temperaturas por la noche, esto corresponde a los meses de mayo a octubre, con una temperatura promedio entre 04° C y 24° C.

El equilibrio de éstos periodos estacionales hacen que la zona sea muy productiva en sus variados productos correspondientes a los pisos ecológicos.

c.- EXPLORACIONES DE CAMPO.

La programación de estas investigaciones se hicieron teniendo en cuenta la ubicación de la obra a realizarse, de tal manera se llevaron a cabo cuatro calicatas, que permitió obtener información del subsuelo mediante las exploraciones de campo y ensayos de laboratorio, con la finalidad de determinar principalmente las propiedades físico-mecánicas e hidráulicas de los materiales que conforman el subsuelo de la cimentación, cuyos resultados se encuentran en el anexo correspondiente.

La ubicación, profundidad y muestreo, fueron realizadas por personal especializado, bajo la supervisión del Ingeniero Responsable del presente Estudio y cuyo trabajo consistió en la ejecución de cuatro excavaciones a cielo abierto denominadas calicatas: C-1, C-2, C-3 y C-4.

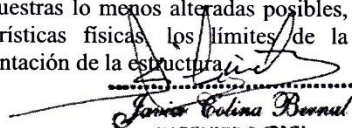
El proyecto tuvo dos partes y estuvieron definidas por una secuencia de actividades para lograr el estudio final.

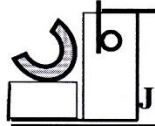
En primer lugar se realizó el reconocimiento del terreno, la ubicación de las calicatas y luego la extracción del material para inmediatamente proceder a la segunda etapa que correspondió a la toma de las muestras tipo Mit y Mab y su correspondiente procesamiento.

Estas fueron ejecutadas según las características exigidas por las Normas Técnicas que rigen para éste tipo de estudios, que fueron relimpiadas en el momento del muestreo para tomar las muestras lo menos alteradas posibles, teniendo en consideración sus características físicas, los límites de la estratificación, inclinación y base de cimentación de la estructura.

Normatividad

La normatividad usada en la realización de los diferentes ensayos físicos y mecánicos en la exploración de los suelos de fundación es la vigente, entre las que se pueden indicar:


INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 56967



JCB INGENIEROS SAC ESTUDIO DE GEOTECNIA – MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

- Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones

d.- **EXPLORACION DE LABORATORIO:**

Teniendo en cuenta la secuencia natural del proyecto, en ésta parte se realizaron los análisis de mecánica de suelos, con los cuales se tuvo los parámetros requeridos para los cálculos que determinen el diseño de la cimentación de la estructura.

Los resultados de los ensayos de Mecánica de Suelos se encuentran en los Anexos y el Cuadro de Resumen de Resultados de los Parámetros Físicos y Mecánicos deducidos para el Diseño de la Cimentación.

Los ensayos realizados fueron:

ENSAYOS ESTANDAR

- | | |
|--------------------------------------|-------------|
| - Contenido Natural de Humedad | ASTM D 2216 |
| - Análisis granulométrico por lavado | ASTM D 422 |
| - Límites de Consistencia | ASTM D 4318 |
| - Peso Específico | ASTM D 854 |
| - Densidad Natural | ASTM D 4253 |
| - Clasificación de suelos SUCS | ASTM D 2487 |

ENSAYOS ESPECIALES


- | | |
|--|-------------|
| - Compresión Triaxial no Consolidado no Drenado. | ASTM D 2850 |
|--|-------------|

ENSAYOS QUIMICOS

- | | |
|--|----------------|
| - Sales solubles, cloruros y sulfatos. | BS1377-Parte 3 |
|--|----------------|

Los valores de la Cohesión (C) y del Angulo de Fricción Interna (\emptyset) han sido tomados del Ensayo de Compresión Triaxial; y que sirven para determinar la Capacidad Portante del Suelo, aplicando la formula de Corte Local de Terzaghi.

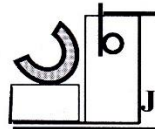
e.- **PERFIL DEL SUELO.**


INGENIERO CIVIL
CIP. N° 56967

DESCRIPCION DEL SUBSUELO DE CIMENTACION

De acuerdo a los resultados obtenidos en la exploración de campo realizados en la zona, en base a la calicata C1 y luego de un exhaustivo estudio de los records de la excavación, así como, de los resultados de los ensayos de Laboratorio, se puede establecer el siguiente Perfil Estratigráfico:

CALICATA C1 :



De -0.00 m.(cota asumida a partir del terreno natural) a -2.30 mts.: ARCILLAS INORGANICAS DEL TIPO: CL

Mezcla de arcillas y limos, de plasticidad media, de color beige, Resistencia en estado seco: De media a alta, Dilatancia: De lenta a ninguna. Tenacidad: Media. Compresibilidad: Baja, Densidad Natural es de 1.84 gr/cm³.

De -2.30 m. a -3.00 m.: GRAVAS MAL GRADADAS DEL TIPO: GP

Gravas areno limosas de color beige, con gravas de diámetro máximo de 3", de forma redondeadas y sub redondeadas, También presenta boloneria de gran tamaño de promedio máximo de 7", de plasticidad Nula. Resistencia en estado seco: Media. Material aluvial. Compresibilidad: Baja Densidad Natural: 1.85 gr/cm³

CALICATA C2 :

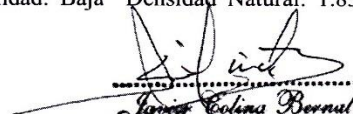
De -0.00 m.(cota asumida a partir del terreno natural) a -2.20 mts.: ARCILLAS INORGANICAS DEL TIPO: CL

Mezcla de arcillas y limos, de plasticidad media, de color marrón,. Resistencia en estado seco: De media a alta, Dilatancia: De lenta a ninguna. Tenacidad: Media. Compresibilidad: Baja, Densidad Natural es de 1.84 gr/cm³.

De -2.20 m. a -3.00 m. ARENAS GRAVO LIMOSAS DEL TIPO: SM

Mezcla de arenas gravas y limos de color marrón claro a pardo claro, con gravas de diámetro máximo de 1½", de plasticidad Nula. Resistencia en estado seco: Baja a Media. Gravas de origen aluvial. Compresibilidad: Baja Densidad Natural: 1.83 gr/cm³

CALICATA C3 :


Jovana Colina Bernul
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 56967

De -0.00 m.(cota asumida a partir del terreno natural) a -1.60 mts.: ARCILLAS INORGANICAS DEL TIPO: CL

Mezcla de arcillas y limos, de plasticidad media, de color marrón,. Resistencia en estado seco: De media a alta, Dilatancia: De lenta a ninguna. Tenacidad: Media. Compresibilidad: Baja, Densidad Natural es de 1.83 gr/cm³.

De -1.60 m. a -3.00 mts.: ARCILLAS INORGANICAS DEL TIPO: CL

Arcillas limosas, de plasticidad media, de color pardo oscuro,. Resistencia en estado seco: De media a alta, Dilatancia: De lenta a ninguna. Tenacidad: Media. Compresibilidad: Baja, Densidad Natural es de 1.83 gr/cm³.



JCB INGENIEROS SAC ESTUDIO DE GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CALICATA C4 :

De -0.00 m.(cota asumida a partir del terreno natural) a -0.60 mts.: ARCILLAS ORGANICAS DEL TIPO: OH

Arcillas plásticas, de color marrón oscuro, con presencia de raicillas (materia orgánica). No se saco muestras.

