



**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA DE CUENCA**  
COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**  
**COMUNIDAD EDUCATIVA AL SERVICIO DEL PUEBLO**

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCION.**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**“VULNERABILIDAD SISMICA Y REFUERZO ESTRUCTURAL CON  
FIBRA DE CARBONO (CFRP) DE LAS UNIDADES EDUCATIVAS:  
“NUESTRA FAMILIA” Y “ALBERTO ANDRADE ARIZAGA  
BRUMMEL””**

**CUENCA 2018**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

**MARIA FERNANDA ESPINOZA PASATO.**

**DIRECTOR:**

**ING. MSC. JUAN MEDARDO SOLA QUINTUÑA**

**2018**

## DECLARACIÓN

Yo, **María Fernanda Espinoza Pasato**, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

---

María Fernanda Espinoza Pasato.

C.I. 010488114-9

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por María Fernanda Espinoza Pasato, bajo mi supervisión.

---

Ing. M.Sc. Juan Medardo Solá Quintuña

**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de Tesis la dedico a Dios con todo el amor por haberme regalado una hermosa hija AMELIA FERNANDA, quien es mi orgullo y mi motivación que hace que cada día sea mejor.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo de tesis quisiera agradecerte primeramente a ti mi Dios por bendecirme cada día de mi vida para poder llegar a realizar este sueño tan anhelado.

A mi querida madre y mi abuelita por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad.

A mi tutor el Ing. Juan Sola, por su orientación, su tiempo, su paciencia y sus conocimientos compartidos hacia mí.

A la Universidad Católica de Cuenca, la cual supo darme la oportunidad de formarme como profesional.

## INDICE DE CONTENIDOS

DECLARACION.....	II
CERTIFICACION.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
INDICE DE CONTENIDOS.....	VI
INDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE TABLAS.....	XV
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCION.....	3
ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION.....	5
OBJETIVOS.....	7
1 CAPITULO: GENERALIDADES .....	8
1.1 Características generales del proyecto.....	8
1.2 Requisitos de normativas aplicadas .....	15
1.2.1 Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC:.....	15
1.2.2 Código ACI.....	16
1.2.3 Código AISC.....	16
1.2.4 Código AWS .....	17
1.3 Características predominantes en cada edificación .....	17
1.4 Unidad Educativa “Nuestra Familia” .....	20
1.5 Características generales de los materiales en cada estructura.....	24
1.5.1 Hormigón Armado .....	24
1.5.2 Acero de Refuerzo.....	28
1.5.3 Fibrocemento.....	32
1.5.4 Bloque .....	33
1.6 Análisis de Cargas .....	34
1.6.1 Cargas Permanentes .....	34
1.6.2 Cargas Variables .....	36
1.6.3 Cargas Accidentales .....	39
1.7 Características de los materiales para el refuerzo (CFRP) .....	40
1.8 Geomorfología local del asentamiento .....	48
1.8.1 Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel” .....	49
1.8.2 Unidad Educativa Particular Bilingüe “Nuestra Familia”.....	49
1.9 Historia sísmica en la región .....	50
1.10 Análisis sismo –resistente.....	53
1.10.1 Procedimientos estáticos.....	54
1.10.2 Procedimientos dinámicos.....	54

1.11	Causas de colapso en edificaciones semejantes.....	55
2	<b>CAPITULO: LEVANTAMIENTO, IDEALIZACION Y MODELADO DE LAS PROPUESTAS EN ESTUDIO .....</b>	<b>61</b>
2.1	Levantamiento y digitalización de las Unidades Educativas.....	61
2.1.1	Levantamiento y digitalización de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel” .....	62
2.1.2	Levantamiento y digitalización de la Unidad Educativa “Nuestra Familia” .....	65
2.2	Idealización de las infraestructuras estudiadas .....	68
2.2.1	Modelo matemático de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel” .....	68
2.2.2	Modelo matemático de la Unidad Educativa “Nuestra Familia” .....	71
2.3	Sismo resistencia estática .....	73
2.3.1	Identificación de zona de riesgo sísmico factor Z.....	73
2.3.2	Factores del suelo .....	75
2.3.3	Periodo fundamental .....	81
2.3.4	Variables requeridas .....	83
2.3.5	Carga sísmica reactiva.....	87
2.3.6	Análisis espectral según NEC 15 .....	88
2.3.7	Cortante Basal Estático .....	107
2.3.8	Determinación de las fuerzas sísmicas laterales .....	118
2.4	Sismo resistencia Dinámica con ayuda del programa SAP 2000 v16.0.0 Advanced .....	121
2.5	Modelado de las propuestas.....	127
2.5.1	Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel” .....	127
2.5.2	Unidad Educativa “Nuestra Familia” .....	131
2.6	Caracterización de la posible vulnerabilidad o resistencia de las estructuras .....	133
2.6.1	Derivas de Piso.....	133
2.7	Parámetros identificativos de la vulnerabilidad.....	140
2.8	Ductilidad local de los elementos .....	141
2.8.1	Capacidad de cortante en vigas. ....	142
2.8.2	Deflexiones admisibles y presentes en los elementos de las propuestas.....	150
2.8.3	Resistencia a la compresión en elementos verticales .....	153
2.8.4	Desplazamientos ortogonales en las propuestas.....	158
2.9	Cortante basal estático y dinámico en las propuestas.....	161
3	<b>CAPITULO: POSIBILIDAD DE REFUERZO Y ENSAYOS DE ELEMENTOS ..</b>	<b>163</b>
3.1	Refuerzo de elementos estructurales .....	163
3.1.1	Posibilidad de refuerzo en columnas.....	163
3.1.2	Posibilidad de refuerzo en vigas existentes.....	164

3.1.3	Posibilidad de refuerzo en mampostería .....	165
3.2	Verificación del cumplimiento debido al esfuerzo flexionante y cortante .....	166
3.2.1	Especificaciones Código ACI 318-14 en caso de hormigón.....	166
3.2.2	Especificaciones NEC SE HM.....	171
3.2.3	Especificaciones NEC SE DS .....	173
3.3	Ensayo visual practico aplicando materiales de refuerzo y sin ellos.....	173
3.3.1	Elementos de Hormigón simple .....	173
4	CONCLUSIONES.....	191
5	RECOMENDACIONES.....	193
6	BIBLIOGRAFIA .....	194
7	ANEXOS .....	199
7.1	ANEXO 1: MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LAS ESCUELAS ALBERTO ANDRADE ARIZAGA, "BRUMMEL" Y NUESTRA FAMILIA EN LA CIUDAD DE CUENCA... 199	
7.2	ANEXO 2. LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO DE LA PLANTA BAJA DE LA UNIDAD EDUCATIVA "ALBERTO ANDRADE ARÍZAGA, BRUMMEL". .....	210
7.3	ANEXO 3. LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO DE LA PLANTA ALTA DE LA UNIDAD EDUCATIVA "ALBERTO ANDRADE ARÍZAGA, BRUMMEL". .....	211
7.4	ANEXO 4. LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO DE LA PLANTA BAJA DE LA UNIDAD EDUCATIVA "NUESTRA FAMILIA". .....	212
7.5	ANEXO 5. LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO DE LA PLANTA BAJA DE LA UNIDAD EDUCATIVA "NUESTRA FAMILIA". .....	213

## INDICE DE FIGURAS

- Figura: 1.** Localización general de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Figura: 2.** Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”.
- Figura: 3.** Elementos estructurales principales del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”.
- Figura: 4.** Elementos estructurales principales del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Figura: 5.** Elementos estructurales principales del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”.
- Figura: 6.** Elementos estructurales principales del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”.
- Figura: 7.** Localización general de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”.
- Figura: 8.** Unidad Educativa “Nuestra Familia”.
- Figura: 9.** Elementos estructurales principales del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”.
- Figura: 10.** Elementos estructurales principales del Bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”.
- Figura: 11.** Emplazamiento General de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arizaga, Brummel”
- Figura: 12.** Características predominantes de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Figura: 13.** Junta de dilatación entre bloques de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Figura: 14.** Junta de dilatación entre bloques de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Figura: 15.** Emplazamiento General de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”
- Figura: 16.** Aula de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”
- Figura: 17.** Características predominantes de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Figura: 18.** Cubierta de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”
- Figura: 19.** Resultados de la Resistencia del Hormigón en las Unidades Educativas del proyecto en estudio
- Figura: 20.** Medición de la Resistencia del Hormigón en las columnas en la Unidades Educativas
- Figura: 21.** Historia de ADELCA
- Figura: 22.** Plancha de eternit
- Figura: 23.** Bloque liviano
- Figura: 24.** Fibra de Carbono
- Figura: 25.** Geología local de las dos Unidades Educativas estudiadas
- Figura: 26.** Resumen de los procedimientos Sismo-Resistente
- Figura: 27.** Colapso de una edificación

**Figura: 28.** Levantamiento Planimétrico de la Planta General de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Figura: 29.** Levantamiento planimétrico de la Planta en Subterráneo de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Figura: 30.** Levantamiento planimétrico de la Planta Baja de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Figura: 31.** Levantamiento planimétrico de la Planta Baja de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Figura: 32.** Levantamiento Planimétrico de la Planta General de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Figura: 33.** Levantamiento planimétrico de la Planta Baja de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Figura: 34.** Levantamiento planimétrico de la Planta Alta de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Figura: 35.** Modelo geométrico del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Figura: 36.** Modelo geométrico del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Figura: 37.** Modelo geométrico del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Figura: 38.** Modelo geométrico del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Figura: 39.** Modelo geométrico o del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Figura: 40.** Modelo geométrico del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Figura: 41.** Ecuador, zonas sísmicas para diseño y valor del factor de la zona Z

**Figura: 42:** División del plano de la Ciudad de Cuenca en suelos finos y gruesos

**Figura: 43.** División del plano de la ciudad de Cuenca en Unidades Geotécnicas

**Figura: 44.** Tabla de configuraciones estructurales

**Figura: 45.** Configuraciones estructurales no recomendadas

**Figura: 46.** Tabla de irregularidades en planta

**Figura: 47.** Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño

**Figura: 48.** Definición de los materiales

**Figura: 49.** Configuración en SAP2000 de los materiales concreto y acero

**Figura: 50.** Sección para las columnas y vigas de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Figura: 51.** Sección para los tirantes de la cubierta de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Figura: 52.** Sección para las columnas y vigas de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Figura: 53.** Patrones de carga

**Figura: 54.** Combinaciones de carga

**Figura: 55.** Configuración de las combinaciones de carga

**Figura: 56.** Definición de la masa

**Figura: 57.** Modelado de bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

- Figura: 58.** Modelado de bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Figura: 59.** Modelado de bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Figura: 60.** Modelado de bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Figura: 61.** Modelado del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”
- Figura: 62.** Modelado del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”
- Figura: 63.** Derivas de piso en el bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Figura: 64.** Derivas de piso en el bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Figura: 65.** Derivas de piso en el bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Figura: 66.** Derivas de piso en el bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Figura: 67.** Derivas de piso en el bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”
- Figura: 68.** Derivas de piso en el bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”
- Figura: 69.** Aplicación de CFRP en columnas
- Figura: 70.** Aplicación de CFRP en vigas
- Figura: 71.** Aplicaciones de CFRP en muros y albañilería
- Figura: 72.** Aplicación de CFRP en vigas
- Figura: 73.** Sección de las vigas a construir
- Figura: 74.** Hormigonera Holcim lista para vertir hormigón para la fundición de las vigas para el ensayo
- Figura: 75.** Encofrado y función de vigas para el ensayo
- Figura: 76.** Toma de muestra de hormigón para verificar su resistencia
- Figura: 77.** Preparado de la superficie de la viga a reforzar
- Figura: 78.** Aplicación del epoxico SikaDur 300 al elemento a reforzar
- Figura: 79.** Aplicación de epoxico SikaDur 300 sobre SikaWrap 600C
- Figura: 80.** Viga reforzada con Fibra de Carbono (SikaWrap 600C)
- Figura: 81.** Rotura de los cilindros de hormigón en la prensa hidráulica del Laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca
- Figura: 82.** Resultados del ensayo a compresión del cilindro 1.
- Figura: 83.** Resultados del ensayo a compresión del cilindro 2.
- Figura: 84.** Ensayo a compresión de la viga sin refuerzo
- Figura: 85.** Ensayo a compresión de la viga reforzada con CFRP
- Figura: 86.** Grafica de la carga vs la deformación de la Viga sin CFRP.
- Figura: 87.** Resultado visual de la viga sin CFRP.
- Figura: 88.** Grafica de la carga vs la deformación de la Viga con CFRP.
- Figura: 89.** Resultado visual de la viga con CFRP.

## INDICE DE TABLAS

- Tabla 1:** Tipos de Cemento
- Tabla 2.** Dimensiones de los bloques
- Tabla 3.** Pesos de los materiales
- Tabla 4.** Pesos de los materiales
- Tabla 5.** Coeficiente de corrección de  $\sigma$
- Tabla 6.** Determinación del factor de forma C1
- Tabla 7.** Valores del factor Z
- Tabla 8:** Poblaciones Ecuatorianas y valor del factor Z
- Tabla 9.** Clasificación de los Tipos de suelo
- Tabla 10.** Tipo de suelo y Factores de sitio Fa
- Tabla 11.** Tipo de suelo y Factores de sitio Fd
- Tabla 12.** Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico del subsuelo Fs
- Tabla 13.** Coeficiente para cálculo de T
- Tabla 14.** Tabla de importancia de la estructura
- Tabla 15.** Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles
- Tabla 16.** Coeficientes de regularidades e irregularidades en planta como elevación
- Tabla 17.** Espectro Elástico de Respuesta para todos los bloques de las Unidades Educativas.
- Tabla 18.** Análisis Modal Espectral del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 19.** Análisis Modal Espectral del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 20 .** Análisis Modal Espectral del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 21.** Análisis Modal Espectral del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 22.** Análisis Modal Espectral del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”
- Tabla 23.** Analisis Modal Espectral del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”
- Tabla 24.** Calculo de cargas permanentes en cubiertas de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 25.** Pesos unitarios de los Materiales
- Tabla 26.** Calculo de cargas permanentes en entresijos de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 27.** Calculo del peso total del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 28.** Calculo del peso total del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 29 .** Calculo del peso total del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 30.** Calculo del peso total del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 31.** Cargas Vivas mínimas uniformemente distribuidas y concentradas

**Tabla 32.** Calculo de la presión del viento

**Tabla 33.** Calculo de cargas variables en cubiertas de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 34.** Características predominantes para cargas en cubierta de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Tabla 35.** Calculo de cargas permanentes en cubierta de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Tabla 36.** Calculo de cargas permanentes en entrepiso de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Tabla 37:** Calculo del peso total del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Tabla 38.** Calculo del peso total del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Tabla 39.** Calculo de cargas variables

**Tabla 40.** Cálculo de la Cortante Basal del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 41.** Verificación de la Cortante Basal del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 42.** Cálculo de la Cortante Basal del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 43.** Verificación de la Cortante Basal del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 44.** Cálculo de la Cortante Basal del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 45 .** Verificación de la Cortante Basal del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 46.** Cálculo de la Cortante Basal del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 47.** Verificación de la Cortante Basal del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 48.** Cálculo de la Cortante Basal del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Tabla 49.** Verificación de la Cortante Basal del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia” por Sap2000.

**Tabla 50.** Cálculo de la Cortante Basal del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Tabla 51.** Verificación de la Cortante Basal del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia” por Sap2000.

**Tabla 52.** Determinación de k

**Tabla 53.** Calculo de las fuerzas sísmicas laterales del Bloque 1 la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 54.** Calculo de las fuerzas sísmicas laterales del Bloque 2 la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 55.** Calculo de las fuerzas sísmicas laterales del Bloque 3 la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 56.** Calculo de las fuerzas sísmicas laterales del Bloque 4 la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 57.** Calculo de las fuerzas sísmicas laterales del bloque 1 la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Tabla 58.** Calculo de las fuerzas sísmicas laterales del bloque 2 la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Tabla 59.** Conversión de Unidades

**Tabla 60.** Valores de  $\Delta M$  máximos, expresados como fracción de la altura de piso

**Tabla 61.** Calculo de las derivas de piso del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 62.** Calculo de las derivas de piso del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 63.** Calculo de las derivas de piso del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 64.** Calculo de las derivas de piso del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 65.** Calculo de las derivas de piso del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Tabla 66.** Calculo de las derivas de piso del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Tabla 67.** Clasificación de estructuras de hormigón armado en función del mecanismo dúctil esperado.

**Tabla 68.** Evaluación de la viga critica de los bloques 1, 2 y 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”.