De -0.60 m. a -3.00 mts.: ARCILLAS INORGANICAS DEL TIPO: CL

Arcillas limosas, de plasticidad media, de color marrón claro a beige,. Resistencia en estado seco: De media a alta, Dilatancia: De lenta a ninguna. Tenacidad: Media. Compresibilidad: Baja, Densidad Natural es de 1.83 gr/cm³.

f.- NIVEL DE LA NAPA FREATICA.

Se debe indicar y enfatizar que en las calicatas y hasta la profundidad estudiada no se encontró el nivel freático; pero se pueden presentar filtraciones de aguas de regadío o de lluvia; por lo que hay que tener en cuenta las recomendaciones dadas en el presente informe.

g.- ANALISIS DE LA CIMENTACION

De acuerdo a los resultados obtenidos en la exploración de campo realizados en la zona, en base a las calicatas C1, C2, C3 y C4; luego de la interpretación de los resultados de los ensayos de Laboratorio, se ha confeccionado para este efecto el *Cuadro N° 1: CUADRO DE RESUMEN DE RESULTADOS DE PARAMETROS FÍSICOS Y MECÁNICOS DEDUCIDOS PARA EL DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN*, en base al cual se desarrolló los siguientes análisis.

Límites Líquidos: (LL)

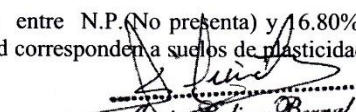
De la observación del Límite Líquido se puede establecer que dentro de los niveles de cimentación estos se encuentran entre 18.30% y 38.60%

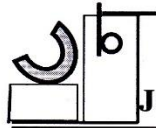
Índice Plástico: (IP)

Los índices plásticos del suelo del lugar están entre N.P.(No presenta) y 16.80%; de lo cual se deduce que su grado de plasticidad corresponden a suelos de plasticidad nula a media...

Índices de Compresión: (Cc)

Con el objeto de tener una idea de las características de compresibilidad del subsuelo de la zona, se ha determinado en base al Límite Líquido, el índice de Compresión de los suelos (Cc), están entre 0.05 y 0.19 (Baja); por lo que podemos afirmar que es factible que se presenten asentamientos diferenciales, por lo que se tendrá en cuenta las recomendaciones dadas en el presente informe.


Janina Colina Bernal
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 56967



JCB INGENIEROS SAC

ESTUDIO DE GEOTECNIA – MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Proporción de Vacíos: (e)

Se aprecia que en los niveles de cimentación de la calicata no existen grandes diferencias entre las proporciones de vacíos de los suelos de la zona que es inferior a la unidad y cuyos valores se encuentran en 0.49 y 0.51; concluyéndose que el subsuelo del lugar puede catalogarse como suelos flojos, por lo se tendrá que tomar en cuenta las sugerencias dadas

Grado de Saturación:(ST%)

En lo referente al grado de saturación del subsuelo de la zona, en la época en que se realizó el estudio, éstos se encontraban entre 30.20% y 37.21% lo cual indican que presentan un estado de humedad de húmedo.

Cálculo y Análisis de la Capacidad Admisible de Carga

Luego de haber expuesto las principales características del subsuelo de cimentación en base al estudio de campo y a la interpretación de los resultados de laboratorio, procedimos a desarrollar el cálculo de la presión de apoyo admisible del terreno de fundación.

Parámetros de Resistencia

PARA SUELOS ARCILLO-LIMOSOS

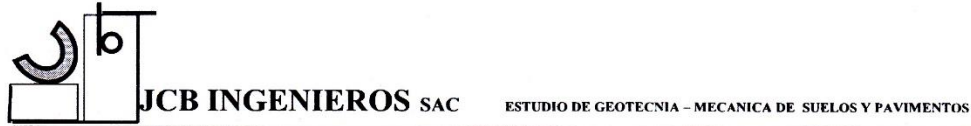
Profundidad de Cimentación	:	- 1.50 mts.
Ancho zapata	:	2.50 mts.
Peso Unitario	:	1.86 gr./cm ³
Clasificación SUCS.	:	CL (Arcillas limosas)
Angulo de Fricción Interna prom.	:	20°
Cohesión (C)	:	0.20 Kg./cm ²

Factores de Capacidad de Carga

N ^c	:	coeficiente de cohesión	=	10.00
N ^q	:	coeficiente de sobrecarga	=	3.25
N ^α	:	coeficiente por peso de masa	=	2.00



Janina Colina Bernal
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 56467



$$q'c = 2.71/3 = \mathbf{0.90 \text{ Kg./cm}^2}$$

Coefficiente de Seguridad

Se adoptará un coeficiente de seguridad de 3, con el objeto de:

- Prevenir las variaciones naturales en la resistencia al corte del suelo.
- Preveer asentamientos diferenciales perjudiciales de la cimentación.
- Las incertidumbres implicadas en los métodos ó fórmulas a utilizarse para la determinación de la carga última de falla.

Cálculo de Asentamientos

Aplicando el Método Elástico:

$$S_i = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E_s} \times L_f$$

Donde:

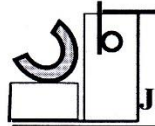
- S_i : Asentamiento probable (cm.)
 μ : Relación de Poisson.
 E_s : Módulo de Elasticidad (TN/m²).
 L_f : Factor de forma (cm. /m)
 q : Presión de Trabajo (TN/m²)
 B : Ancho de La cimentación (m).

$$H = \frac{\Delta H}{1 + e} k \log \frac{p + \Delta p}{p}$$

Δh : Asentamiento probable (cm.).

H : Espesor del estrato (cm.).


Jovana Colina Rosend
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 56967



JCB INGENIEROS SAC

ESTUDIO DE GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

- e_1 : Relación de vacíos inicial
 k : Índice de compresibilidad
 p : Presión de Apoyo (kg/cm²)
 Δp : Incremento de presión (kg/m²)

Reemplazando valores se tiene:

$$\Delta h = 2.50 \text{ cm.} < 1''$$

Agresividad de los Suelos:

Según los resultados de los Análisis Químicos obtenidos, vemos que los suelos están dentro de los parámetros permisibles.

Recomendaciones Adicionales.

El Tipo de Cimentación sugerida será la de ZAPATAS CONECTADAS CON VIGAS DE CIMENTACION y a una profundidad mínima de -1.50 mts.,


h.- EFECTO DE SISMO

Rasgos Sísmicos

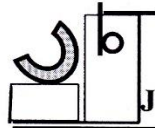
El área de estudio se encuentra en la franja peruana comprendida en la zona 3 (**Sismicidad alta**) de la zonificación sísmica del territorio peruano según el Reglamento Nacional de Construcciones y acorde a la Norma Técnica de Edificación E-030-Diseño Sismo Resistente.
(ANEXO FIGURAS: Mapa de Zonificación Sísmica del Perú).

En los último 50 años podemos indicar que el terremoto más fuerte en la zona fue el que se desarrollo en el año de 1970, el cual alcanzó una intensidad entre 6 y 7 grados según la escala de Mercalli Modificada que se cataloga como medianamente fuerte a Fuerte, alcanzando una aceleración máxima del suelo de 250 a 500 mm/seg² y magnitudes de máxima intensidad entre 4,9, a 6,1.

En el mapa de zonificación adjunto se puede notar que la faja circumpacífica donde se encuentra la costa peruana y la cordillera occidental, son zonas de alta y continua actividad sísmica las cuales están relacionadas con presencia de las fosas oceánicas (zonas de subducción, encuentro de las placas marinas y las placas continentales, aquí es importante destacar la acción potente de la placa de Nazca) y los arcos de islas adyacentes, creando posibilidad de ocurrencia de sismos en la región continental y medio marino.



James Colina Bernal
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 56467



La carta sísmica en nuestro medio debería proporcionar información de los efectos del sismo, como magnitud, intensidad, frecuencia y duración, fallas en áreas epicentrales y las relaciones contextuales con los fenómenos geológicos, como movimientos de masas de suelos y rocas, **licuación**, etc.; los cuales se deben a la interrelación que existe entre el fenómeno, el movimiento y el comportamiento mecánico de los materiales.

Observamos que los planos de zonificación sísmica se conciben bajo aspectos de sismos observados históricamente y con ellos es posible olvidar que los fenómenos sísmicos pueden ocurrir en zonas potenciales y que han estado en completa aparente calma; lo cual nos exige diseñar planos que extrapolen regiones potenciales con zonas con efectos pasados, con lo cual intentamos predecir nuevas o futuras fuentes de sismos. Las necesidades actuales nos comprometen mejorar los planos con zonificación sísmica en cada área del país (micro zonificación sísmica), en los que se planteen variables como aceleración máxima del sismo, velocidad máxima de las partículas, periodos dominantes de los movimientos, densidades espectrales, frecuencias probables, interpolaciones en áreas homo-heterogéneas, condiciones particulares del terreno de referencia, etc.

Lo indicado anteriormente implica tomar en cuenta variables definidas en los límites territoriales regionales, locales o focales y debemos categorizarlos en un primer nivel como: "Parámetros sísmicos, registros de movimientos fuertes y medianos, parámetros dinámicos de las ondas sísmicas; descripción de los efectos macrosísmicos, intensidades macrosísmicas y su distribución; aspectos geotécnicos y geofísicos (fallas, movimientos, espesor de la corteza, neotectónica); experimentos de laboratorio" (fracturación de roca, mecanismos, simulación de series sísmicas).

El mapa de curvas isoperíodos no se ha podido construir en vista que en la ciudad de Cajamarca, no es posible encontrar estaciones sismológicas, por lo que sólo se ha tenido en cuenta las Normas Peruanas de Diseño Sismorresistente.

Alcances de la Norma Técnica E-030

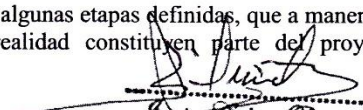
Las Especificaciones de la Norma Técnica E-030 establecen los requisitos mínimos para que las edificaciones tengan un adecuado comportamiento sísmico con el fin de reducir el riesgo de pérdidas de vidas y daños materiales, de igual modo posibilitar que las edificaciones puedan funcionar durante y después de un sismo.

En lo concerniente al ingeniero que realice el Diseño Estructural, es importante que tenga en cuenta las especificaciones antes indicadas en forma correcta y adecuada para llegar a un diseño racional y seguro.

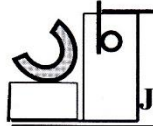
Para plasmar un diseño antisísmico existen algunas etapas definidas, que a manera de contribución se definen, pero que en realidad constituyen parte del proyecto estructural

Objetivos del Diseño Sismo-resistente

El proyecto y la construcción de estas edificaciones deberán desarrollarse con la



Javier Colina Bernal
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 56467



JCB INGENIEROS SAC ESTUDIO DE GEOTECNIA – MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

finalidad de garantizar un comportamiento que hagan posible resistir sismos sin que sufran daños estructurales importantes, evitando el colapso súbito de la estructura.

Riesgo Sísmico:

En cuanto al estudio por riesgo sísmico, es evidente que; según análisis sismo tectónicos, existen en el mundo dos zonas muy importantes de actividad sísmica conocida como: El círculo Alpino Himalayo y el Círculo Circum Pacífico. En esta última zona han ocurrido el 80% de los eventos sísmicos, quedando el 15% para el círculo Alpino Himalayo y el 5% restante se reparten en todo el mundo.

La fuente básica de datos de intensidades sísmicas se encuentran en el trabajo de Silgado (1978), que describe los principales eventos sísmicos ocurridos en el Perú; y sí bien Cajamarca, está considerada como zona sísmica, no se ha registrado desde 1874 un sismo de alta intensidad.

Un mapa de distribuciones de máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú, fue presentado por el Dr. Jorge Alva Hurtado en 1984, el cual se basó en isoistas de sismos Peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes.

De lo anterior se concluye que de acuerdo al área sísmica de la zona en estudio no existe la posibilidad de que ocurran sismos de densidades tan altas como VIII a IX en la escala de Mercalli Modificada.

Análisis de Licuación de Suelos.

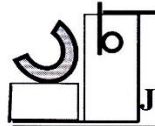
El fenómeno de licuación de suelos es, en síntesis, el cambio físico que experimenta una masa de suelo arenoso al pasar de un estado sólido a un estado "fluido" semejante al de un líquido viscoso.

Para que se produzca licuación deben conjugarse ciertos factores que involucran las características propias del depósito de suelo y las características regionales de sismicidad. Es decir, debe estar constituido en general por una arena uniforme, suelta y saturada, y debe producirse un terremoto severo y duradero.

Los factores más importantes que influyen en el fenómeno de licuación son la granulometría del suelo, densidad relativa, nivel freático, presión de poros, presión inicial de confinamiento, magnitud y duración del sismo. La licuación no ocurre en suelos arcillo limosos, sino en suelos arenosos puros. Por tanto se puede concluir que es improbable que exista el fenómeno de licuación de suelos en la zona, por que no son suelos netamente arenosos.

**CONSIDERACIONES A TOMAR EN CUENTA PARA EL CÁLCULO DE LA
CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA**


.....
Janina Colina Bernal
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 56467



JCB INGENIEROS SAC ESTUDIO DE GEOTECNIA – MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

La SUSTITUCION DE LA INFRAESTRUCTURA I.E. "SAN MARCOS", consistirá en una edificación de máximo de dos pisos, construida con concreto armado, teniendo en cuenta un sistema porticado, de columnas y vigas, con techos de cobertura de losa aligerada de acorde con los diseños según la categoría esencial para éste tipo de edificaciones.

Las luces para Centros Educativos están consideradas entre distancias de apoyo serán hasta 4.50 metros, los que transmitirán cargas al suelo de fundación en el orden de 350 Kg/m² promedio entre aulas, auditorio, corredores y escaleras, en cargas vivas mínimas repartidas.

El asentamiento permisible máximo, ha sido calculado por el Método Elástico, cuyo valor es del orden del 2.50 cm., un Módulo de Corte de 250 Kg./cm² y un Módulo de Elasticidad de 900 Tn/m². todos estos datos para suelos arillo limosos.

Para el diseño de las vigas de cimentación se ha considerado un Coeficiente de Balasto de 2.02 Kg. /cm³ y una Relación de Poisson (μ) de 0.20 promedio.