**Tabla 69.** Verificación de la viga critica del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 70.** Verificación de la viga critica del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 71.** Verificación de la viga critica del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 72.** Evaluación de la viga critica delo bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 73.** Verificación de la viga critica del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

**Tabla 74.** Evaluación de la viga critica del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Tabla 75.** Verificación de la viga critica del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Tabla 76.** Evaluación de la viga critica del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Tabla 77.** Verificación de la viga critica del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

- Tabla 78.** Deflexión máxima admisible calculada
- Tabla 79.** Calculo de deflexiones en vigas de los bloques 1 y 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 80.** Calculo de deflexiones en vigas del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 81.** Calculo de deflexiones en vigas del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 82.** Calculo de deflexiones en vigas del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”
- Tabla 83.** Calculo de deflexiones en vigas del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”
- Tabla 84.** Evaluación de las columnas de Hormigón Armado de los bloques de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 85.** Calculo de esfuerzos en columnas de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 86.** Máximas reacciones del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 87.** Máximas reacciones del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 88.** Máximas reacciones del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 89.** Máximas reacciones del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 90.** Evaluación de las columnas de Hormigón Armado de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”
- Tabla 91.** Calculo de esfuerzos en columnas de los Bloques de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”
- Tabla 92.** Máximas reacciones del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”
- Tabla 93.** Máximas reacciones del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”
- Tabla 94.** Desplazamiento en los nudos del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 95.** Desplazamiento en los nudos del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 96.** Desplazamiento en los nudos del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 97.** Desplazamiento en los nudos del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”
- Tabla 98.** Desplazamiento en los nudos del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”
- Tabla 99.** Desplazamiento en los nudos del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”
- Tabla 100.** Cálculos para el diseño de la viga para la parte práctica del proyecto
- Tabla 101.** Comprobación de la Resistencia del Hormigón
- Tabla 102.** Resultado del ensayo a compresión de la viga sin CFRP.

**Tabla 103.** Resultado del ensayo a compresión de la viga con CFRP.

**Tabla 104.** Aporte de la Fibra de Carbono en Vigas De Hormigón Armado

## RESUMEN

El presente documento analiza la vulnerabilidad sísmica que tienen las Unidades Educativas “Alberto Andrade Arizaga, Brummel” y “Nuestra Familia” mediante el programa estructural Sap2000v16.0.0 Advanced, que posterior a ser configurado de acuerdo a las necesidades con las respectivas secciones de cada Unidad Educativa, se procede a estudiar los esfuerzos de cada una. Las mismas que al presentar déficit en sus elementos estructurales que son de hormigón armado de acuerdo a las normas ACI 318S y la NEC 2015 se recomienda reforzar con Fibra de Carbono.

Generalmente estas nuevas solicitudes de refuerzo se presentan por un aumento de cargas de servicio, hormigón pobre que al transcurrir los años de vida útil se han ido deteriorando aún más y tipo de acero de refuerzo.

Actualmente es más utilizado la Fibra de Carbono como un sistema de refuerzo estructural, ya que por su facilidad de aplicación y la seguridad que brinda a la estructura, es cada vez más solicitada.

El objetivo de este proyecto es estudiar a la fibra de carbono como sistema estructural, para lo cual se comparan vigas de hormigón armado con refuerzo de Fibra de Carbono y sin refuerzo, y se examinan los resultados para analizar el aporte de la Fibra de Carbono.

Finalmente, en este documento se mencionan las conclusiones y recomendaciones de utilizar el sistema de refuerzo CFRP.

**Palabras Clave:** VULNERABILIDAD SÍSMICA, HORMIGON ARMADO, REFUERZO ESTRUCTURAL, FIBRA DE CARBONO.

## ABSTRACT

This paper analyzes the seismic weakness of the Educational Units "Alberto Andrade Arízaga, Brummel" and "Nuestra Familia" through the structural software program Sap2000v16.0.0 Advanced, which after being arranged according to the requirements of each sections of the Educational Units, we proceed to study the strengths of each. Also, the current structural deficit elements which are reinforced concrete according to ACI 318S standards and the NEC 2015 which recommends to reinforce with Carbon Fiber.

Generally, these new stresses reinforcement are presented by increased service loads, poor concrete that has worsened over the years of its useful life and the type of reinforcing steel.

Currently, Carbon Fiber is widely used as a structural reinforcement system, because of its ease of application and the security it provides to the structure, it is increasingly requested.

The objective of this project is to study Carbon Fiber as a structural system, for which reinforced concrete beams are compared with Carbon Fiber with reinforcement and without, and the results are examined to analyze the contribution of Carbon Fiber.

Finally, this document remarks the conclusions and recommendations of using the CFRP reinforcement system.

**Keywords:** SEISMIC VULNERABILITY, ARMED CONCRETE, STRUCTURAL REINFORCEMENT, CARBON FIBER.

## INTRODUCCION

En la espera y búsqueda de entregar el mejor legado a nuestros hijos, los padres de familia nos enfocamos en brindar condiciones de vida que de una u otra forma no fue parte de la nuestra en este cambiante y modernizado mundo donde los avances tecnológicos marcan una diferencia día a día, y la educación forma parte primordial de este enfoque, pero en la ansiada búsqueda de la excelencia educativa para nuestros proles surgen situaciones que ponen en consideración aspectos de vital importancia que serán: económicos, de localidad, de calidad educativa, de horarios, entre otros, pero una de las más importantes que debería ser tomada en cuenta es la infraestructura donde nuestros niños receptaran su formación. Esta infraestructura que debería ser analizada no considerado el nombre de la institución educativa, no considerando el prestigio y la clase social de los asistentes sino desde el punto de vista sismo-resistente tanto de la capacidad de soporte, como su vulnerabilidad ante eventos sísmicos como los presentados en meses pasados en las costas de nuestro país, para garantizar la supervivencia de nuestros hijos en caso de ocurrencia de tales eventos. Por ello la necesidad de generar una investigación para evaluar la vulnerabilidad sísmica de la estructura y si el caso lo amerita generar reforzamiento a los elementos estructurales con diferentes técnicas y tecnologías existentes, para este proyecto se planea la utilización de fibra de carbono(Carbon Fiber Reinforced Polymer), en la que se considera que esta investigación será un aporte a la seguridad de los usuarios de las mencionadas infraestructuras, a la sociedad y concientizar a los directivos de las instituciones públicas y privadas a generar este tipo de evaluaciones con énfasis primordial al aspecto sísmico, para lo cual se debe considerar la normativa vigente dentro del país.

En la propuesta para este proyecto investigativo se prevé la selección de dos instituciones educativas de la ciudad de Cuenca, para ello se procederá a realizar un levantamiento planímetro de la edificación con la cual generara sus respectivos modelos matemáticos y con

la ayuda de paquetes informáticos asemejar un evento de excitación sísmica para tal estructura, de acuerdo al tipo de material conformante en el inmueble, así como su posible reforzamiento utilizando tecnologías y técnicas existente, en este caso puntual la utilización de la fibra de carbono. La fibra de carbono es un material que es utilizado para reforzar a elementos de: concreto reforzado, madera, mampostería, acero, aluminio, sus ventajas son la elevada resistencia mecánica y su peso mínimo.

Este polímero se obtiene de calentar sucesivamente a altas temperaturas (hasta 1500 °C) otro polímero llamado poliacrilonitrilo. Este proceso de recalentamiento da lugar a la formación de unas cintas perfectamente alineadas de casi carbono puro en su forma de grafito, por ello su nombre de fibras de carbono. Aunque su aplicación en nuestro medio es reciente, el uso de esta fibra no es una novedad en el mundo: hace más de 30 años se viene utilizando en la industria aeroespacial y manufacturera de productos de bajo peso, alta resistencia a la tensión y anti-corrosivos, presentando innumerables ventajas en el campo de la construcción, según ( Flores Tantaleán , REFORZANDO EDIFICACIONES CON FIBRAS DE CARBONO).

Con los resultados finales obtenidos de los modelos idealizados de las estructuras se podrá demostrar la inestabilidad o la resistencia que, en función de la ductilidad de la armadura general, revelarán los desplazamientos ortogonales y su posible fracaso o estadía con la presencia del evento sísmico.

## ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION

No solamente prevalece la importancia de la estabilidad estructural de la edificación, sino salvaguardar la integridad y supervivencia de las vidas humanas que la utilizan, ni solo instituciones educativas sino de todas las infraestructuras que tienen la serviciabilidad de albergar un sinnúmero de personas dentro de las instalaciones como pueden ser los centros comerciales, centros educativos, los mercados, edificios públicos y privados, que a lo largo de la historia han causado el mayor número de muertes a causa del evento sísmico. La contribución que brinde este trabajo para ayudar a proteger vidas humanas tanto dentro de nuestra ciudad como en cualquier parte del mundo será una razón justificada en lo que respecta esta investigación.

En la Ciudad de Cuenca se registran constantemente sismos de baja intensidad que incluso no se sienten, pero según (IG-EPN, s.f.) "El 03 de junio de 1887 se produjo el terremoto más importante con epicentro en la provincia del Azuay. Daños severos en varias iglesias y casas de Cuenca y algunos pueblos de Azuay, Cañar y el sur de Chimborazo".

"Un temblor de entre cinco grados y siete grados en la escala abierta de Richter podría devastar el 60% de las viviendas levantadas en la ciudad de Cuenca y a los cantones de Santa Isabel, San Fernando, Pasaje (El Oro) y a la ciudad de Azogues (Cañar), por la falla geológica denominada Girón, que nace en el cantón del mismo nombre (al sur de la provincia del Azuay), esto preocupa a los entendidos porque presenta una actividad muy alta. Esta falla se inicia a 30 kilómetros al sur del cantón Girón y se extiende por aproximadamente 200 kilómetros. Atraviesa en su totalidad a la capital azuaya, pasa por la provincia del Cañar y finaliza al sur de la provincia de Chimborazo", (BUSTOS , 2010).

Nuestro enfoque es obtener la capacidad de la edificación educativa de no colapsar ante la presencia de fenómeno sísmico y tener la certeza que nuestros hijos están en unas instalaciones seguras ante uno de los fenómenos más desastrosos en el planeta. Encaminados

con el objetivo de este estudio el alumno podrá diferenciar entre una realidad virtual adquirida dentro de las aulas educativas y la realidad existente en las edificaciones dentro de la ciudad que será uno de los referentes para futuros objetivos de estudio, y dentro del campo práctico y teórico podrá establecer aportes prácticos en lo que respecta la verificación y evaluación de los elementos que conforma la estructura principal de la infraestructura analizada.

El sistema de reforzamiento en la construcción con fibras de carbono es muy usado hoy en día en elementos con fallas estructurales, debido a que es un método práctico, de fácil aplicación e instalación. (NEC\_SE\_HM).

**Objetivos generales**

- Analizar la vulnerabilidad ante la presencia del sismo en infraestructuras que prestan servicios educativos y reforzar con fibra de carbono.

**Objetivos específicos**

- Generar modelos estructurales considerando la situación actual de las edificaciones, para obtener la vulnerabilidad sísmica global y en cada elemento que conforma la infraestructura principal.
- Obtener parámetros que identifiquen la situación estructural actual del edificio.
- Aplicar paquetes informáticos (SAP 2000 v16.0.0 Advanced) para idealizar la influencia del sismo en las estructuras analizadas.
- Presentar los resultados obtenidos y las posibilidades de reforzar los elementos que conforman la estructura, con fibra de carbono (CFRP).

## 1 CAPITULO: GENERALIDADES

### 1.1 Características generales del proyecto

La población día a día crece por lo tanto hay un alto número de estudiantes existentes en la ciudad de Cuenca, razón que conlleva a preocuparse por la forma constructiva de las edificaciones de las instituciones educativas existentes que cumplan con todos los requisitos dispuestos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC en lo que respecta al diseño sísmo-resistente y a su vez sean capaces de prevenir posibles riesgos en la presencia de un evento extremo.

Razón por la cual se ha seleccionado dos instituciones educativas, una privada y otra publica para verificar el cumplimiento con dicha norma.

#### Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”



**Figura: 1.** Localización general de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

*Fuente:* (Google Maps, s.f.)

#### Visión

Práctica constante de valores en el marco del “Buen Vivir”, su misión es la de impartir educación integral a la niñez y juventud en los niveles de Educación Básica y Bachillerato para formar bachilleres en ciencias de carácter general que contribuyan al desarrollo de la

sociedad, a través de un modelo pedagógico alternativo, dentro de un marco de lealtad a la institución, disciplina consciente y práctica permanente de valores. (BRUMMEL, Guia BBB)

#### Historia:

Según la historia de la Unidad Educativa "Alberto Andrade Arízaga, Brummel", el maestro Ángel Benigno Barreto es su gestor y fundador.

Muchas dificultades tuvieron que superar tanto educativos y padres de familia hasta conseguir un local propio para la construcción de su escuela, gracias a la donación de un predio. Inició sus actividades educativas en 1963 con la formación de niñas, niños y adolescentes.

En el 2013, mediante resolución de la Coordinación Zonal de Educación perteneciente al Distrito N° 1, se resuelve el cambio de denominación de la Unidad Educativa Alberto Andrade Arizaga por el de Escuela de Educación Básica Alberto Andrade Arizaga, en el 2014 se pasa a Unidad Educativa con la creación del bachillerato.

En la actualidad, la licenciada Blanca Toromoreno es su rectora.

#### Ubicación:

Se encuentra ubicada en las calles General Torres y Tomas de Heres con las siguientes coordenadas 721699,6311W y 9680861,998S.

#### Descripción:

La estructura de este edificio se encuentra constituida por:

Columnas de hormigón armado.

Vigas aperaltadas de hormigón armado.

Losas alivianadas de hormigón armado.

Mampostería de bloque no reforzada.

Cubierta de losa armada.

La Unidad Educativa consta de cuatro bloques separados por juntas de 2 cm, los cuales poseen formas regulares que ayudan a la configuración en planta y en elevación.



**Figura: 2.** Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”.

*Fuente:* Autor



**Figura: 3.** Elementos estructurales principales del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”.

*Fuente:* Autor



**Figura: 4.** Elementos estructurales principales del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”  
*Fuente:* Autor



**Figura: 5.** Elementos estructurales principales del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”.  
*Fuente:* Autor



**Figura: 6.** Elementos estructurales principales del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”.  
*Fuente:* Autor

La edificación se encuentra ubicada en un terreno que muestra una topografía regular, favoreciendo el comportamiento de su estructura ante un evento extremo.

### Unidad Educativa “Nuestra Familia”



**Figura: 7.** Localización general de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”.  
*Fuente:* (Google Maps, s.f.)

## Visión

“La sinergia es unir fuerzas y caminar juntos para conseguir cosas. Siempre que dos o más personas se unen en un espíritu de colaboración y respeto, la sinergia se manifiesta en forma natural”, (Nuestra Familia, 2005).

La Lcda. Cecilia Villavicencio, Lcda. Genoveva Arizaga y la Lcda. Eulalia Loyola fueron las personas fundadoras esta Unidad Educativa en el año de 1996.

Constituyéndose como gerente de esta Unidad Educativa la Lcda. Eulalia Loyola.

Brinda la enseñanza primaria con los niveles de kínder, Primero a Séptimo de Básica, y el ciclo básico de Octavo a Decimo y el Bachillerato, con la calidad de cursos académicos y otras tareas relacionadas con el curso, que ofrece a los estudiantes una sólida educación básica para la lectura, la escritura y las matemáticas, así como un nivel fundamental de comprensión de disciplinas como la historia, la geografía, las ciencias naturales, las ciencias sociales, el arte, inglés y la música.

## Ubicación:

Se encuentra ubicada en la Av. 27 de Febrero y Gorivar Heres con las siguientes coordenadas 720842,0477W y 9678012,45S.

## Descripción:

La estructura del edificio se encuentra constituida por:

Pórticos de hormigón armado.

Losas alivianadas de hormigón armado.

Mampostería no reforzada.

Cubiertas de acero con recubrimiento de fibrocemento.



**Figura: 8.** Unidad Educativa “Nuestra Familia”.  
Fuente: Autor



**Figura: 9.** Elementos estructurales principales del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”.  
Fuente: Autor



**Figura: 10.** Elementos estructurales principales del Bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”.  
Fuente: Autor

La Unidad Educativa consta de dos bloques los cuales poseen formas regulares que ayudan a la configuración en planta y en elevación.

## 1.2 Requisitos de normativas aplicadas

### 1.2.1 Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC:

Esta norma ecuatoriana presenta métodos y exigencias a ser aplicados en la construcción de edificaciones con diseños sismo-resistentes, la misma que ha sido complementada con normas extranjeras muy conocidas.

NORMA: NEC-SE-CG (Carga no sísmica)

NORMA: NEC-SE- PM (Estructuras de Mampostería estructural)

NORMA: NEC-SE-DS (Peligro sísmico y requisitos de diseño sismo resistente)

NORMA: NEC-SE-RE (Riesgo sísmico, Evaluación, Rehabilitación de estructuras)

NORMA: NEC-SE-CM (Geotecnia y Cimentaciones), según (NEC, 2015).