Para la aplicación de las Normas de Diseño Sismo Resiste del Reglamento Nacional de Edificaciones y según los Parámetros del Suelo; se debe considerar para: Ts = (Periodo fundamental de vibración para suelos cohesivos medianos o blandos): 0.9 seg. y para S = (Factor de Suelo III): 1.4

Para cada Provincia y Departamento existe un cuadro donde se le asigna un factor Z según su ubicación y se interpreta como aceleración máxima del terreno con una posibilidad de 10% de ser excedida en 50 años y se da así según la Tabla N° 1

FACTOR DE ZONA

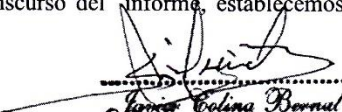
ZONA	Z
3 (Alta Sismicidad)	0.4

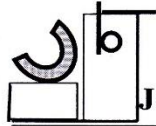
5.0 CONCLUSIONES - RECOMENDACIONES Y ANEXOS

Correlacionando la investigación de campo realizada con los resultados de los ensayos de Laboratorio y según el análisis efectuado en el transcurso del informe, establecemos las siguientes conclusiones:

CONCLUSIONES

- El área del Proyecto se encuentra bien ubicada, teniendo excelentes posibilidades para alcanzar una vida útil mayor de 30 años, dependiendo de otras variables como: del sistema constructivo, calidad de materiales, proyecto estructural, y otros.
- Los suelos están constituidos principalmente por suelos arcillo-limosos del Tipo CL
- El subsuelo del área estudiada por sus características de densidad, proporción de vacíos, contenidos natural de humedad, límites de consistencia, grados de saturación, índices de


Janice Colina Bernal
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 56967



JCB INGENIEROS SAC ESTUDIO DE GEOTECNIA – MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

liquidez, consistencias relativas, granulometría e índices de compresibilidad, es de baja capacidad de soporte (0.90Kg./cm²), por lo que se tendrá que tener en cuenta las recomendaciones dadas.

- El nivel freático, hasta la profundidad estudiada no se encontró, pero con la finalidad de que no se infiltren aguas pluviales o de regadío, será necesario que se tome en cuenta las sugerencias dadas en el presente informe.
- Las estructuras para la construcción del Proyecto: SUSTITUCION INFRAESTRUCTURA I.E. "SAN MARCOS", estarán fundadas en el estrato conformado por suelos Arcillos limosos; mejorado en un espesor no menor de 30 cm. con suelos granulares Tipo A1- a fin de aumentar su resistencia, impermeabilizar y evitar la posible ascensión de las aguas por capilaridad. Luego de una verificación si éstos estratos continúan a lo largo de toda de cimentación.
- El asentamiento permisible máximo, ha sido calculado por el Método Elástico, cuyo valor es del orden del 2.50 cm., un Módulo de Corte de 250 Kg./cm² y un Módulo de Elasticidad de 900 Tn/m². todos estos datos para suelos arillo limosos.
- Para el diseño de las vigas de cimentación se ha considerado un Coeficiente de Balasto de 2.02 Kg. /cm³ y una Relación de Poisson (μ) de 0.20 promedio.
- Para la aplicación de las Normas de Diseño Sismo Resiste del Reglamento Nacional de Edificaciones y según los Parámetros del Suelo; se debe considerar para: Ts = (Periodo fundamental de vibración para suelos cohesivos medianos o blandos): 0.9 seg. y para S = (Factor de Suelo III): 1.4
- Para cada Provincia y Departamento existe un cuadro donde se le asigna un factor Z según su ubicación y se interpreta como aceleración máxima del terreno con una posibilidad de 10% de ser excedida en 50 años y se da así según la Tabla N° 1

FACTOR DE ZONA

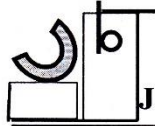
ZONA	Z
3 (Alta Sismicidad)	0.4

RECOMENDACIONES


Janina Colina Bernal
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 56967

Como corolario de las conclusiones anteriores y según lo expresado a través del informe, se emiten las siguientes recomendaciones:

- Será necesario la construcción de un sistema adecuado de DRENAJE incluido veredas y cortinas impermeabilizantes, al rededor de todas las infraestructuras, los que servirán como aislante con la finalidad de que no se infiltren las aguas de lluvia o de regadío, que originaria el incremento de sus contenidos naturales de humedad, causando lógicamente variaciones volumétricas en los suelos, (expansión y contracción); lo que al producir estos fenómenos daría lugar a la aparición de agrietamientos y asentamientos.




JCB INGENIEROS SAC

ESTUDIO DE GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

- Considerando que el proyecto se encuentra dentro de una zona sísmica 3, es conveniente tomar factores de seguridad en los posibles efectos y daños que ocasione la geodinámica interna.
- De la investigación geotécnica realizada, se determina que es factible la construcción del Proyecto SUSTITUCION INFRAESTRUCTURA I.E. "SAN MARCOS", ya que diseñándose adecuadamente las zapatas de cimentación para un tipo de suelo indicado y además las cargas actuantes en ella es factible su ejecución..
- La profundidad de cimentación más adecuada es aquella que garantice que la estructura se cimiente sobre un terreno estable.
- Ya que los suelos estudiados son predominantemente arcillo limosos con capacidades de soporte baja, por lo que, a fin de equilibrar, impermeabilizar y aumentar la capacidad de carga de los suelos y antes de vaciar los cimientos, se colocará material de préstamo Tipo A1-a en un espesor mínimo de 30 cm. se compactará cada 15 cm. hasta lograr un grado de compactación mínima del orden del 95% del Proctor Modificado; luego se colocará a lo largo de toda la cimentación un solado de concreto Cemento: Hormigón en la proporción en volumen 1:12. de 10 cm. de espesor.
- La cimentación de la estructura a construir se diseñará mediante ZAPATAS CONETADAS CON VIGAS DE CIMENTACION (salvo mejor parecer del Ingeniero Estructural), para lo cual, se utilizará un concreto de una resistencia a compresión a los 28 días de un $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$; previo diseño de mezclas, con los agregados existentes en la zona.
- Para los elementos de cimentación se usará como aglomerante Cemento Tipo MS (Suelos húmedos y salitrosos) y para todos los demás elementos estructurales se usará Cemento Pórtland Tipo I.
- Por ningún motivo se debe cimentar en la zona de relleno y/o sobre el primer estrato, teniendo que compactar con afirmado cada 0.10 mts, previa remoción de unos 30 cm. para la construcción de veredas, que servirán como aislantes y protección de las aguas pluviales y de riego.

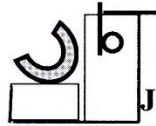
El presente informe técnico ES VÁLIDO para la zona de cimentación de las obras para la construcción del Proyecto "SUTITUCION INFRAESTRUCTURA I.E. "SAN MARCOS"


INGENIERO CIVIL

Es preciso recomendar que la construcción deba realizarse en épocas de estiaje, para evitar la saturación de los suelos de fundación que producirían fenómenos de expansión y contracción en las arcillas y por consecuencia el retraso en la ejecución de la obra.

- Las conclusiones y recomendaciones dadas en el presente estudio no podrán ser usadas para otras obras o terrenos por más cercanos que se encuentren al área de estudio.



Cajamarca, 16 de Octubre del 2007.