### 1.2.2 Código ACI

Los “Requisitos de Reglamento para concreto estructural” contiene requisitos mínimos para los materiales, diseño y construcción de estructuras de hormigón de cualquier estructura levantada bajo los requisitos de un código de edificación general que lo incorpore. El Reglamento también cubre sistemas estructurales, miembros y conexiones, incluyendo concreto construido en obra, construcción prefabricada, concreto simple, construcción no preesforzada, construcción pre-esforzada y construcción compuesta. Dentro de los temas tratados se encuentran: diseño y construcción para resistencia, funcionamiento y durabilidad, combinaciones de carga, factores de carga y de reducción de resistencia; métodos de análisis estructural; límites de las deflexiones; anclaje mecánico y adherido al concreto; desarrollo y empalme del refuerzo; información sobre los documentos de construcción; inspección en obra y ensayo de los materiales; y métodos para evaluar la resistencia de estructuras existentes (Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural, 2005).

### 1.2.3 Código AISC

Es una normativa estadounidense que significa American Institute of Steel Construction (Instituto Americano de Construcción en Acero) que se utiliza en este proyecto que describe: Los parámetros y especificaciones para construcciones de acero laminados en caliente que pueden estar o no actuando en estructuras compuestas con concreto armado, pero los métodos de cálculo propuestos en el documento son aceptados en el diseño de acero conformado en frío, el documento lleva como título “Specifications ANSI/AISC 360-10” de la American National Standard, el cual se puede adquirir en la Web con traducción al español.

El código Seismic Provisions for Structural Steel Buildings (ANSI-AISC 341) deberá ser aplicado en el diseño sismo resistentes de acero estructural o de acero estructural actuando en

combinación con hormigón armado, a menos que sea específicamente exento por el código de construcción aplicable.

#### 1.2.4 Código AWS

El código de Soldadura Estructural-Acero con su normativa AWS D1 .1/D1.1M:2010 contiene las exigencias para cualquier tipo de estructura soldada realizada con acero al carbono y de baja aleación para construcción en la parte de la cubierta como los incluidos dentro de la norma ASTM A36. Las primeras ocho secciones constituyen un conjunto de reglas para la regulación de soldaduras en la construcción con acero. Se incluyen nuevos anexos normativos y doce anexos informativos en este código.

También se incluyen, en este documento, comentarios del código.

Los elementos conformados en frío se originan de planchas que son cortadas y pegadas para obtener geometrías requeridas y para conformar una estructura se necesita de enlaces y uniones de los elementos, motivo por el cual la normativa es de vital importancia ya que contiene las diferentes características técnicas y descripciones varias de la soldadura, (Código de Soldadura Estructural\_Acero, 2010).

### 1.3 Características predominantes en cada edificación

Las características propias de cada Unidad Educativa son las siguientes:

#### **Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”**

Elevación entre pisos = 2.75m en promedio.

Tipo de mampostería = Mampostería no reforzada de bloque de 20x40x15cm.

Iluminación = Posee ventanas por lo tanto la iluminación es natural en la mayoría de las aulas.

Numero de bloques = 4

Número de pisos = Los bloques 1 y 2, y los bloques 3 y 4 están formados por 2 y 3 pisos respectivamente.

Forma de los bloques = En forma rectangular

Capacidad de aulas = En promedio 40 estudiantes por aula

Área de aulas = 61.05 m<sup>2</sup> en promedio

Número de estudiantes = 845 estudiantes divididos en sección matutina y vespertina

Tipo de infraestructura existente:

Columnas = Hormigón Armado de 33x40 cm

Vigas = Hormigón Armado de 25x45cm en entrepisos y 25x35cm en losa de cubierta.

Tipo de cimentación = Zapatas aisladas

Entrepiso = Losa alivianada

Cubierta = Losa

Afecciones climáticas:

Lluvia = 120.1 mm (INAMHI, 2017).

Granizo = Para cubiertas con pendientes menores del 5% se debe considerar una carga de granizo mínima de 1.0 kN/m<sup>2</sup> (NEC-SE-CG(Cargas No Sísmicas), 2015, pág. 17).

Viento = 5.4 a 7.8 m/s con brisa moderada, (CELEC EP, Velocidad Media del Viento Ecuador,2010).

Área total = 6169.71 m<sup>2</sup>

Área de construcción = 1753.46.30 m<sup>2</sup>



**Figura: 11.** Emplazamiento General de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arizaga, Brummel”  
*Fuente:* (SAP 2000 v16.0.0 Advanced)



**Figura: 12.** Características predominantes de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arizaga, Brummel”  
*Fuente:* Autor



**Figura: 13.** Junta de dilatación entre bloques de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”  
*Fuente:* Autor



**Figura: 14.** Junta de dilatación entre bloques de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”  
*Fuente:* Autor

#### 1.4 Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Elevación entre pisos = 2.9m

Tipo de mampostería = Mampostería no reforzada de bloque de 20x40x15cm.

Iluminación = Posee ventanas por lo tanto la iluminación es natural en la mayoría de las aulas

Número de pisos = 2 pisos

Numero de bloques = 2

Forma de los bloques = En forma rectangular

Capacidad de aulas = En promedio 25 estudiantes por aula

Área de aulas = 41 m<sup>2</sup> en promedio

Número de estudiantes = 420 estudiantes divididos en sección matutina y vespertina.

Tipo de infraestructura existente:

Columnas = Hormigón Armado de 22x32 cm en la planta baja.

Columnas = Hormigón Armado de 18x25 cm en la planta alta.

Vigas = Hormigón Armado de 30x25 cm entre columnas.

Vigas = Hormigón Armado de 16x22 cm en borde de losa volado.

Tipo de cimentación = Zapatas aisladas

Entrepiso = Losa Alivianada

Cubierta = Fibrocemento

Afecciones climáticas:

Lluvia = 120.1 mm (INAMHI, 2017).

Granizo = Para cubiertas con pendientes menores del 15% se debe considerar una carga de granizo mínima de 0.05 kN/m<sup>2</sup> (NEC-SE-CG(Cargas No Sísmicas), 2015).

Viento = 5.4 a 7.8 m/s con brisa moderada, (CELEC EP, Velocidad Media del Viento Ecuador,2010)

Área total = 4150.17m<sup>2</sup>

Área de construcción = 761.10m<sup>2</sup>



**Figura: 15.** Emplazamiento General de la Unidad Educativa "Nuestra Familia"  
*Fuente:* (Google Maps, s.f.)



**Figura: 16.** Aula de la Unidad Educativa "Nuestra Familia"  
*Fuente:* Autor



**Figura: 17.** Características predominantes de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”  
Fuente: Autor



**Figura: 18.** Cubierta de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”  
Fuente: Autor

## 1.5 Características generales de los materiales en cada estructura

### 1.5.1 Hormigón Armado

El hormigón resulta ser una mezcla de cualquier tipo de cemento hidráulico, áridos y agua, con o sin aditivos, que al llegar a solidificarse resulta ser parecida a una roca, llegando a tener resistencia muy alta para elementos estructurales sometidos a compresión (columnas), y resistencias bajas 10% de la compresión en los elementos sometidos a la tensión (vigas), el cual esta reforzado con varillas de hierro para poder resistir los esfuerzos, a la mezcla de estos dos materiales se denomina hormigón armado o concreto reforzado.

Para obtener un buen concreto se necesita materiales de buena calidad mezcladas en proporciones correctas, también tener en cuenta factores como el proceso de mezclado, transporte, colocación o vaciado y curado.

Composición:

#### ➤ Cemento

El cemento se adquiere de la pulverización del Clinker, el cual es producto de la calcinación hasta la fusión incipiente de materiales calcáreos y arcillosos. El mismo que está formado por:

- Silicato tricálcico, es su componente principal, el cual le confiere su resistencia inicial e interviene directamente en el calor de hidratación.
- Silicato bicálcico o Belita, es aquel que define la resistencia a largo plazo, pero no tiene tanta incidencia en el calor de hidratación.
- Aluminato tricálcico, se cree que actúa como un catalizador en la reacción de los silicatos y provoca un fraguado violento. Para retardar este fenómeno, se recomienda agregar yeso durante la elaboración del cemento.

- Aluminio-Ferrito Tetracálcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación, a este componente se le atribuye el color verdoso en los cementos.

Componentes en menor cantidad: óxidos de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio. Existen varios tipos de cemento portland como los que se detallan a continuación:

**Tabla 1:** Tipos de Cemento

TIPOS DE CEMENTOS PORTLAND		
TIPO	DENOMINACIONES	CARACTERÍSTICAS
I	Cemento Portland	Cemento normal destinado a obras de concreto en general
II	Cemento Portland con adiciones	Cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada del sulfato
III	Cemento Portland con escorias de horno alto	Alta resistencia inicial
IV	Cemento puzolánico	Bajo calor de hidratación
V	Cemento compuesto	Elevada resistencia a la acción concentrada de sulfatos

**Fuente:** (H.NILSON, Tipos de cemento, 2001)

Debe cumplir con cualquiera de las siguientes especificaciones, según (NEC\_SE\_CG, Cargas y Materiales, Cargas No Sísmicas, 2015):“

- NTE INEN 152,
- NTE INEN 490,
- NTE INEN 2380.”

➤ Áridos

La mezcla de un hormigón está compuesta en su mayor parte del volumen por material granular.

Los áridos utilizados en la construcción de estructuras de hormigón armado deben cumplir con la especificación NTE INEN 872 ó ASTM C33.

Los áridos utilizados para la elaboración de hormigón estructural ligero deben cumplir con la especificación ASTM C330.

Todos los áridos deben estar libres de elementos contaminados como polvo, limo y materias orgánicas.

El material granular debe estar compuesto de agregado fino y agregado grueso.

- Agregado Fino

El árido fino más apropiado es la arena natural de granos redondos, pero se puede usar el polvo de piedra el cual es el resultado de la trituración de las rocas, siempre que no tengan exceso de finos o partículas alargadas y laminares.

Los tamaños de sus partículas deben estar entre 75  $\mu\text{m}$  y 4.75 mm.

- Agregado Grueso

Pueden ser rocas graníticas, dioríticas y sieníticas, las que son el resultado de la trituración de mantos de roca natural o de cantos rodados, de la selección de fragmentos naturales de roca, prismáticos o redondeados; o de materiales artificialmente fabricados. El árido grueso será de formas cúbicas, evitando las formas alargadas y laminares y los cantos rodados serán de formas esféricas, evitando las formas planas.

Sus tamaños son, por lo general, más grandes que 4.75 mm de diámetro nominal.

➤ Agua

El agua es uno de los componentes más esenciales que reacciona químicamente con el cemento para formar el hormigón, para esta mezcla se usa agua libre de impurezas como: aceites, álcalis, sales, materias orgánicas o cualquier tipo de sustancia que sea nocivo para el hormigón y el acero de refuerzo, ya que las impurezas pueden afectar el tiempo de fraguado, la resistencia provocada por la corrosión en el acero de refuerzo y hasta cambios de volumen. Si el agua es apta para el consumo humano es buena para hacer hormigón.

Es importante al momento de realizar la dosificación determinar la relación entre agua/cemento, ya que la resistencia del hormigón es inversamente proporcional a la cantidad de agua empleada, esta relación varía entre 0.4 a 0.6.

➤ Aditivos

Los aditivos son químicos que cuando son añadidos al concreto, estos alteran sus propiedades tanto en estado fresco como endurecido, el uso de estos se establece de acuerdo al tipo de obra, clima, y por criterio del constructor.

Se maneja mediante las siguientes normas, según (NEC\_SE\_CG, Cargas y Materiales, Cargas No Sísmicas, 2015):

- “ASTM C494: Aditivos químicos para hormigón.
- ASTM C1017: Aditivos químicos para uso en la producción de hormigón fluido.
- ASTM C 260: Aditivos incorporadores de aire utilizados en la elaboración de hormigón.
- ACI 212.3R: Aditivos químicos para hormigón.
- ACI 212.4R: Aditivos reductores de agua de alto rango en el hormigón (superplastificantes)”.

El hormigón utilizado en este proyecto como indica la siguiente figura es de resistencia  $f'c = 203 \text{ kg/cm}^2$  para la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel” y  $f'c = 198 \text{ kg/cm}^2$  para la Unidad Educativa “Nuestra Familia” de acuerdo a las mediciones tomadas de la resistencia del hormigón en los elementos estructurales mediante esclerómetro y ultrasonido en cada Unidad Educativa, **ver ANEXO 1 : MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LAS ESCUELAS ALBERTO ANDRADE ARIZAGA, “BRUMMEL” Y NUESTRA FAMILIA EN LA CIUDAD DE CUENCA.**

Escuela "BRUMMEL"
$\bar{R}_{\min} = 20.3 \text{ MPa}$
Escuela "Nuestra Familia"
$\bar{R}_{\min} = 19.8 \text{ MPa}$

**Figura: 19.** Resultados de la Resistencia del Hormigón en las Unidades Educativas del proyecto en estudio  
**Fuente:** ( DC (Ingeniería &Proyectos), 2016)



**Figura: 20.** Medición de la Resistencia del Hormigón en las columnas en la Unidades Educativas  
**Fuente:** Autor

### 1.5.2 Acero de Refuerzo

El acero de refuerzo debe ser corrugado, excepto en espirales o acero de pretensado, en los cuales se puede utilizar acero liso. Las varillas corrugadas son una aleación de varios elementos entre ellos: carbono, manganeso, silicio, cromo, níquel y vanadio. Son de sección circular y, presentan corrugaciones en su superficie para ayudar la adherencia con el

concreto. El acero para ser utilizado en concreto armado se fabrica bajo las normas, según (NEC\_SE\_CG, Cargas y Materiales, Cargas No Sismicas, 2015):

- “Acero al carbón: INEN 102: Varillas con resaltes de acero al carbón laminadas en caliente para hormigón armado.
- Acero de baja aleación: INEN 2167: Varillas con resaltes de acero de baja aleación soldables, laminadas en caliente y/o termo tratadas para hormigón armado.
- Acero inoxidable: ASTM A 995 M: Especificaciones para barras de acero inoxidable deformadas y lisas para refuerzo de hormigón.
- Acero de rieles y ejes: ASTM A 996 M: Las barras de acero provenientes de rieles serán del tipo R Especificaciones para barras deformadas de rieles y ejes de acero para refuerzo de hormigón.

En las propiedades mecánicas del acero de refuerzo a utilizarse en el diseño de estructuras en hormigón armado, los valores de  $F_y$  y  $F_{yt}$  empleados en los cálculos de diseño no han de exceder de 550 MPa, con excepción de los aceros de pre esforzado y los refuerzos transversales en espiral.

Por lo tanto, si  $F_y > 420$  MPa, la resistencia a la fluencia será el esfuerzo correspondiente a  $\epsilon_t = 0.0035$ .

Dónde:

$E_s$  = Modulo de elasticidad del acero de refuerzo

$F_y$  = Resistencia a la fluencia de refuerzo 420 MPa

$F_{yt}$  = Resistencia a la fluencia máxima 550 MPa

$\epsilon_t$  = Deformación unitaria”

La inspección del acero de refuerzo para su aprobación se debe hacer en la fábrica siderúrgica, en obra, la aprobación será responsabilidad del fiscalizador y del contratista.

En el mercado hay tres calidades diferentes de acero corrugado: grado 40, grado 60 y grado 75 sin embargo en nuestro medio sólo se utiliza el de grado 60.

Asimismo, existen las varillas de acero liso, las mismas que han sido laminadas en caliente las que son de superficie lisa y de sección redonda. Al contener un bajo porcentaje de carbono ayudan a obtener una excelente soldabilidad y ductilidad por lo que se emplea como armadura de reforzamiento en hormigón armado, además existen en presentación de acero negro de acuerdo a la norma ASTM A36.



**Figura: 21.** Historia de ADELCA  
*Fuente:* (ADELCA, 2013)

El acero de refuerzo que se utilizó en la construcción de la **Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”**, de acuerdo con investigaciones realizadas correspondientes a los años en la que fue construida esta Unidad Educativa, según el Ing. Jorge Carrera Jefe de Laminación de la empresa ADELCA en Quito , “En 1964 ADELCA (Acería del Ecuador) fue la primera empresa que estuvo presente en el Ecuador, la misma que emprendió importando varilla lisa de color negro a este país, de resistencia a la fluencia  $f_y = 2800 \text{ kg/cm}^2$ ”. Por lo tanto, se evidencia que en esas épocas se utilizaba en Cuenca acero de refuerzo de ese valor.

Para la **Unidad Educativa “Nuestra Familia”**, se asume un acero de resistencia a la fluencia  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ , ya que para el año de 1996 en el que fue construida esta Unidad Educativa ya se producía este acero en Ecuador.

#### Acero ASTM A-36

Esta norma se aplica a una gran diversidad de perfiles estructurales laminados en caliente y a placas. Los cuales tienen un  $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$  (250 MPa, 36 klb/plg<sup>2</sup>) y  $F_{yt} = 4080 \text{ kg/cm}^2$  a  $5620 \text{ kg/cm}^2$  (400 a 550 MPa, 58 a 80 klb/plg<sup>2</sup>).

El acero A36 se desarrolló desde hace varios años en Estados Unidos para fabricar estructuras remachadas, atornilladas y soldadas, pero, la mayor parte del acero estructural que se usa en nuestro país se elabora fundiendo acero chatarra en hornos. Con este proceso puede producirse un acero de 50 klb/plg<sup>2</sup>, A992, y alcanzar a casi el mismo precio que el acero A36. Con la innovación de este tipo de acero, las conexiones soldadas empezaron a desplazar a las remachadas que pronto desaparecieron. La denominación A36 fue establecida por la ASTM (American Society for Testing and Materials).

Es usado en construcción predominante de estructuras metálicas, puentes, torres de energía, torres para comunicación y edificaciones remachadas, atornilladas o soldadas, herrajes eléctricos y señalización.

### 1.5.3 Fibrocemento



**Figura: 22.** Plancha de eternit  
**Fuente:** (Ferretería Multicomercio, s.f.)

Teja ondulada para todo tipo de construcción, es un producto compuesto principalmente de cemento y carbonato de calcio con ondas muy pequeñas, livianas y económicas. Poseen gran resistencia, razón por la que no se deforman y no se oxidan ante un clima hostil como la luz del sol o la lluvia manteniendo los ambientes frescos y secos, el peso promedio por unidad de superficie: 12,50 kg/m<sup>2</sup>, espesor mínimo: 5mm, tolerancia en el ancho y largo: 5-10mm, traslapo longitudinal necesario 14 cm, permite luces desde 1,20 m. Según (Archdaily, Teja de Fibrocemento Ondulada), están compuestas por:

Cemento: 60%-70%

Carbonato de Calcio: 15%-25%

Crisotilo: 7%-10%

Celulosa: 0.5%-3%

La colocación de las planchas deberá hacerse siempre avanzando en dirección contraria a los vientos dominantes. La distancia entre correas de apoyo variará según lo recomendado por el fabricante.

#### 1.5.4 Bloque



**Figura: 23.** Bloque liviano  
**Fuente:** (Bloques livianos, s.f.)

Los bloques se elaboran con cemento Portland, áridos finos y gruesos, tales como: arena, grava, piedra partida, granulados volcánicos, piedra pómez, escorias y otros materiales inorgánicos inertes adecuados, según lo anuncia (NTE INEN 638, Bloques de Hormigon Armado, Definiciones, 2014, pág. 2).

“El cemento que se utilice en la elaboración de bloques debe cumplir con los requisitos de la Norma NTE INEN 152.

Los áridos que se utilicen en la elaboración de los bloques deben cumplir con los requisitos de la Norma NTE INEN 872 y, además pasar por un tamiz de abertura nominal de 10 mm.

El agua que se utilice en la elaboración de los bloques debe ser dulce, limpia, de preferencia potable y libre de cantidades apreciables de materiales nocivos como ácidos, álcalis, sales y materias orgánicas.

##### Dimensiones

El espesor de las paredes de los bloques no debe ser menor de 25 mm, en los bloques clase A y B; y de 20 mm en los bloques tipo C, D y E.

La dimensión real de un bloque debe ser tal que, sumada al espesor de la junta, dé una medida modular”.

**Tabla 2.** Dimensiones de los bloques

TIPO	DIMENSIONES NOMINALES (cm)			DIMENSIONES EFECTIVAS (cm)		
	Largo	Ancho	Alto	Largo	Ancho	Alto
A, B	40	20, 15, 10	20	39	19, 14, 09	19
C, D	40	10, 15, 20	20	39	09, 14, 19	19
E	40	10, 15, 20, 25	20	39	09, 14, 19, 24	20

*Fuente:* (NTE INEN 638, Bloques de Hormigón Armado, Definiciones, 2014, pág. 3)

## 1.6 Análisis de Cargas

Es el cálculo de todas las cargas que actúan en la estructura, sean externas o internas, ya que de este análisis depende el diseño de la edificación para que soporte todos los efectos negativos causados tanto de manera natural como un sismo o por su peso propio.

Para ello, una combinación de cargas apta sería ideal como lo recomienda la normativa, con el propósito de evitar cualquier daño a lo largo del tiempo de vida útil de la estructura.

Las cargas que se presentan en una estructura según el tiempo de aplicación son:

- Cargas permanentes
- Cargas variables
- Cargas accidentales

### 1.6.1 Cargas Permanentes

También llamadas cargas muertas o fijas, son las que no varían con el paso del tiempo y están formadas por los pesos de todos los elementos estructurales y todo lo que este formando parte de su estructura de forma permanente, como son:

### 1.6.1.1 Paredes

Las mamposterías de las dos Unidades Educativas son de bloque alivianado de dimensiones 15x20x40 cm, la cual deberá ser calculada el peso propio considerando mortero de confinamiento entre los bloques con relación 3 a 1 entre el agregado fino y el cemento.

El peso unitario del hormigón armado según la norma NEC SE CG es de 2400 Kg/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 3.** Pesos de los materiales

<b>Material</b>	<b>Peso Unitario</b>
Piedras artificiales	kN/m <sup>3</sup>
Hormigón armado	24

*Fuente:* (NEC\_SE\_CG, Cargas y Materiales, Cargas No Sísmicas, 2015)

### 1.6.1.2 Cargas de cubierta

Para la cubierta se tiene materiales como placas de fibrocemento con acero estructural y losa armada, las que están presentes respectivamente en las Unidades Educativas.

### 1.6.1.3 Instalaciones

Los cálculos por instalaciones se identificarán en las tablas más adelante.

### 1.6.1.4 Cargas por cielo raso

Según la normativa vigente NEC SE CG nos proporciona los siguientes datos:

**Tabla 4.** Pesos de los materiales

<b>Material</b>	<b>Peso Unitario</b>
Cielo raso y Cubiertas	kN/m <sup>2</sup>
De mortero de cemento compuesto de cal y arena	0.55
De yeso sobre listones de madera (incluidos los listones)	0.20

*Fuente:* (NEC\_SE\_CG, Cargas y Materiales, Cargas No Sísmicas, 2015)

### 1.6.1.5 Cargas geológicas y otras

Hace referencia al estudio del suelo en donde está asentado el proyecto en cuestión para obtener los resultados que nos garanticen su estabilidad y seguridad.

### 1.6.2 Cargas Variables

Es la carga viva o sobrecarga de uso que tiene la estructura, es la que no está en forma fija ni definitiva como: personas, mobiliario, etc.

#### 1.6.2.1 Cargas por montaje

Son aquellas cargas que se estiman por montaje al momento de la construcción de la edificación o por mantenimiento de acuerdo a la norma, cual se detalla en el siguiente capítulo.

#### 1.6.2.2 Cargas por viento

- Velocidad instantánea máxima del viento

La velocidad de diseño para viento hasta 10 m de altura será la adecuada a la velocidad máxima para la zona de ubicación de la edificación, pero no será menor a 21m/s (75 km/h).

- Velocidad corregida del viento

Según (NEC-SE-CG(Cargas No Sísmicas), 2015, pág. 14) "La velocidad instantánea máxima del viento se multiplicará por un coeficiente de corrección  $\sigma$  que depende de la altura y de las características topográficas y/o de edificación del entorno (nivel de exposición al viento).

$$V_b = V * \sigma$$

Donde:

$V_b$  = Velocidad corregida del viento en m/s

$V$  = Velocidad instantánea máxima del viento en m/s, registrada a 10 m de altura sobre el terreno

$\sigma$  = Coeficiente de corrección

Las características topográficas se reparten en 3 categorías:

- Categoría A (sin obstrucción): edificios frente al mar, zonas rurales o espacios abiertos sin obstáculos topográficos.
- Categoría B (obstrucción baja): edificios en zonas suburbanas con edificación de baja altura, promedio hasta 10m.
- Categoría C (zona edificada): zonas urbanas con edificios de altura.

**Tabla 5.** Coeficiente de corrección de  $\sigma$

Altura (m)	Sin obstrucción (Categoría A)	Obstrucción baja (Categoría B)	Zona edificada (Categoría C)
5	0.91	0.86	0.80
10	1.00	0.90	0.80
20	1.06	0.97	0.88
40	1.14	1.03	0.96
80	1.21	1.14	1.06
150	1.28	1.22	1.15

*Fuente:* (NEC\_SE\_CG, Cargas y Materiales, Cargas No Sísmicas, 2015)

- Cálculo de la presión del viento

Según (NEC-SE-CG(Cargas No Sísmicas), 2015, pág. 15) : “Se considera que la acción del viento actúa como presión sobre los elementos de fachada. Para determinar la resistencia del elemento frente al empuje del viento, se establece una presión de cálculo P, cuyo valor se determinará mediante la siguiente expresión.

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Vb^2 \cdot Ce \cdot Cf$$

Dónde:

P = presión de cálculo expresada en Pa (N/m<sup>2</sup>)

$\rho$  = Densidad del aire expresada en Kg/m<sup>3</sup>(En general, se puede adoptar 1.25 Kg/m<sup>3</sup>)

Ce = coeficiente de entorno/altura

Cf = coeficiente de forma”.

**Tabla 6.** Determinación del factor de forma C1

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	+0.8	
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	+1.5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	+0.7	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los 45°	+0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 a 0	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0.3 a +0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6

**Fuente:** (NEC-SE-CG(Cargas No Sísmicas), 2015)

### 1.6.2.3 Carga por granizo o lluvia

La norma (NEC\_SE\_CG, Cargas y Materiales, Cargas No Sísmicas, 2015) dice lo siguiente: “Se considerará una acumulación del granizo en corto tiempo. Se debe tomar en cuenta para regiones del país con más de 1500 msnm”, por lo tanto, para este proyecto que se

ubica en región sur del Ecuador a 2600 msnm se debe tener presente esta carga, además se debe considerar los tipos de cubierta para poder aumentar esta carga de granizo.

La carga de granizo  $S$  se determinará por la siguiente formulación:

$$S = \rho_s \cdot H_s$$

Dónde:

$\rho_s$  = Peso específico el granizo (1000 kg /m<sup>3</sup>)

$H_s$  = Altura de la acumulación

Según la norma (NEC-SE-CG(Cargas No Sísmicas), 2015, pág. 17) "Para cubiertas con pendientes menores del 15%, se debe considerar una carga de granizo mínima de 0.50 kN/m<sup>2</sup>

Para cubiertas con pendientes menores del 5% se debe considerar una carga de granizo mínima de 1.0 kN/m<sup>2</sup>. En los sitios donde sea necesario considerar la carga de granizo, se adicionará una sobrecarga de 1.0 kN/m<sup>2</sup> en las áreas de los aleros, en un ancho del 10% de la luz libre, medido desde el borde hacia el apoyo y no menor a 1000 mm.

### 1.6.3 Cargas Accidentales

Una carga accidental es aquella que sucede de manera eventual en la vida de una estructura.

Una parte principal en el diseño de una edificación es el análisis de cargas accidentales las que pueden llegar a afectar los elementos responsables de la capacidad de carga de una construcción y su posible colapso, dentro de esta carga se encuentran:

#### 1.6.3.1 Cargas Sísmicas

Para el análisis de una estructura sometida a dicha carga y el efecto que produce la misma, en su modo estático, se procederá según la norma (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015), de acuerdo al lugar de ubicación, zona de riesgo, tipo de suelo, altura del edificio, tipo de material, etc., también se verificará y comprobará el periodo fundamental, el

aporte de la masa total y sus variaciones en sus formas modales, aplicando el programa SAP 2000 v16.0.0 Advanced.

### 1.6.3.2 Otras cargas accidentales

En la presente investigación no se tomará en cuenta otras cargas accidentales como (incendios, choques de vehículos, etc.)

## 1.7 Características de los materiales para el refuerzo (CFRP)



**Figura: 24.** Fibra de Carbono  
*Fuente:* (Sika Peru, s.f.)

### Historia

Según (Tecnología de los Plásticos, 2011), “En 1958, Roger Bacon creó fibras de alto rendimiento de carbono en el Centro Técnico de la Unión Carbide Parma, ahora GrafTech International Holdings, Inc., que se encuentra en las afueras de Cleveland, Ohio. Estas fibras se elaboraban mediante el calentamiento de filamentos de rayón hasta carbonizarlos. Este proceso resultó ser ineficaz, ya que las fibras resultantes contenían sólo un 20% de carbono y tenían malas propiedades de fuerza y de rigidez. En la década de 1960, un proceso desarrollado por Akio Shindo de la Agencia de Ciencia Industrial Avanzada y Tecnología de

Japón, con poliacrilonitrilo (PAN) como materia prima. Este había producido una fibra de carbono que contiene alrededor del 55% de carbono.

El alto potencial de la fibra de carbono fue aprovechado en 1963 en un proceso desarrollado en el Establecimiento Real de aeronaves en Hampshire, Reino Unido. El proceso fue patentado por el Ministerio de Defensa del Reino Unido y luego autorizada a tres empresas británicas: Rolls-Royce, Morganita y Courtaulds. Estas empresas fueron capaces de establecer instalaciones de producción industrial de fibra de carbono. Rolls-Royce se aprovechó de las propiedades del nuevo material para entrar en el mercado americano con motores para aviones.

Por desgracia, Rolls-Royce empujó el estado de la técnica muy lejos y rápido, en el uso de fibra de carbono en las aspas del compresor del motor de aviones, que resultó ser vulnerables a daños por impacto de aves. Lo que parecía un gran triunfo tecnológico en 1968 se convirtió rápidamente en un desastre. De hecho, los problemas de Rolls-Royce se hizo tan grande que la empresa fue nacionalizada por el gobierno británico en 1971 y la planta de producción de fibra de carbono fue vendida a la forma “Bristol composites”.

Dado el limitado mercado para un producto muy caro, de calidad variable, Morganite también decidió que la producción de fibra de carbono era periférica respecto a su negocio principal, dejando Courtaulds como el único fabricante grande del Reino Unido. Esta compañía continuó la fabricación de fibras de carbono, con el desarrollo de dos mercados principales: el aeroespacial y de equipamiento deportivo. La velocidad de la producción y la calidad del producto se han mejorado desde entonces.

Durante la década de 1970, los trabajos experimentales para encontrar materias primas alternativas llevaron a la introducción de fibras de carbono a partir de una brea de petróleo derivadas de la transformación del petróleo. Estas fibras contenían alrededor de 85% de carbono y tenía una excelente resistencia a la flexión”.

## Síntesis

“La fibra de carbono es un material compuesto por un 95% de carbono y un 5% por otros componentes, cuya materia precursora es el PAN (poliacrilonitrilo), que es sometida a diferentes procedimientos de transformación: Estirado (orientación), oxidación, carbonatación y grafitización”, según (Beltran Riveros, 2011).

Esta fibra de carbono se obtiene al calentar a temperaturas altas incluso a 1500 °C un polímero llamado poliacrilonitrilo, debido a esto se le conoce como fibras de carbono o CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer).

Las propiedades de las fibras de carbono se alteran de acuerdo a los hilos de carbono, que se le carguen al combinado.

### VENTAJAS EN GENERAL DE LOS SISTEMAS CFRP

Las ventajas de este sistema para reforzar estructuras son las siguientes:

- Su peso es mínimo, por lo que su carga muerta adicional es muy baja.
- Es anticorrosivo, resistente a cambios bruscos de temperatura, e incluso al fuego.
- Es de fácil mantenimiento.
- Su instalación es muy rápida, ahorrando así tiempo y dinero.
- Al ser reforzado el elemento, su sección geométrica aumenta en un mínimo.
- Poseen una ductilidad menor al 1%, por lo tanto, se acomoda a diferentes formas de los elementos
- Su elasticidad varía desde 240 hasta 400 GPa.
- Tienen resistencia 3 veces mayor que la del acero.
- La densidad es muy baja.

“Se puede obtener dos tipos de fibra: Fibras HR (Alta resistencia) y fibras HM (Alto modulo), y se encuentran disponibles en diferentes presentaciones: Mechas (500-100.000 Filamentos), tejidos (unidireccionales y multidireccionales), tejidos híbridos (Vidrio-Carbono) y pre-impregnados con epoxico” y también en forma de platinas o láminas de diferente espesor y ancho, según (Beltran Riveros, 2011).

“Los sistemas de reforzamiento con materiales fabricados con fibras de carbono es un tipo de sistema de reforzamiento estructural que se está usando en todo el mundo, aunque su aplicación en nuestro medio es reciente, hace más de 30 años se viene aplicando en la industria aeroespacial y manufacturera de productos de bajo peso, alta resistencia a la tensión y anti-corrosivos, presentando innumerables ventajas en el campo de la construcción”, según (Flores Tantaleán, Reforzando Edificaciones con Fibras de Carbono).