PERFIL ESTRATIGRAFICO



OBRA	SUSTITUCION INFRAESTRUCTURA I.E. "SAN MARCOS"
UBICACIÓN	AV. 28 DE JULIO N° A09 - SAN MARCOS - CAJAMARCA
SOLICITANTE	CONSULTOR ING° SIMON HORNA PEREIRA


CALICATA: 1

ESTRATO	PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
E - 1	0.00		CL.- Arcillas inorganicas, de color beige, mezcla de arcillas y limos, de plasticidad media. Resistencia en estado seco: De media a alta. Dilatancia: De lenta a ninguna. Compresividad: Baja. Densidad Natural: 1,84 gr/cm3
E - 2	-2.30 -3.00		GP- Gravas mal gradadas mezcla de grava arena y limos. Suelos de plasticidad Nula presentan gravas de diametro maximo de 3", de color beige, tambien presentan boloneria de 7" Resistencia en estado seco: Media. Densidad Natural. 1,85 gr/cm3

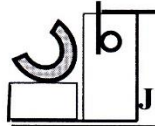
~

CALICATA; 2

ESTRATO	PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
E - 1	0.00		CL.- Arcillas inorganicas, de color beige, mezcla de arcillas y limos, de plasticidad media. Resistencia en estado seco: De media a alta. Dilatancia: De lenta a ninguna. Compresividad: Baja. Densidad Natural: 1,84 gr/cm3
E - 2	-2.20 -3.00		SM - Arenas, gravas y limos de color marron claro a pardo claro, con gravas de diámetro máximo de 11/2" de plasticidad Nula. Resistencia en estado seco: Baja a Media. Gravas de origen aluvial. Compresibilidad: Baja Densidad Natural: 1,83 gr/cm3



Janina Colina Bernal
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 56967





JCB INGENIEROS SAC

ESTUDIO DE GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS



PERFIL ESTRATIGRAFICO

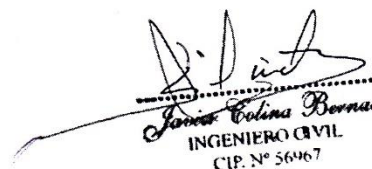
OBRA	SUSTITUCION INFRAESTRUCTURA I.E. "SAN MARCOS"
UBICACIÓN	AV. 28 DE JULIO N° A09 - SAN MARCOS - CAJAMARCA
SOLICITANTE	CONSULTOR ING° SIMON HORNA PEREIRA

CALICATA: 3

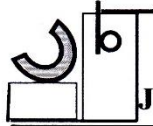
ESTRATO	PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
E - 1	0.00		CL.- Arcillas inorgánicas, de color beige, mezcla de arcillas y limos, de plasticidad media. Resistencia en estado seco: De media a alta. Dilatancia: De lenta a ninguna. Compresividad: Baja.
	-1.60		Densidad Natural: 1,83 gr/cm ³
E - 2	-1.60		CL.- Arcillas limosas, de plasticidad media, de color pardo oscuro. Resistencia en estado seco: de Media a alta, Dilatancia: De lenta a ninguna. Tenacidad: Media.
	-3.00		Compresibilidad: Baja. Densidad Natural: es de 1,83gr/cm ³

CALICATA: 4

ESTRATO	PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
E - 1	0.00		OH.- Arcillas plásticas de color marrón oscuro, con presencia de raicillas (materia orgánica) no se extrajo muestra.
	-0.60		
E - 2	-0.60		CL.- Arcillas limosas de plasticidad media, de color marrón claro a beige. Resistencia en estado seco: De media a alta Dilatancia: De lenta a ninguna. Tenacidad: Media.
	-3.00		Compresibilidad: Baja. Densidad Natural: De 1,83 gr./cm ³ .



Juan Colina Bernal
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 56467



JCB INGENIEROS SAC ESTUDIO DE GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO: SUSTITUCION INFRAESTRUCTURA LE. "SAN MARCOS"
 UBICACIÓN: ENTRE AV. 28 DE JULIO E HIPOLITO UNANUE - AV. 28 DE JULIO N° 109 - DISTRITO Y PROVINCIA DE SAN MARCOS - DEPARTAMENTO: CAJAMARCA.
 SOLICITANTE: SIMON HORNA PERERA
 Calicata N°: C-1 Estrato N°: E-1 Profundidad: 0.00 a -2.30 m. Fecha Entrega: Cajamarca, 15 de Octubre del 2007. REVIZADO: ING. JAVIER COLINA BERNAL

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					LÍMITES DE CONSISTENCIA				PESO ESPECÍFICO				
ASTM D 422/C136 / AASHTO T 88 - 70					ASTM D 4318 - 93 / AASHTO T 89-60 / T 90-70				ASTM D 854-58/C 127 / AASHTO T 100-70				
MUESTRA: 1995.98					LÍMITE LÍQUIDO				PESO ESPECÍFICO MATERIAL - N° 4				
N°	TAMIZ	PPF (gr)	% RP	% RA	W (gr)	25.90	25.80	25.50	25.00	Muestra	C-1-E1		
N°	ABER (mm)	(gr)		PASA	Wmh + 1 (gr)	26.30	25.90	25.80	25.00	Prom (g)	100.00	100.00	
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00	41.80	39.70	40.10	32.20	36.90	163.70	163.70	
2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00	38.10	36.60	37.00	31.50	35.50	661.40	661.40	
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	11.80	10.70	11.20	6.00	10.50	723.00	722.90	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	3.70	3.10	3.10	0.70	1.40	2.60	2.60	
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	31.36	28.97	27.68	11.67	13.33	2.60	2.60	
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	18	27	33			2.60	2.60	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	LL - LP	29.30		12.50		8.45	8.45	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00								
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00								
N°4	4.75	84.50	8.45	8.45	91.55								
N°10	2.00	72.50	7.25	15.70	84.30								
N°20	0.85	68.90	6.89	22.59	77.41								
N°30	0.60	54.80	5.48	28.07	71.93								
N°40	0.43	58.70	5.87	33.94	66.06								
N°60	0.25	50.30	5.03	38.97	61.03								
N°100	0.15	42.90	4.29	43.26	56.74								
N°200	0.08	21.80	2.18	45.44	54.56								
CAZOLETA	--	545.60	54.56	100.00	0.00								
TOTAL		1000.00											

CURVA GRANULOMÉTRICA					
100	80	60	40	20	0
0.01	0.10	1.00	10.00	100.00	

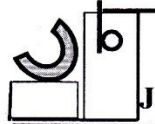
CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD			
NORMA: ASTM D 2216/D 4643			
MUESTRA	C-1-E1		
W (gr)	26.30	26.00	25.90
Wmh + 1 (gr)	155.90	164.20	160.70
Wms + 1 (gr)	147.60	155.30	152.10
Wms	121.30	129.30	126.20
Ww	8.30	8.90	8.60
W (%)	6.84	6.88	6.81
W % Prom.	6.85		

PESO ESPECÍFICO DE PIEDRA			
Muestra			
P. al (g)			
P. sumo (g)			
P. e (g)			
P. e prom			
% Prom N°4	91.55		
P. e Total	1.30 gr/cm³		

ASTM D 2487-94 AASHTO M 145-66			
N°4	91.55	Cu	0.80
N°10	84.30	Cc	0.80
N°40	66.06	LL	29.30
N°200	54.56	LP	12.50
% GRAVA	0.00	IP	16.80
% ARENA	45.44	W (%)	6.85
% FINOS	0.00	P. e.	1.30