#### COMO FUNCIONA EL SISTEMA CFRP

Según, (Flores Tantaleán, Reforzando Edificaciones con Fibras de Carbono), “El sistema CFRP funciona bien solo cuando se asegura una adecuada adherencia a la cara de concreto. Bajo condiciones ambientales severas, la superficie del concreto puede representar un contacto muy débil en el proceso de reforzamiento y hay que tener un especial cuidado en esto. Dos factores importantes en el proceso de reforzamiento son la mano de obra especializada en su uso y aplicación y en control de calidad de la superficie a reparar. Otros factores también importantes son:

- Resistencia a la tracción de la superficie del concreto.
- Uniformidad y espesor de la capa de adhesivo.
- Resistencia y perfecta reacción química del sistema epoxico de adhesión.
- Geometría del elemento a reforzar.

- Condiciones ambientales en el momento de la aplicación.
- Antes de colocar este sistema, se tiene que arreglar el área a reforzar tratando grietas, imperfecciones y limpiando o arenando el acero de refuerzo si este presenta óxido, ya que el sistema CFRP no está creado para soportar enormes fuerzas expansivas que se dan por la corrosión del acero de refuerzo”.

Para este estudio se utilizará productos que son distribuidos en nuestro país por la empresa Sika Ecuatoriana S.A como: SikaWrap 600 C y el pegante Sikadur 300.

**SikaWrap 600 C**, según (Rosero Landeta, 2013), “Es un tejido de fibras de carbono unidireccionales, de alta resistencia y alto módulo. El material es saturado en obra usando el sistema epoxico y es colocado en capas para conformar un sistema de CFRP, usado para el reforzamiento de elementos estructurales. Los tejidos a base de fibra de carbono tienen entre el 95 y el 98% de las fibras en dirección longitudinal y entre el 2 y 5% en dirección transversal para lograr el cosido e impedir el deshilado de las otras fibras. Tienen un espesor entre 0.3 a 1mm con un gramaje de 200 a 800 g/m<sup>3</sup> con anchos entre 30 y 60 cm, vienen en rollos de 40 a 100m de longitud. Para adherir al hormigón se utiliza resinas epoxi fluidas, para permitir a la resina penetrar entre sus fibras del tejido, impregnarlas, mojarlas y formar el material compuesto”.

Los sistemas SikaWrap 600 C, según (Sika, SikaWrap 600 C, 2014), “Es una tela de fibra de carbono cosida unidireccionalmente, para procesos de aplicación en húmedo.

## USOS

- Reforzamiento de estructuras de hormigón armado, ladrillo y madera para aumentar la capacidad de flexión y de carga.

- Prevención de defectos causados por la acción sísmica.
- Mitigación de explosiones (accidentes o terrorismo).
- Mejorar el desempeño sísmico en muros de mampostería.
- Sustituto de varillas faltantes.
- Refuerzo y ductilidad de columnas.
- Aumentar la capacidad de carga de elementos estructurales.
- Cambios de utilización de la construcción (estructura).
- Defectos de construcción del diseño estructural.
- Mejor servicio.
- Mejoramientos estructurales para cumplir con las normas vigentes.
- Reparación y protección de ductos en refinerías, petroleras e industria (consultar al departamento técnico para definir la resina adecuada).

## VENTAJAS

- Fabricado con fibras de la urdiembre para mantener la estructura estable (proceso de calor).
- Uso multifuncional para cada tipo de requisito de reforzamiento.
- Flexibilidad de la superficie geométrica (vigas, columnas, chimeneas, pilas, muros, silos).
- Aprobaciones disponibles en varios países.
- Baja densidad, mínimo peso adicional.
- Económicas en comparación con las técnicas tradicionales.

Entre las características y propiedades mecánicas del tejido se encuentran:

- Resistencia a tensión = 3800 N/mm<sup>2</sup>.

- Módulo de tensión = 242 000 N/mm<sup>2</sup>.
- Elongación = >1,55 %.
- Espesor = 1,4 mm por capa (impregnado con Sikadur-300).
- Peso/área: 610 g/m<sup>2</sup> + 20 g/m<sup>2</sup>.
- Espesor de diseño de la tela: 0.337 mm (basado en contenido de fibra).
- Densidad = 1,81 g/cm<sup>3</sup>.
- Ancho= 50mm.
- Longitud= Rollos de 500 m.
- Carga máxima: 1000 kN/m de ancho por capa (al típico espesor de lámina de 1,4 mm).
- E-módulo de tracción: 48,0 kN/mm<sup>2</sup> (basado en típico espesor de 1,4 mm).
- Presión de diseño: Max. 0,75% (este valor depende del tipo de carga y debe ser adaptado de acuerdo con las normas de diseño locales pertinentes).
- Resistencia a la tracción: (tracción teórica para el diseño):
  - Elongación 0,4%: 270 de kN/m de ancho (= 80 kN / 30 cm)
  - Elongación 0,6%: 400 de kN/m de ancho (= 120 kN / 30 cm)”.

**Sikadur 300, según** (Sika, Sikadur 300, 2015), “Es una Resina epoxi para impregnación de refuerzos SikaWrap.

#### VENTAJAS

- Largo tiempo de vida (pot-life).
- Largo tiempo abierto después de colocado.
- Fácil de mezclar.
- Adhesivo de alta resistencia y alto módulo.

- Excelente adherencia a la mayoría de los sustratos.

Entre las características y propiedades mecánicas del tejido se encuentran:

- Resistencia a tensión = 45 N/mm<sup>2</sup> (7 días a +23°C).
- Resistencia Adhesiva: Rotura del hormigón (> 4 N/mm<sup>2</sup>) sobre sustrato arenado: > 3 días.
- Módulo de Elasticidad a la Flexión: 2.800 N/mm<sup>2</sup> (7 días a +23°C)
- Módulo de Elasticidad a la Tracción: 3.500 N/mm<sup>2</sup> (7 días a +23°C)
- Elongación a ruptura = 1,5 % (7 días a +23°C) .

Se debe tener presente que para garantizar la efectividad de los CFRP depende de la habilidad y práctica del técnico que va a realizar este trabajo para obtener una completa adherencia de este producto en el material de la estructura a reforzar, además la dificultad de conseguir códigos y normas que estandaricen su uso es otro problema en nuestro medio.

1.8 Geomorfología local del asentamiento



**Figura: 25.** Geología local de las dos Unidades Educativas estudiadas  
*Fuente:* (Carta geológica Cuenca PSAD56\_Z17S)

### 1.8.1 Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Según las coordenadas 721699,6311W y 9680861,998S y la ubicación en el mapa geológico, pertenece a la época pleistoceno y contiene partes de un depósito de arcillas varvadas, el cual ocurre en este sector de la ciudad.

Según ( Cuñez Uvidia, 2015).“Las arcillas varvadas son de origen lacustre. Un depósito de arcillas, limos y limolitas finamente estratificados de color habano claro a habano oscuro, oxidados y fragmentados se ubican al norte del cantón Cuenca, la estratificación que presenta es de origen estacional. Con respecto al comportamiento geotécnico, estas arcillas son sensibles a la saturación y al remoldeo, en estado seco este suelo tiene una tendencia de mediana a baja consistencia. Además, presenta baja resistencia al corte paralelamente a la estratificación y en estado húmedo. Son depósitos incompetentes y presentan alta expansibilidad. El rango de susceptibilidad al movimiento del suelo se encuentra entre mediano y alto.

En estado seco es quebradizo y colapsable en pendientes bajas a moderadas, en estado saturado y con sobrecarga. Para cimentaciones se recomienda reemplazo de suelos, para muros de contención control de drenaje superficial y subterráneo”.

### 1.8.2 Unidad Educativa Particular Bilingüe “Nuestra Familia”

Según las coordenadas 720842,0477W y 9678012,45S y la ubicación en el mapa geológico pertenece a la época holoceno y contiene depósitos aluviales.

Los depósitos aluviales son la depositación o concentración mecánica fluvial que se realiza cuando el gradiente del río disminuye la corriente rápidamente, así las rocas más pesadas van al fondo, o también puede suceder cuando una corriente muy rápida desemboca en una corriente más lenta. Por lo cual los aluviones disminuyen de tamaño desde el fondo hacia la superficie y su extensión es grande con forma levemente tabular (mantiforme).

Los depósitos de esta clase pueden ser recientes, pero también puede haber antiguos con depósitos muy grandes debido a los largos tiempos de acumulación, que simbolizan un reto especial y cada vez más importante en la exploración de minerales.

### **1.9 Historia sísmica en la región**

Los sismos más peligrosos son originados de manera principal por el desplazamiento relativo y repentino entre dos zonas de la corteza terrestre y en aquellos lugares donde se localizan fallas de importancia o bien desplazamientos entre placas tectónicas.

El Ecuador está localizado dentro del sistema montañoso de los Andes que por su estructura geológica forma parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, también conocido como Cinturón Circumpacífico, que surge como consecuencia del choque entre las placas de Nazca y la Continental.

El cual es una zona terrestre de alta sismicidad y se caracteriza por concentrar algunas de las zonas de subducción más importantes del mundo, lo que ocasiona una gran actividad sísmica y volcánica muy vulnerable y de alto riesgo en las zonas que está rodeada.

Registros sísmicos con mayor intensidad y que provocan daños, según el Instituto Geofísico del Ecuador:

- Junio, 1698

“Desde Cotopaxi a Azuay. Muertos: en Ambato, más de 3.000; Latacunga, unos 2.000; en otros pueblos de esas jurisdicciones, unos 1.500; en Patate hubo 200 y en Riobamba, 100. Según algunos autores, el número de víctimas ascendió a 8.000”, según (El Universo, 2010).

- 4 de febrero, 1797

“Destrucción total de Riobamba. Tuvo una magnitud de 8,3. El terremoto más destructivo en suelo ecuatoriano y uno de los de mayor magnitud en toda su historia. Daños en Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi, Bolívar y Pichincha. Se modificó el paisaje por las

grietas, hundimientos y cambió del curso de los ríos. Muertos contabilizados: 12.833, pero se estima que la cifra sería de 31.000”, según (El Universo, 2010).

- 31 de Enero, 1906

“Terremoto-tsunami con epicentro en el Pacífico, frente a las costas de la frontera Ecuador-Colombia. Este sismo, 8,8 por su magnitud, es el quinto más fuerte que se ha registrado en el mundo, desde que existen los sismógrafos. En Limones desaparecieron bajo las aguas cuatro islas. Treinta muertos en Esmeraldas. Las olas arrojaron a la costa de Tumaco (Colombia) unos 90 cadáveres”, según (El Universo, 2010).

Se dice que este fue uno de los más fuertes en Esmeraldas. Este es el reporte que se tiene en Ecuador sobre potentes terremotos.

- 23 de Septiembre, 1911

“Violento sismo, causó que el 90% de edificios y casas fueran afectadas en varios cantones de la provincia de el Chimborazo”, según (Maldonado Changoluisa, 2014).

- 23 de Febrero, 1913

“Terremoto en el sur del país con destrucción total de algunas viviendas en las provincias de el Oro, Loja y Azuay y daños graves en el Guayas”, Según (Maldonado Changoluisa, 2014).

- 31 de Mayo, 1914

“Movimiento sísmico impulsivo en la provincia de Pichincha y sentido en Cuenca e Ibarra”, según (Maldonado Changoluisa, 2014).

- 16 de Diciembre, 1923

“Terremoto en la provincia del Carchi, cerca de 300 muertos y muchas casas destruidas”, según (Maldonado Changoluisa, 2014).

- 14 de Mayo, 1942

“Terremoto que afectó a las provincias de Manabí, Guayas, Los Ríos, Esmeraldas, Bolívar e Imbabura”, según (Maldonado Changoluisa, 2014).

- 5 de agosto, 1949

“Terremoto en Tungurahua de 6,8 grados, con epicentro en Ambato. Pelileo desapareció toda. Píllaro, un 90%; Guano (Chimborazo), un 80%; Ambato, 75%. Área afectada: 1.920 km<sup>2</sup>. Muertos: 6.000 (aproximado). Personas sin hogar: 100.000, aproximadamente”, según (El Universo, 2010).

- 19 de Enero, 1958

Terremoto destructivo en Esmeraldas, sentido hasta la provincia de Imbabura y el departamento de Nariño, Colombia.

- 8 de Abril, 1961

Terremoto de 7 grados, afecta a Chimborazo.

- 19 de Mayo, 1964

Terremoto de escala 8, afecta a Manabí.

- 5 de Marzo, 1987

Epicentro en Napo, escala de 6,9 grados. Con serios daños en Sucumbíos, Imbabura, Pichincha y el este de Carchi.

- 2 de Octubre, 1995

Terremoto de 6,9 grados en la escala de Richter, en la provincia de Morona Santiago.

- 4 de agosto, 1998

Terremoto de 7,1 grados en la escala de Richter, con epicentro en Bahía de Caráquez, provincia de Manabí.

- 16 de Abril, 2016

Terremoto de 7,8 grados en la escala de Richter, con epicentro entre las parroquias de Pedernales y Cojimies del Cantón Pedernales, según el INSTITUTO GEOFISICO EPN, 2016; este sismo deja 671 pérdidas humanas y un aproximado de 3,344 millones de dólares para construir de las zonas que han sido afectadas y con miles de réplicas de terremoto.

Las ondas sísmicas llegaron al suroccidente de Colombia, que fueron sentidas en algunas ciudades del país como Cali, Pasto, Popayán y Neiva; y a la frontera norte de Perú, en Tumbes, Piura, Cajamarca, Lambayeque y Amazonas.

### **1.10 Análisis sismo –resistente**

Una edificación es conocida como sismo resistente cuando está diseñada y construida con una correcta disposición estructural, con materiales de proporciones y resistencias adecuadas para soportar la acción de fuerzas que son producidas por sismos continuos.

Aunque se diseñe y construya una edificación siguiendo rigurosamente con las solicitaciones que especifiquen las normas de diseño y construcción sismo resistente, existe la probabilidad que ocurra un terremoto más fuerte del que se espera y que debe ser soportado por la edificación sin daños graves. Por esta razón se puede decir que no existen construcciones absolutamente sismo-resistentes.

No obstante, la sismo resistencia es una propiedad o capacidad que se le brinda a la construcción para proteger las vidas sobretodo, como también los bienes de las personas por las que están habitadas.

Si bien, existen daños en el caso de un sismo muy fuerte, una edificación que esté diseñada bajo los parámetros sismo resistentes no colapsará y este análisis a su vez beneficiará a que no exista pérdida de vidas y destrucción total de la construcción.

“El costo extra que se incrementa al aplicar un diseño con las normas de sismo-resistencia es pequeño, siempre y cuando se lo realice correctamente pero sobretodo que esté

absolutamente justificado, debido a la seguridad que esta edificación prestará para las personas en caso de presentarse un evento extremo como lo es un terremoto”, según (Maldonado Changoluisa, 2014, págs. 10, 11).

El objetivo principal del análisis del diseño sismo-resistente se basa en:

- Salvar a como dé lugar la vida de las personas.
- Abastecer a la comunidad con todos los servicios básicos.
- Disminuir en todo lo posible los daños ocasionados por sismos.

El Diseño Basado en las Fuerzas (BDF), según presenta:

#### 1.10.1 Procedimientos estáticos

Está en función del factor de zona (Z) y otros parámetros como los factores de suelo, tipo de edificación, etc., se determina el espectro en aceleración y el cortante Basal.

#### 1.10.2 Procedimientos dinámicos

El diseñador podrá utilizar los 2 siguientes métodos:

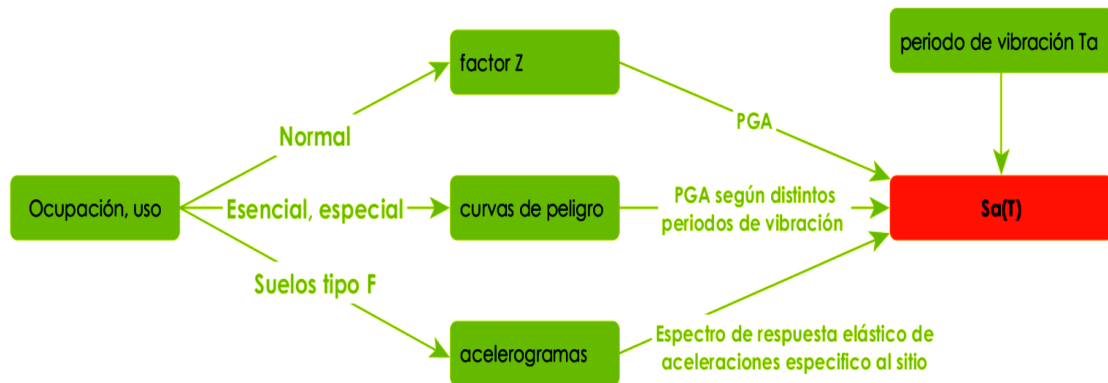
- Análisis dinámico espectral

Utiliza el espectro sísmico de la respuesta descrita en la norma NEC\_SE\_DS, se aplicará este método para estructuras de ocupación especial, utilizado en este estudio por tratarse de edificaciones que son utilizadas como centros educativos.

- Análisis paso a paso en el tiempo

Utiliza acelero gramas para el sitio específico, que es característico de la realidad, se utilizará este método para estructuras cuyo suelo del sitio de ubicación es de tipo F, el cual es un suelo especial que presenta particularidades en su comportamiento mecánico y, por tanto,

requieren estudios geotécnicos especiales. Como ejemplo de este tipo de materiales se pueden citar: suelos licuables, suelos colapsables, suelos orgánicos, suelos sensitivos, turbas, entre otros.



**Figura: 26.** Resumen de los procedimientos Sismo-Resistente  
*Fuente:* (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015)

### 1.11 Causas de colapso en edificaciones semejantes



**Figura: 27.** Colapso de una edificación  
*Fuente:* (El Telegrafo, 2016)

Un terremoto puede causar el colapso de una estructura, principalmente en zonas del mundo donde no existen estudios antisísmicos, pero no siempre eventos extremos como los movimientos telúricos son el origen de los derrumbamientos. Construcciones poco adecuadas

o bien, equivocaciones e imprudencias del personal a cargo de construir las edificaciones pueden ser también los causantes.

Los principales factores que inciden sobre la vulnerabilidad estructural de las instituciones educativas, según (Saenz Campos), “son:

1. La necesidad de acciones de mantenimiento de la infraestructura física

El mantenimiento de la infraestructura física educativa, se conoce como el conjunto de las actividades técnicas y administrativas efectuadas en forma habitual y sistemática por parte de las comunidades educativas, con el propósito de conservar al máximo las características de seguridad y funcionalidad adecuadas de estos centros, con el correspondiente aumento de su vida útil. Para el mantenimiento que se necesita desarrollar en cualquier institución se clasifica en tres tipos:

- Mantenimiento Recurrente

Es el conjunto de las tareas cotidianas de limpieza, ordenamiento y protección de la infraestructura física.

- Mantenimiento Preventivo

Pertenece al conjunto de acciones aplicables a la infraestructura física con el fin de conservarla tan parecida a su estado original y retrasar al máximo su deterioro.

- Mantenimiento Correctivo

Hace referencia al grupo de actividades que se necesitan para la reparación y reconstrucción de la infraestructura física que hayan ocurrido por falta de mantenimiento preventivo o por deterioro normal.

2. Problemas relacionados con la ubicación de las estructuras

La ubicación de las estructuras condiciona su vulnerabilidad por los siguientes factores:

- Ubicación de la estructura en un terreno que por razones geológicas o hidrológicas resulta ser inadecuado.
- Los problemas geológicos locales más comunes se presentan cuando un centro educativo se asienta en un lugar que es susceptible a deslizamiento y derrumbes de tierras por estar ubicados cerca de ríos o quebradas.

### 3. Características naturales del suelo

Las características naturales del suelo son un factor fundamental en la vulnerabilidad ante los sismos, los principales efectos adversos que se pueden presentar en los suelos ante un sismo es la ampliación de las ondas sísmicas por la presencia de profundos mantos arcillosos y la licuefacción de arenas finas y saturadas. Cuando un suelo presenta licuefacción actúa como un fluido viscoso el cual hace que pierda capacidad de soporte y por ende se hunde, otros efectos adversos son las propiedades mecánicas como el cambio volumétrico de los suelos arcillosos y los asentamientos en los suelos mal consolidados.

### 4. Características de configuración en el diseño

La configuración de una edificación se relaciona con la forma espacial del mismo de acuerdo con el tipo, la disposición, la fragmentación, la resistencia y la geometría de los diferentes elementos estructurales. Los principales problemas de configuración de las estructuras se clasifican en:

- Longitud horizontal de la estructura.

El movimiento ondulatorio que causa un sismo hace que la excitación que ejerce en un punto de apoyo, una estructura de una edificación larga es diferente al que actúan en otro lugar de la cimentación, lo cual incrementa las deformaciones y los esfuerzos en esa estructura.

- Susceptibilidad a la torsión.

Se conoce como el giro en el plano horizontal de una estructura con respecto a sus apoyos, lo que causa una deformación física del elemento, dependiendo del grado de torsión se va a reflejar los daños de la estructura e incluso el colapso total de la misma. Este inconveniente es debido primordialmente a la excentricidad entre el centro de masa de la estructura, sobre la cual se concentrarán los efectos de las fuerzas horizontales, y la configuración de la rigidez, la cual es conocida como torsión elástica. Este problema en las edificaciones educativas contemporáneas no es significativo cuando existe uniformidad en los elementos estructurales y muros de cerramiento, pero si es notable cuando exista diferencia. Por ejemplo, cuando una pared es de madera va a ser liviana y flexible, mientras que otra de concreto va a ser más rígida y pesada.

- Grado de redundancia.

Se refiere a la distribución de cargas a las que está sujeta en la mayor cantidad concebible de los elementos estructurales, es conveniente que la resistencia sísmica de la estructura no dependa principal o totalmente de unos pocos elementos, los que al fallar puedan provocar el parcial o total colapso.

La mayoría de las edificaciones educativas contemporáneas poseen un aceptable grado de redundancia estructural, dado que cuentan con varios elementos estructurales, cuyo número varía de acuerdo al tipo de construcción distribuidos simétricamente.

- Flexibilidad.

Es la capacidad de moverse ante la acción de cargas sin que necesariamente llegue a fallar por falta de resistencia.

Las edificaciones educativas con elementos prefabricados y en especial metálicos, al ser livianos y de poca altura, en general han tenido un comportamiento adecuado ante los sismos intensos cuando los elementos de cerramiento han sido a su vez flexibles.

#### 5. Incompatibilidad estructural entre elementos flexibles y rígidos.

Esta se presenta cuando existen diferencias entre los mismos elementos estructurales, y entre estos y los elementos de cerramientos, lo cual puede causar un comportamiento inadecuado de respuesta ante los sismos, es decir la construcción de estructuras mixtas debe ser evitada, por ejemplo, aulas con estructuras metálicas que son flexibles, con cerramientos de mampostería de bloques de concreto que son rígidos.

#### 6. Cambios de la forma de una edificación en planta.

Al cambiar una edificación continua sus dimensiones en planta como el ancho del inmueble, o la dirección del eje principal creando formas de edificios en 'L' o 'T', etc. Se producen concentraciones de esfuerzos en esas zonas, razón por la cual se recomienda hacer que tales cambios sean graduales o segmentar la edificación y colocar juntas para que durante un sismo puedan moverse los bloques independientemente.

#### 7. Concentraciones verticales de masas (tiende al volcamiento).

Las aceleraciones de respuesta de una edificación ante un sismo aumentan con la altura del mismo, razón por la cual se recomienda concentrar los elementos no estructurales pesados cerca del suelo para reducir el efecto de volcamiento y los esfuerzos a lo que están sometidos los elementos de la estructura.

#### 8. Columnas y pisos débiles

Esta dificultad se encuentra en edificaciones de varios pisos.

La debilidad se debe a que su resistencia sea menor al que de las vigas que se apoyan sobre él.

## 9. Deficiencias constructivas

Hay muchas razones que se encuentran dentro de este parámetro por las cuales un edificio puede desmoronarse. Pero los más importantes, según (La Opinión, 2016), “son:

- Los materiales no son resistentes

Puede suceder que los materiales que se utilizan en las obras no sean lo suficientemente resistentes para contener la carga, o usan la cantidad de hormigón para soportar la carga de un edificio de una sola planta, y la construcción termina siendo de cuatro niveles.

- Los trabajadores cometen errores

Incluso cuando a los trabajadores se les dan los materiales adecuados para hacer el hormigón, es posible que los mezclen de forma incorrecta. Esto resulta en un concreto que no es lo suficientemente resistente para sostener el peso. Puede suceder que los contratistas emplean a trabajadores no calificados porque son más baratos y de esta manera ahorran dinero, o también los obreros entienden mal las proporciones de mezcla del concreto y usan carretillas en lugar de los medidores adecuados para calcular la cantidad de cemento.

- La carga es más pesada

Un edificio puede derrumbarse cuando el peso que lleva dentro es mayor que el que puede soportar el edificio. Por ejemplo, si una construcción fue diseñada para ser una vivienda y luego se convierte en una biblioteca, con cajas y cajas de libros que se apilan, el inmueble puede colapsar por el excesivo peso, otra razón por la que la carga es a menudo más pesada que lo calculado en el diseño original es porque se agregan plantas al edificio”.

## **2 CAPITULO: LEVANTAMIENTO, IDEALIZACION Y MODELADO DE LAS PROPUESTAS EN ESTUDIO**

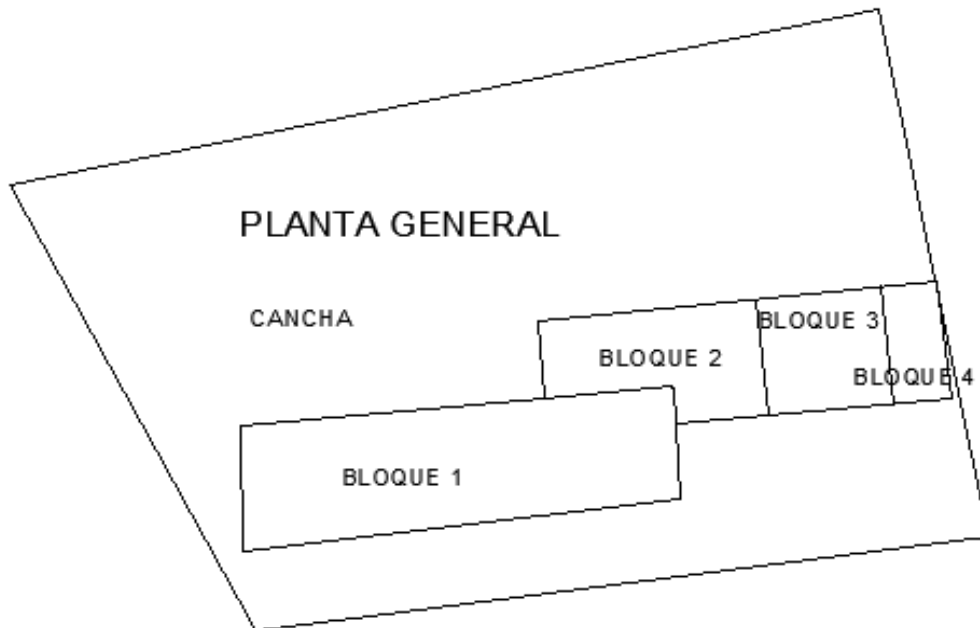
### **2.1 Levantamiento y digitalización de las Unidades Educativas**

Al proceso de recolectar información y generar los planos de una edificación con todos los detalles y medidas exactas, se le llama levantamiento planimétrico, el cual es realizado por un profesional en la construcción.

Se compone de dos partes fundamentales como son:

- **Campo:** Se realiza en el lugar en donde se encuentra ubicada la construcción, la cual consta en revisar los instrumentos para un manejo correcto con el fin de obtener las medidas adecuadas al realizar el borrador del proyecto a levantar, con la ayuda de:  
  
Papel  
  
Lápiz  
  
Regla  
  
Cinta métrica  
  
Distanciómetro
- **Oficina:** Consiste en subir todos los datos que han sido obtenidos en campo a programas informáticos, en este caso se utilizaron: AutoCAD Civil 3D y Sap2000, los cuales son de ayuda para disponer de gráficos exactos a la realidad.

2.1.1 Levantamiento y digitalización de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

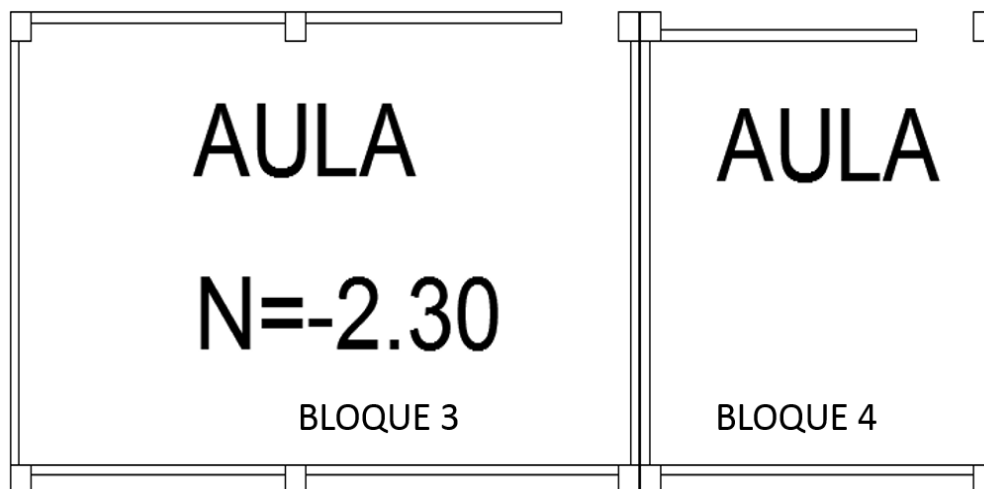


**Figura: 28.** Levantamiento Planimétrico de la Planta General de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

*Fuente:* AutoCAD Civil 3D

Planta en Subterráneo

La planta en subterráneo está ubicada en el nivel  $N = -2.30\text{m}$  está conformada por 2 aulas, la misma que forma parte de los bloques 3 y 4, los cuales están separados entre sí por una junta de dilatación de 5cm.

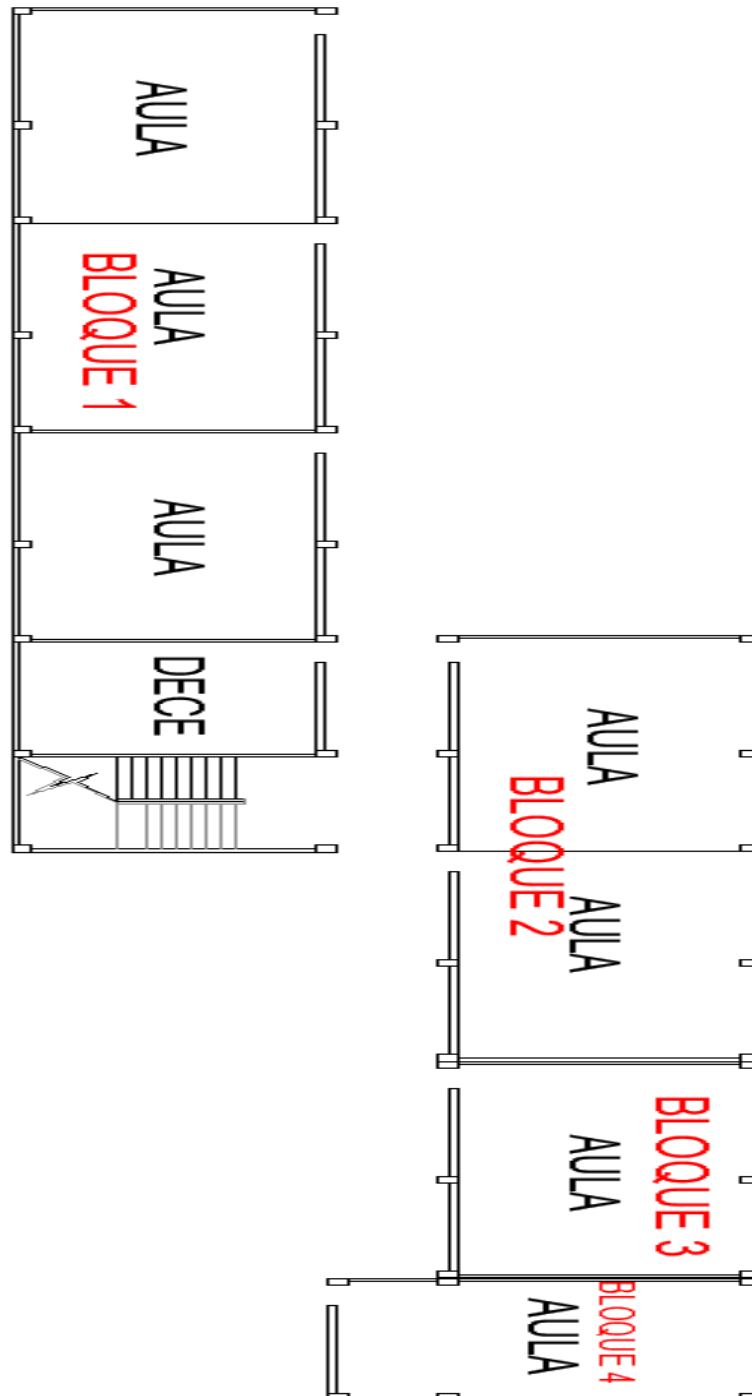


**Figura: 29.** Levantamiento planimétrico de la Planta en Subterráneo de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

*Fuente:* AutoCAD Civil 3D

- Planta baja

La planta baja está conformada por 7 aulas, 1 aula de apoyo estudiantil (DECE) y las gradas de ingreso a la segunda planta, al igual su separación entre bloques está dada por una junta de dilatación de 2cm.