SUCS	CL
AASHTO	A-6 (E)

Javier Colina Bernal
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 56467



JCB INGENIEROS SAC

ESTUDIO DE GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	SUSTITUCION INFRAESTRUCTURAL "SAN MARCOS"				
UBICACION	ENTRE AV. 28 DE JULIO E HIPOLITO UNANUE - AV. 28 DE JULIO N° 109 - DISTRITO Y PROVINCIA DE SAN MARCOS - DEPARTAMENTO: CAJAMARCA				
SOLICITANTE	SIMON HORNA PEREIRA				
Calicata N°	C - 1	Corteza N°	E - 2	Profundidad	2.38 a 3.89 m.
Fecha Entrega	Cajamarca, 15 de Octubre del 2007			REVIZADO	ING. JAVIER COLINA BERNAL

ANALISIS GRANULOMETRICO					LIMITES DE CONSISTENCIA				PESO ESPECIFICO		
ASTM D 422/C138 / AASHTO T 88 - 70					ASTM D 4318 - 83 / AASHTO T 89-90 / T 90-70				ASTM D 854-86/C 127 / AASHTO T 100-70		
MUESTRA: 2550.00					MUESTRA: C1-E2				PESO ESPECIFICO MATERIAL - N° 4		
TAMIZ	ABER (mm)	PRP (gr)	%RP	%RA	% QUE PASA	W (gr)	LL (gr)	PL (gr)	W (gr)	W (gr)	W (gr)
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00	25.30	23.20	27.40	35.80	33.20	36.90
2 1/2"	63.00	261.70	9.88	9.88	90.12	33.00	30.80	34.70	7.70	7.60	7.90
2"	50.00	241.80	9.12	10.00	81.00	33.00	30.80	34.70	2.60	2.40	2.20
1 1/2"	38.10	184.50	6.96	25.96	74.04	33.77	31.58	30.14	N.P.	N.P.	N.P.
1"	25.00	295.40	11.15	37.11	62.89	14	28	36	33.77	31.58	30.14
3/4"	19.00	197.30	7.45	44.55	55.45	N GOLPES			LL - LP		
1/2"	12.50	248.90	9.39	53.95	46.05	32.00					
3/8"	9.50	185.50	7.11	61.06	38.94						
1/4"	6.35	185.40	7.00	68.06	31.94						
N°4	4.75	103.70	3.91	71.97	28.03						
N 10	2.00	95.80	3.62	75.58	24.42						
N 20	0.85	89.90	3.39	78.98	21.02						
N 40	0.43	94.80	3.58	82.55	17.45						
N 60	0.25	81.00	3.06	85.61	14.39						
N 100	0.15	78.40	3.00	88.61	11.39						
N 200	0.08	44.60	1.68	90.29	9.71						
CAZOLETA	-	257.30	9.71	100.00	0.00						
TOTAL		2550.00									

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD			
NORMA : ASTM D 2216/D 4843			
MUESTRA	C1 - E2		
W (gr)	23.00	25.40	25.20
W _{mo} + 1 (gr)	167.70	188.40	192.60
W _{ms} + 1 (gr)	158.50	178.90	183.00
W _w	8.20	9.50	9.60
W (%)	6.01	6.15	6.98
W % Prom.		6.88	

ASTM D 2487-04 AASHTO M 145-05			
N°4	28.03	Cu	191.67
N°10	24.42	Cc	12.19
N°40	17.45	LL	32.90
N°200	9.71	LP	N.P.
% GRAVA	68.06	IP	N.P.
% ARENA	22.23	W (%)	6.88
% FINOS	9.71	P.e.	2.58

SUCS		OP	
AASHTO		A-2-6 (0)	

CURVA GRANULOMETRICA

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD

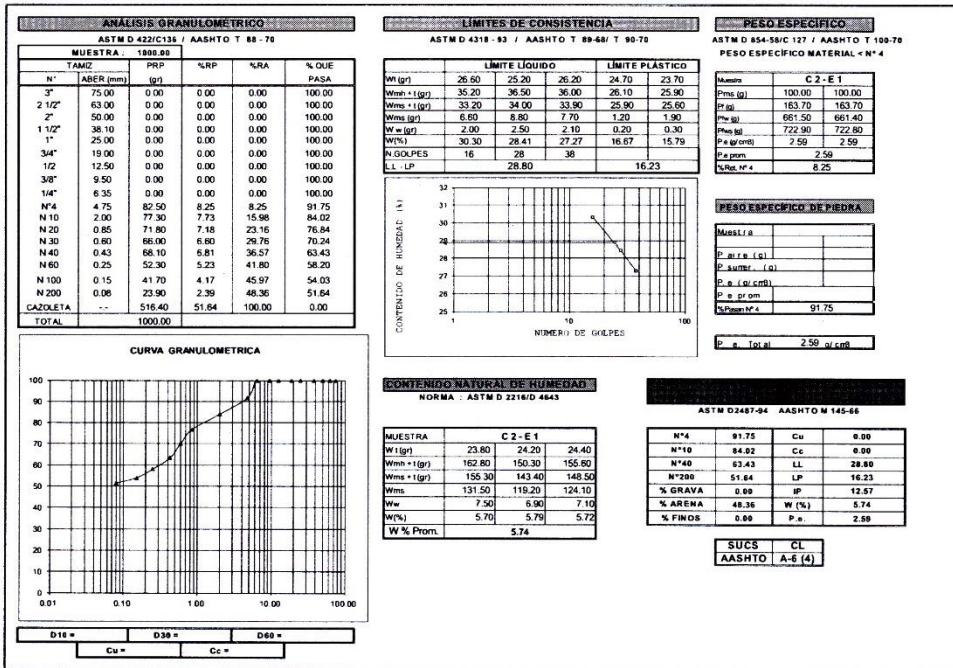
ASTM D 2487-04 AASHTO M 145-05

SUCS
AASHTO A-2-6 (0)

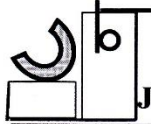
Javier Colina Bernal
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 56467



PROYECTO: SUSTITUCIÓN INFRAESTRUCTURAL "SAN MARCOS"
 UBICACIÓN: ENTRE AV. 28 DE JULIO E HIPOLITO UANUÉ - AV. 28 DE JULIO N° 109 - DISTRITO Y PROVINCIA DE SAN MARCOS - DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
 SOLICITANTE: SIMÓN HORNA PERERA
 Calicata N°: C-2 Estrato N°: E-1 Profundidad: 0.00 a -2.28 m. Fecha Entrega: Cajamarca, 15 de Octubre del 2007 REVISADO: ING. JAVIER COLINA BERNAL



Javier Colina Bernal
Javier Colina Bernal
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 56967



JCB INGENIEROS SAC ESTUDIO DE GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	SUSTITUCION INFRAESTRUCTURA LE. "SAN MARCOS"				
UBICACION	ENTRE AV. 28 DE JULIO E HIPOLITO UNANUE - AV. 28 DE JULIO N° 109 - DISTRITO Y PROVINCIA: SAN MARCOS - DEPARTAMENTO: CAJAMARCA				
SOLICITANTE	SIMON HORNA PEREIRA				
Calicata N°	C-3	Casajo N°	E-1	Profundidad	0,00 a -1,00 m.
Fecha Entrega	Cajamarca, 15 de Octubre del 2007.			REVIZADO	ING. JAVIER COLINA BERNAL