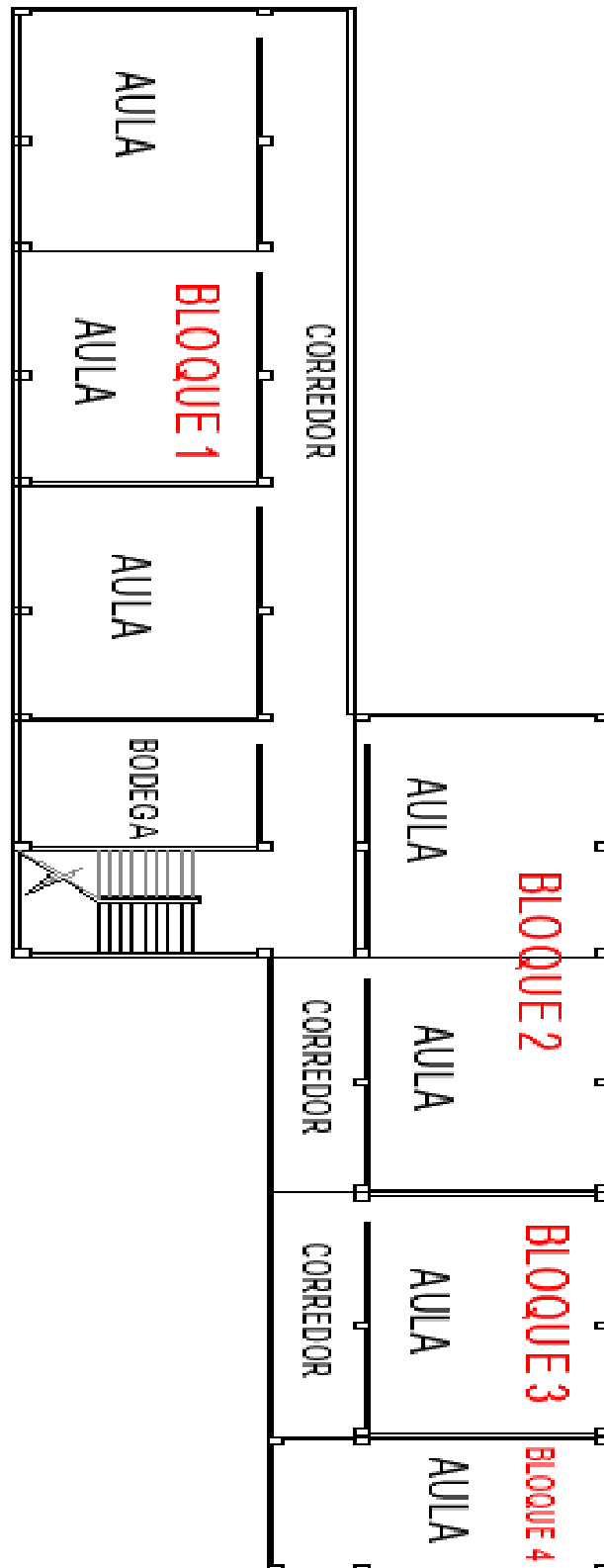


**Figura: 30.** Levantamiento planimétrico de la Planta Baja de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

*Fuente:* Autor

- Planta Alta

La planta alta está conformada por 7 aulas, 1 bodega, y un corredor.



**Figura: 31.** Levantamiento planimétrico de la Planta Baja de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

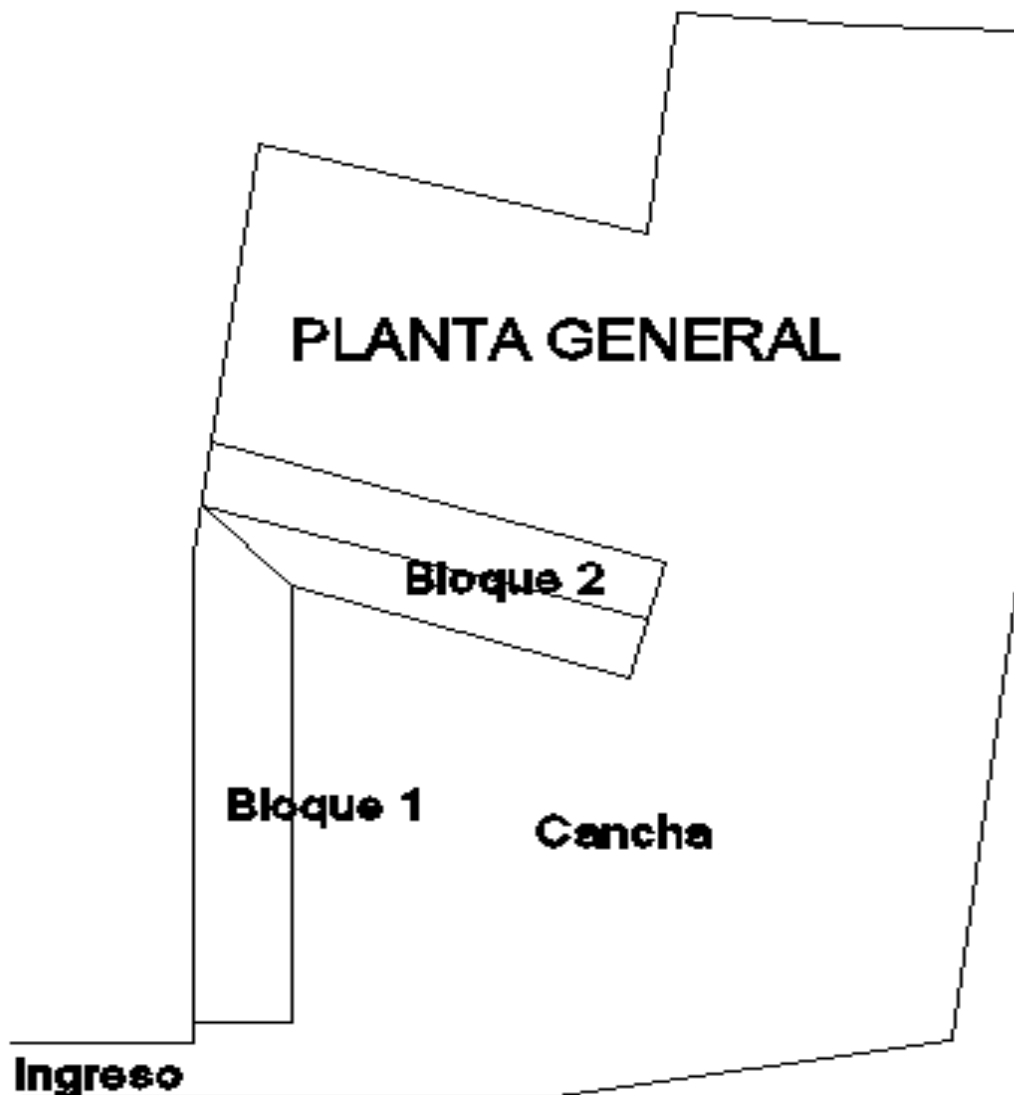
*Fuente:* Autor

Los baños y las oficinas de los docentes se encuentran ubicados en la parte de afuera por lo que no se consideran dentro de la estructura a estudiar.

**ANEXO 2.** LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO DE LA PLANTA BAJA DE LA UNIDAD EDUCATIVA “ALBERTO ANDRADE ARÍZAGA, BRUMMEL”.

**ANEXO 3.** LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO DE LA PLANTA ALTA DE LA UNIDAD EDUCATIVA “ALBERTO ANDRADE ARÍZAGA, BRUMMEL”.

### 2.1.2 Levantamiento y digitalización de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”



**Figura: 32.** Levantamiento Planimétrico de la Planta General de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”  
*Fuente:* AutoCAD Civil 3D

- Planta baja

La planta baja está conformada por 5 aulas, 1 biblioteca, baños para hombres y mujeres, 1 sala de cómputo y 1 aula de apoyo estudiantil.

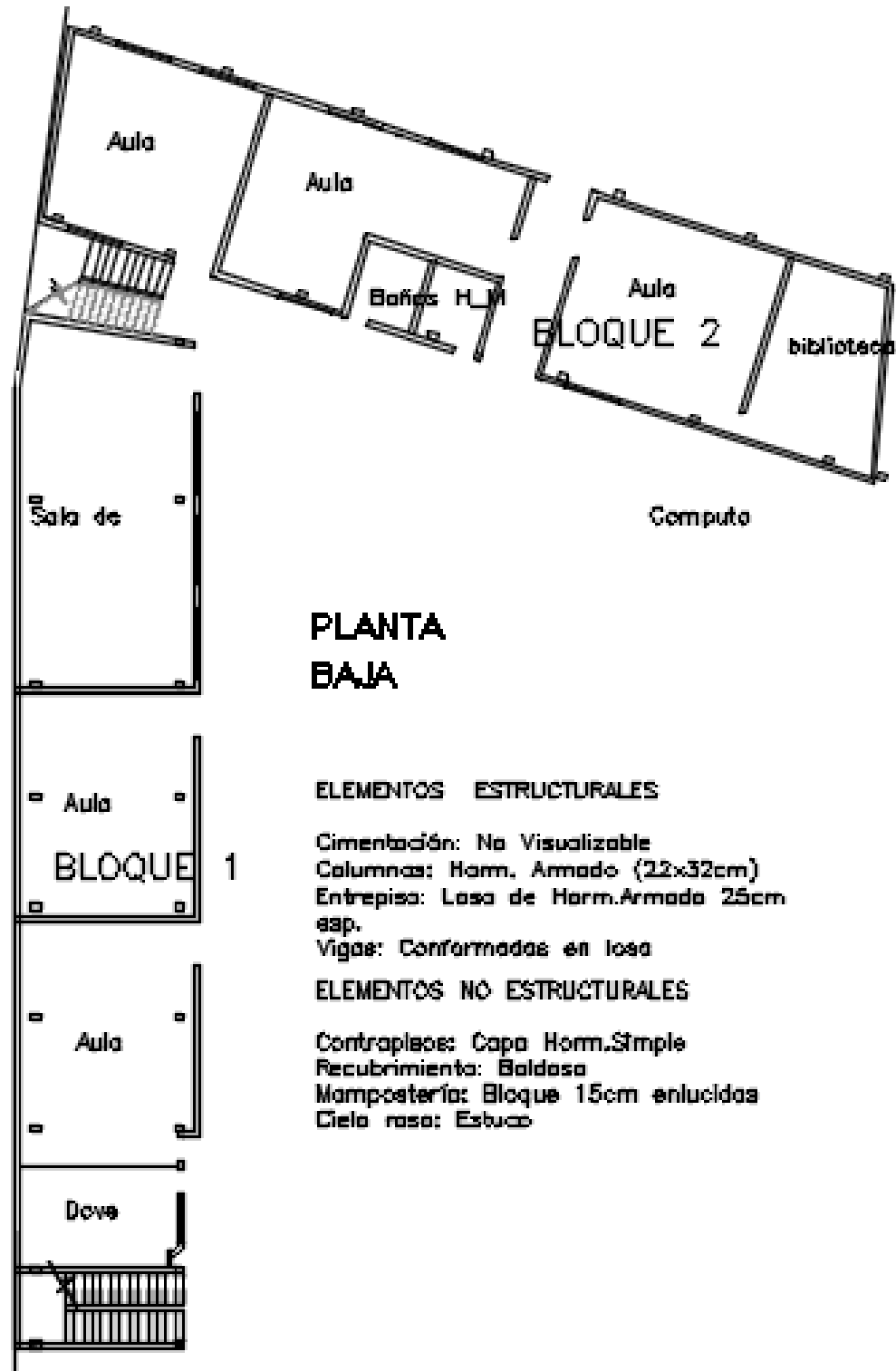


Figura: 33. Levantamiento planimétrico de la Planta Baja de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Fuente: AutoCAD Civil 3D

- Planta Alta

La planta baja está conformada por 5 aulas, baños para hombres y mujeres, y un corredor.

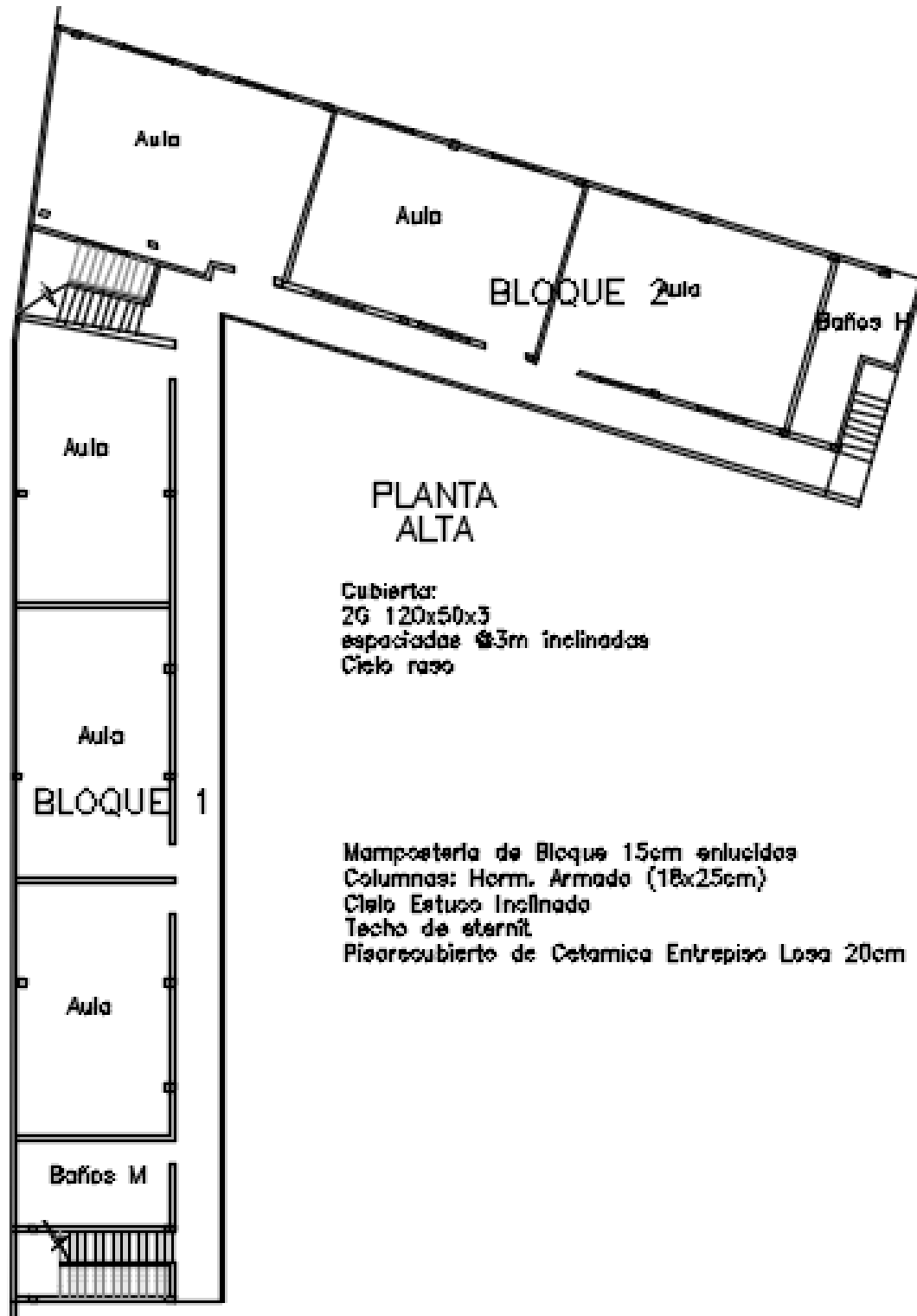


Figura: 34. Levantamiento planimétrico de la Planta Alta de la Unidad Educativa "Nuestra Familia"

Fuente: AutoCAD Civil 3D

Las oficinas de los docentes, se encuentran ubicados en la parte de afuera por lo que no se consideran dentro de la estructura a estudiar

**ANEXO 4.** LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO DE LA PLANTA BAJA DE LA UNIDAD EDUCATIVA “NUESTRA FAMILIA”.

**ANEXO 5.** LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO DE LA PLANTA BAJA DE LA UNIDAD EDUCATIVA “NUESTRA FAMILIA”.

## **2.2 Idealización de las infraestructuras estudiadas**

El software de ayuda SAP 2000 v16.0.0 Advanced para realizar el modelamiento de las dos Unidades Educativas planteadas requiere idealizaciones que deben estar establecidos de acuerdo a los centros de gravedad de cada elemento conformante, el cual se realizó con ayuda del programa AutoCAD Civil 3D, para luego poder exportar al Sap2000 cada modelo idealizado.

### **2.2.1 Modelo matemático de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”**

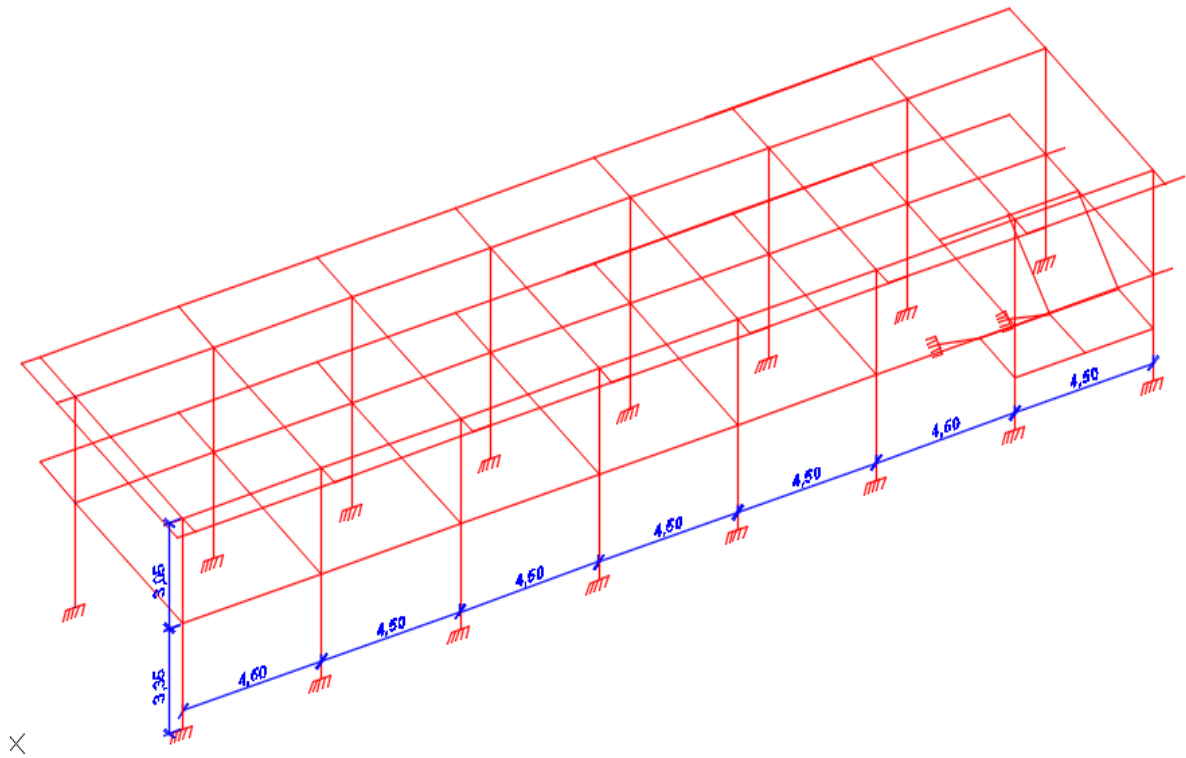
Según el levantamiento planímetro de este centro educativo tenemos los siguientes datos:

#### **Bloque 1**

Área total = 616.54 m<sup>2</sup>

2 plantas con un área de 264.77 m<sup>2</sup> cada una

Un pasillo con un área de 87 m<sup>2</sup>



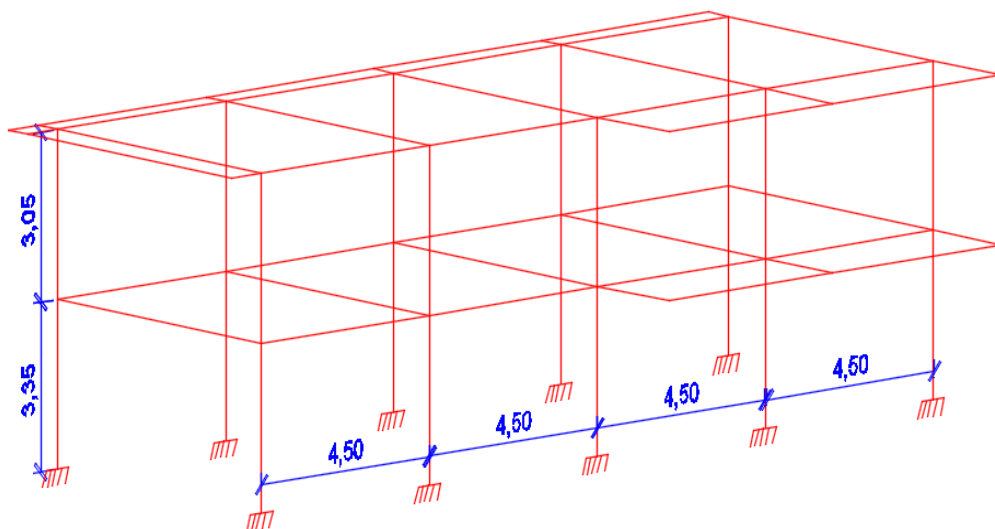
**Figura: 35.** Modelo geométrico del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arizaga, Brummel”  
*Fuente:* AutoCAD Civil 3D

## Bloque 2

Área total = 287.06 m<sup>2</sup>

2 plantas con un área de 131.28 m<sup>2</sup> cada una

Un pasillo con un área de 24.5 m<sup>2</sup>



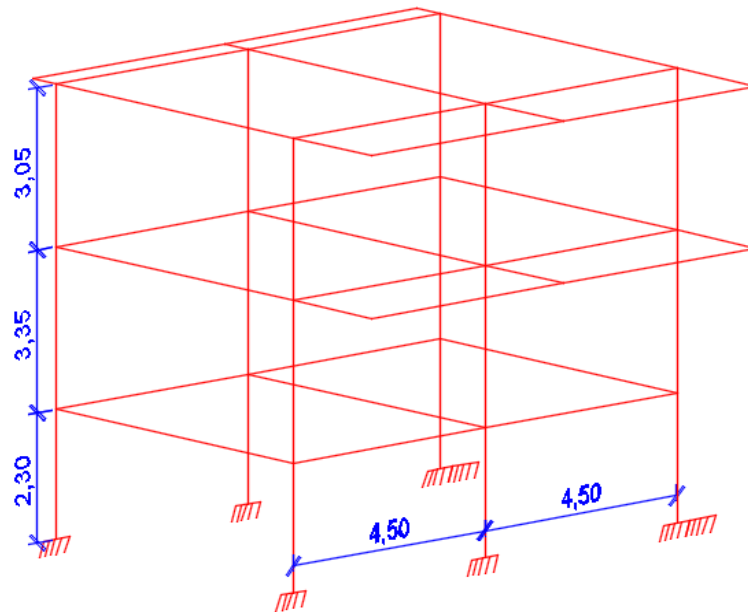
**Figura: 36.** Modelo geométrico del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arizaga, Brummel”  
*Fuente:* AutoCAD Civil 3D

### Bloque 3

Área total = 228.68 m<sup>2</sup>

3 plantas con un área de 67.8 m<sup>2</sup> cada una

Un pasillo con un área de 25.28 m<sup>2</sup>

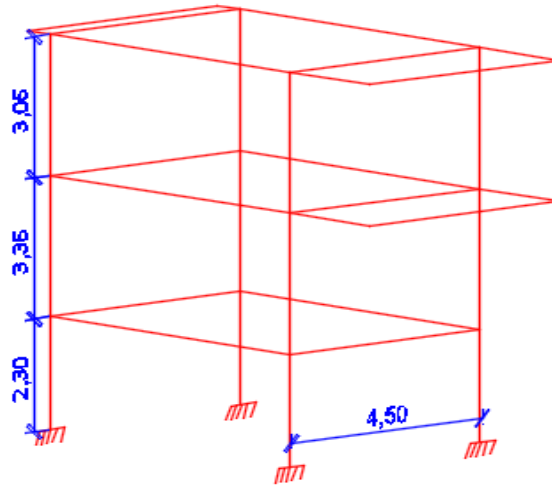


**Figura: 37.** Modelo geométrico del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”  
*Fuente:* AutoCAD Civil 3D

### Bloque 4

Área total = 140 m<sup>2</sup>

3 plantas con un área de: 38m<sup>2</sup> la planta en subterráneo y 51m<sup>2</sup> las dos plantas siguientes.



**Figura: 38.** Modelo geométrico del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”  
**Fuente:** AutoCAD Civil 3D

## 2.2.2 Modelo matemático de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

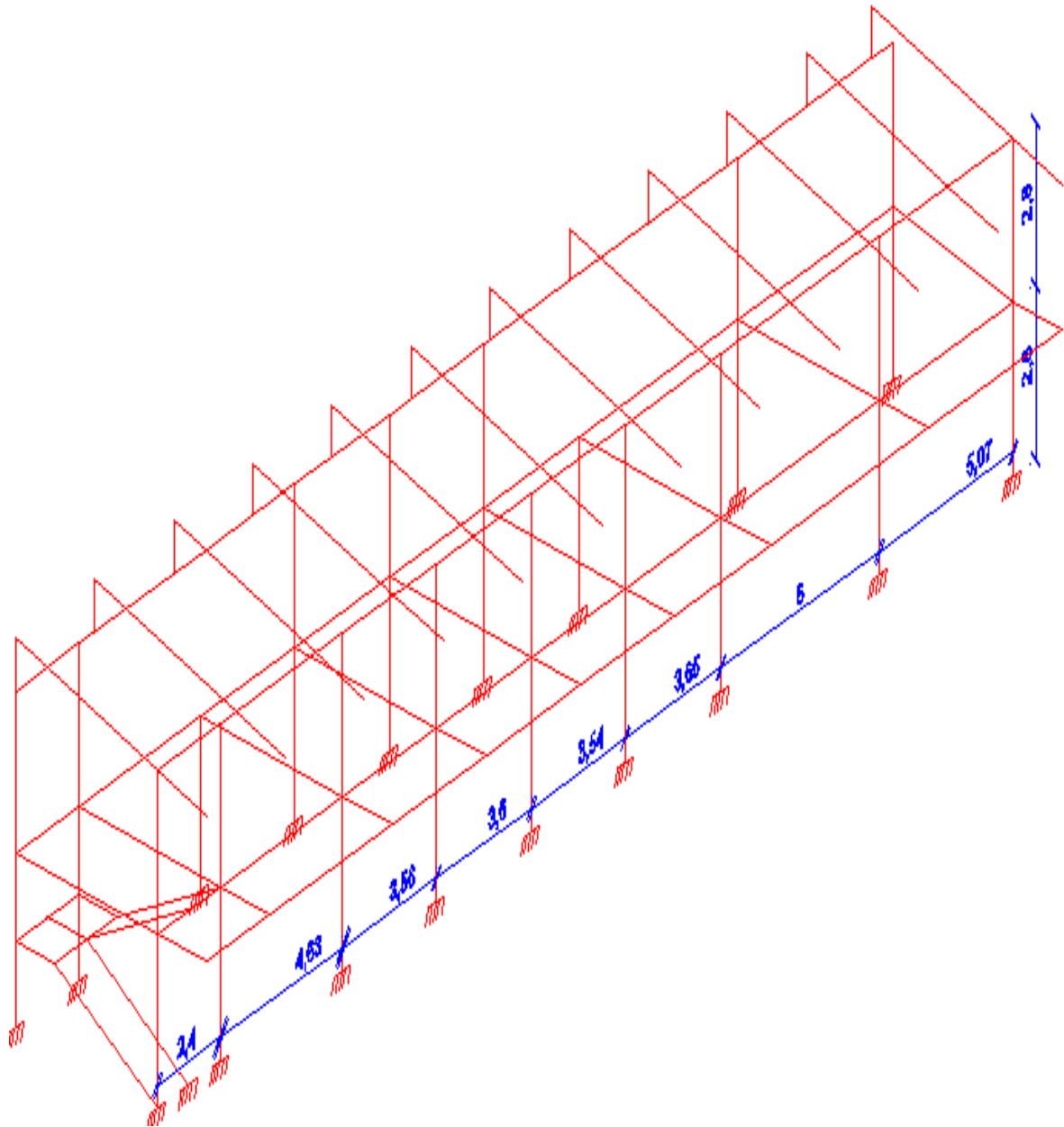
Según el levantamiento planímetro de este centro educativo tenemos los siguientes datos:

### **Bloque 1**

Área total = 362.32 m<sup>2</sup>

2 plantas con un área de 154.39 m<sup>2</sup> cada una

Un pasillo con un área de 53.54 m<sup>2</sup>



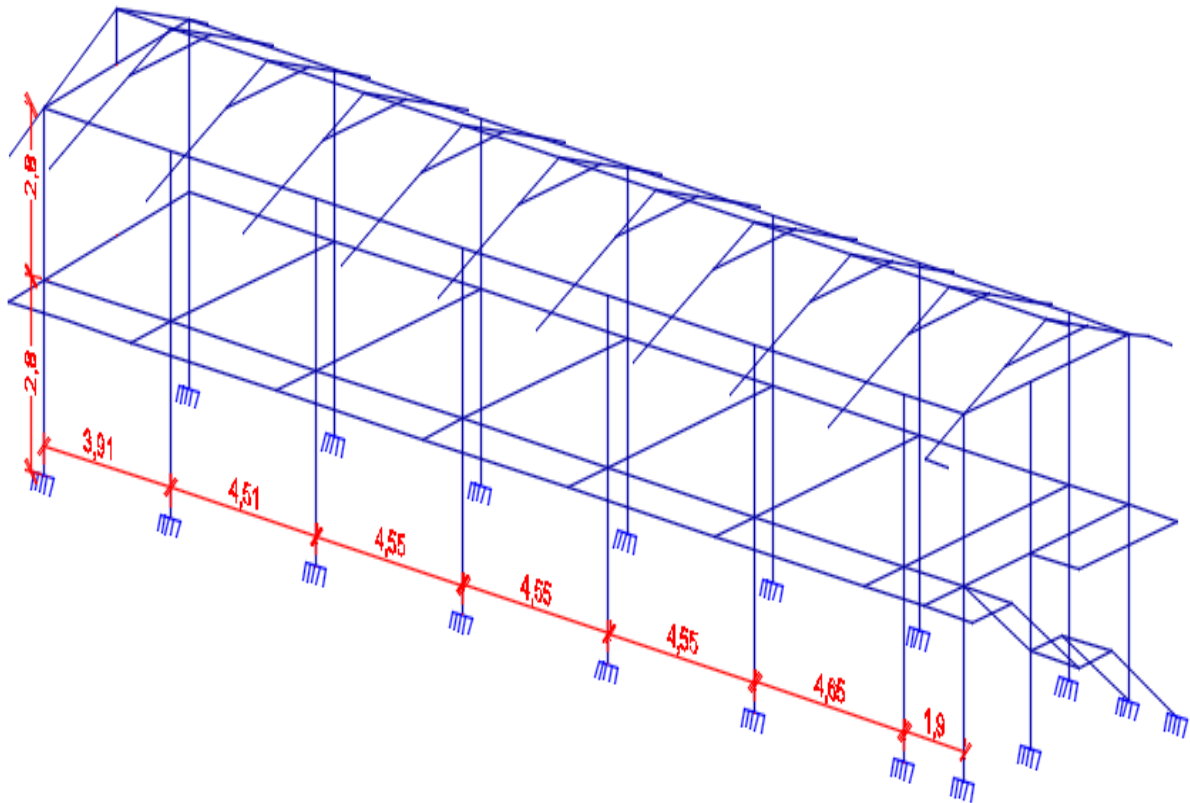
**Figura: 39.** Modelo geométrico o del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”  
*Fuente:* AutoCAD Civil 3D

## **Bloque 2**

Área total = 398.78 m<sup>2</sup>

2 plantas con un área de 177.06 m<sup>2</sup> cada una

Un pasillo con un área de 44.66 m<sup>2</sup>



**Figura: 40.** Modelo geométrico del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”  
*Fuente:* AutoCAD Civil 3D

## 2.3 Sismo resistencia estática

Para realizar el análisis estático hay que tener presente lo que dispone la norma Ecuatoriana actual (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015), la misma que actúa dependiendo de la ubicación, la geología local y otros parámetros característicos propios, los mismos que serán tratados en este capítulo.

### 2.3.1 Identificación de zona de riesgo sísmico factor Z

Para establecer el valor de la aceleración de diseño sísmico, usamos el mapa del Ecuador, zonas sísmicas para diseño y valor del factor de la zona Z; este factor depende del riesgo sísmico de la zona en donde está ubicado el proyecto en estudio, la siguiente tabla se divide en 6 zonas:

**Tabla 7.** Valores del factor Z

Zona Sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor del factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.5$
Caracterización de la amenaza sísmica	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta