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO						LÍMITES DE CONSISTENCIA					PESO ESPECÍFICO				
ASTM D 422/C136 / AASHTO T 88 - 70						ASTM D 4318 - 93 / AASHTO T 89-68 / T 90-70					ASTM D 854-58/C 127 / AASHTO T 100-70				
MUESTRA: 1055.28						LÍMITE LÍQUIDO					PESO ESPECÍFICO MATERIAL - N° 4				
TAMIZ	PRP	% RP	% RA	% QUE PASA		Wt (gr)	27.30	26.90	27.70	25.00	25.10	Muestra	C 3 - E1		
3"	75.00	0.00	0.00	0.00	100.00	Wms +1 (gr)	37.00	35.90	38.20	30.10	28.70	Paso (g)	100.00	100.00	
2 1/2"	63.00	0.00	0.00	0.00	100.00	Wms +1 (gr)	34.60	33.80	35.90	29.30	28.20	Paso (g)	163.70	163.70	
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	Wms (gr)	7.30	6.90	8.20	4.30	3.10	Paso (g)	661.40	661.40	
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00	Ww (gr)	2.40	2.10	2.30	0.80	0.50	Paso (g)	722.80	722.80	
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	WPL	32.88	30.43	28.05	18.60	16.13	Paso (g)	2.58	2.58	
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	NGOLPES	13	22	35			Paso	2.58		
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	LL - LP		30.00		17.37		%Re N° 4	8.02		
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00										
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00										
N#4	4.75	80.20	8.02	8.02	91.98										
N#10	2.00	70.50	7.05	15.07	84.93										
N#20	0.85	69.90	6.99	22.06	77.94										
N#30	0.60	58.80	5.88	27.94	72.06										
N#40	0.43	51.30	5.13	33.07	66.93										
N#60	0.25	46.70	4.67	37.74	62.26										
N#100	0.15	51.80	5.18	42.92	57.08										
N#200	0.08	28.70	2.87	45.79	54.21										
CAZOLETA	---	542.10	54.21	100.00	0.00										
TOTAL		1000.00													

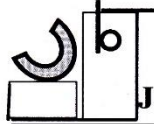
CURVA GRANULOMÉTRICA										
100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
0.01	0.10	1.00	10.00	100.00						

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD			
NORMA - ASTM D 2216/D 4643			
MUESTRA	C 3 - E1		
Wt (gr)	25.30	24.90	26.80
Wms +1 (gr)	167.70	155.20	173.40
Wms +1 (gr)	159.80	148.10	165.40
Wms	134.60	123.20	138.60
Ww	7.80	7.10	8.00
W (%)	5.78	5.76	5.77
W % Prom.	5.78		

ASTM D 2487-94 AASHTO M 145-66			
N°4	81.98	Cu	0.00
N°10	84.93	Cc	0.00
N°40	86.93	LL	30.00
N°200	54.21	LP	17.37
% GRAVA	0.00	IP	12.63
% ARENA	45.79	W (%)	5.78
% FINOS	8.00	P =	2.58

SUCS	CL
AASHTO	A-6 (4)

Javier Colina Bernal
Javier Colina Bernal
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 56967



JCB INGENIEROS SAC

ESTUDIO DE GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	SUSTITUCION INFRAESTRUCTURA I.E. "SAN MARCOS"			
UBICACION	ENTRE AV. 28 DE JULIO E HIPOLITO UNANUE - AV. 28 DE JULIO N° 109 - DISTRITO Y PROVINCIA: SAN MARCOS - DEPARTAMENTO: CAJAMARCA.			
SOLICITANTE	SIMON HORNA PERERA			
Calicata N°	C - 3	Estado N°	E - 2	
Profundidad	-1.60 a 3.00 m.		Fecha Entrega	Cajamarca, 15 de Octubre del 2007.
REVIZADO	ING. JAVIER COLINA BERNAL			

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
ASTM D 421C12E / AASHTO T 88-78				
MUESTRA	1865.88			
TAMZ	PRP	%RP	%RA	%QUE PASA
N°	ABER (mm)	(gr)		
3"	75.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	100.00
1"	25.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.50	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.35	0.00	0.00	100.00
N#4	4.75	65.80	6.58	93.42
N#10	2.00	78.90	7.89	85.53
N#20	0.85	70.90	7.09	78.44
N#30	0.60	62.90	6.29	72.15
N#40	0.43	55.10	5.51	66.64
N#60	0.25	48.60	4.86	61.78
N#100	0.15	32.60	3.26	58.52
N#200	0.08	24.30	2.43	56.09
CAJOLETA	1600.90	56.09	100.00	0.00
TOTAL	1000.00			

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
ASTM D 4316 - 93 / AASHTO T 89-86 / T 99-78					
	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO		
Wt (gr)	25.30	26.40	26.70	24.00	23.30
Wmh + 1 (gr)	37.60	36.70	37.20	25.70	25.90
Wms + 1 (gr)	34.80	34.50	35.10	25.50	25.60
Wms (gr)	9.50	8.10	8.40	1.50	2.20
W (gr)	2.80	2.20	2.10	0.20	0.30
W (%)	29.47	27.16	25.00	13.33	13.04
N GOLPES	18	27	39		
LL LP	27.80		13.19		

PESO ESPECÍFICO	
ASTM D 854-58IC 127 / AASHTO T 109-70	
PESO ESPECÍFICO MATERIAL - N° 4	
Muestra	C 3 - E 2
Peso (g)	100.00
Peso (g)	100.00
Peso (g)	163.70
Peso (g)	163.70
Peso (g)	661.40
Peso (g)	661.40
Peso (g)	722.70
Peso (g)	722.60
Peso (g)	2.58
Peso (g)	2.58
Peso (g)	2.58
Peso (g)	6.58

PESO ESPECÍFICO DE PIEDRA	
Muestra	
P. al. r. (g)	
P. sum. (g)	
P. e. (g/cm³)	
P. e. prom.	93.42
P. e. N° 4	93.42
P. e. Total	2.58 g/cm³

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD			
NORMA : ASTM D 2216/D 4643			
MUESTRA	C 3 - E 2		
Wt (gr)	25.60	24.90	25.00
Wmh + 1 (gr)	183.50	170.20	175.50
Wms + 1 (gr)	174.00	161.30	166.40
Wms	148.40	136.40	141.40
Ww	9.50	8.90	9.10
W (%)	6.40	6.52	6.44
W % Prom.	6.45		

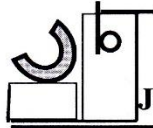
ASTM D 2487-94 AASHTO M 145-96			
N° 4	93.42	Cu	0.00
N° 10	85.53	Cc	0.00
N° 40	66.64	LL	27.80
N° 200	56.09	LP	13.19
% GRAVA	0.00	IP	14.61
% ARENA	43.91	W (%)	6.45
% FINOS	8.00	P. e.	2.58

SUCS	CL
AASHTO	A-8 (7)

CURVA GRANULOMÉTRICA				
100				
90				
80				
70				
60				
50				
40				
30				
20				
10				
0				
0.01	0.10	1.00	10.00	100.00

D10 =	D30 =	D60 =
Cu =	Cc =	

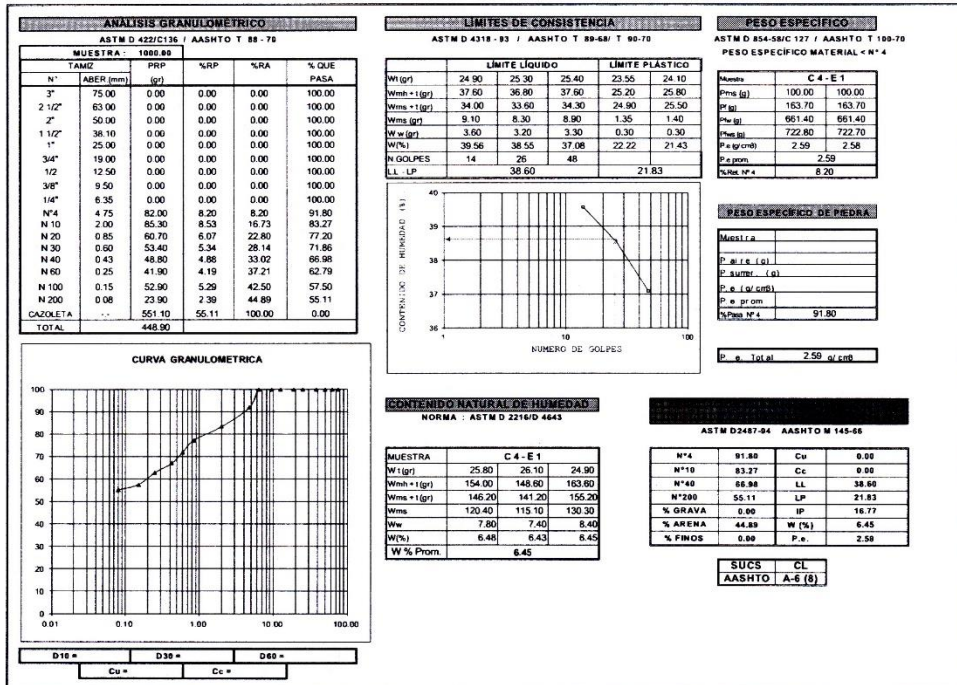
Javier Colina Bernal
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 56467



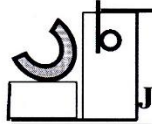
JCB INGENIEROS SAC

ESTUDIO DE GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	SUSTITUCION INFRAESTRUCTURA LE. "SAN MARCOS"				
UBICACION	ENTRE AV. 28 DE JULIO E HIPOLITO UNANUE - AV. 28 DE JULIO N° 109 - DISTRITO Y PROVINCIA DE SAN MARCOS - DEPARTAMENTO: CAJAMARCA				
SOLICITANTE	SIMON HORNIA PEREIRA				
Calicata N°	C - 4	Estrecho N°	E - 1	Profundidad	0.60 a - 3.00 m.
Fecha Entrega	Cajamarca, 15 de Octubre del 2007			REVISADO	ING. JAVIER COLINA BERNAL



Javier Colina Bernal
INGENIERO CIVIL
CIP. N° 56467



JCB INGENIEROS SAC

ESTUDIO DE GEOTECNIA - MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	SUSTITUCION INFRAESTRUCTURA I.E. "SAN MARCOS"				
UBICACIÓN	ENTRE AV. 28 DE JULIO E HIPOLITO UNANUE - AV. 28 DE JULIO N° 109 - DISTRITO Y PROVINCIA DE SAN MARCOS - DEPARTAMENTO: CAJAMARCA.				
SOLICITANTE	SIMON HORNA PERERA				
Calicata N°	C - 2	Estado N°	E - 2	Profundidad	-2,20 a -3,00 m.
Fecha Entrega	Cajamarca, 15 de Octubre del 2007			REVISADO	ING. JAVIER COLINA BERNAL

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO			
ASTM D 422/C136 / AASHTO T 88 - 70			
MUESTRA	2209.00		
N°	TAMIZ (mm)	PHS (gr)	% QUE PASA
5"	75.00	0.00	0.00
2 1/2"	63.00	0.00	0.00
2"	50.00	0.00	0.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00
1"	25.00	184.50	8.39
3/4"	19.00	143.70	6.53
1/2"	12.50	142.20	6.46
3/8"	9.50	145.30	6.60
1/4"	6.35	228.60	10.39
N°4	4.75	42.50	1.93
N°10	2.00	48.60	2.21
N°20	0.85	82.70	3.75
N°30	0.60	78.60	3.57
N°40	0.43	89.30	4.06
N°60	0.25	91.20	4.15
N°100	0.15	78.60	3.57
N°200	0.08	29.30	1.33
CAZOLETA	--	834.90	37.95
TOTAL		2200.00	100.00

LÍMITES DE CONSISTENCIA			
ASTM D 4318 - 03 / AASHTO T 89-08 / T 90-70			
	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO
W _L (gr)	26.10	25.70	25.60
W _U +1 (gr)	35.10	34.80	34.50
W _U +1 (gr)	33.60	33.40	33.30
W _U (gr)	7.50	7.70	7.70
W _p (gr)	1.50	1.40	1.30
W _p (%)	20.00	18.18	16.88
N° GOLPES	14	26	38
L - LP	18.30		N.P.

PESO ESPECÍFICO			
ASTM D 854-58/C 127 / AASHTO T 100-70			
Muestra	C 2 - E 2		
P ₁₀₀ (g)	100.00	100.00	
P ₂₀₀ (g)	163.70	163.70	
P ₄₂₅ (g)	661.40	661.40	
P ₇₅₀ (g)	722.60	722.60	
P _{total} (g)	2.58	2.58	
P _{prom} (g)	2.58		
Calat. N° 4	40.31		

PESO ESPECÍFICO DE ARENA			
Muestra	C 2 - E 2		
P _{al. c.} (g)	158.70	164.20	
P _{al. m.} (g)	98.60	101.30	
P _{s. (g) comp.}	2.61	2.61	
P _{s. (g) prom.}	2.61		
P _{prom} (g)	58.69		
P _{s. Total}	2.58	al comp.	

CONTENIDO NATURAL DE HUMEDAD			
NORMA - ASTM D 2216/D 1543			
MUESTRA	C 2 - E 2		
W ₁ (gr)	25.20	26.00	24.50
W _u +1 (gr)	156.50	163.50	160.70
W _u (gr)	148.20	155.20	170.90
W _s	123.00	129.20	146.40
W _w	8.30	8.70	9.90
W (%)	6.75	6.73	6.69
W % Prom.	6.73		

ASTM D 2487-01 AASHTO M 143-01			
N°4	59.89	Cu	0.88
N°10	37.48	Cc	0.88
N°40	47.80	LL	16.33
N°200	37.95	LP	N.P.
% GRAVA	38.38	IP	N.P.
% ARENA	23.67	W (%)	6.73
% FINOS	0.88	P _{s.}	2.58

SUCS	SM
AASHTO	A-4 (8)

CURVA GRANULOMÉTRICA			
D10 =	D30 =	D60 =	
Cu =	Cc =		

CONTEO DE GOLPES			
CONTEO DE GOLPES (N°)	1	10	100
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15	17	22

Javier Colina Bernal
INGENIERO CIVIL
C.I.P. N° 56467

ANEXO N° 8. ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA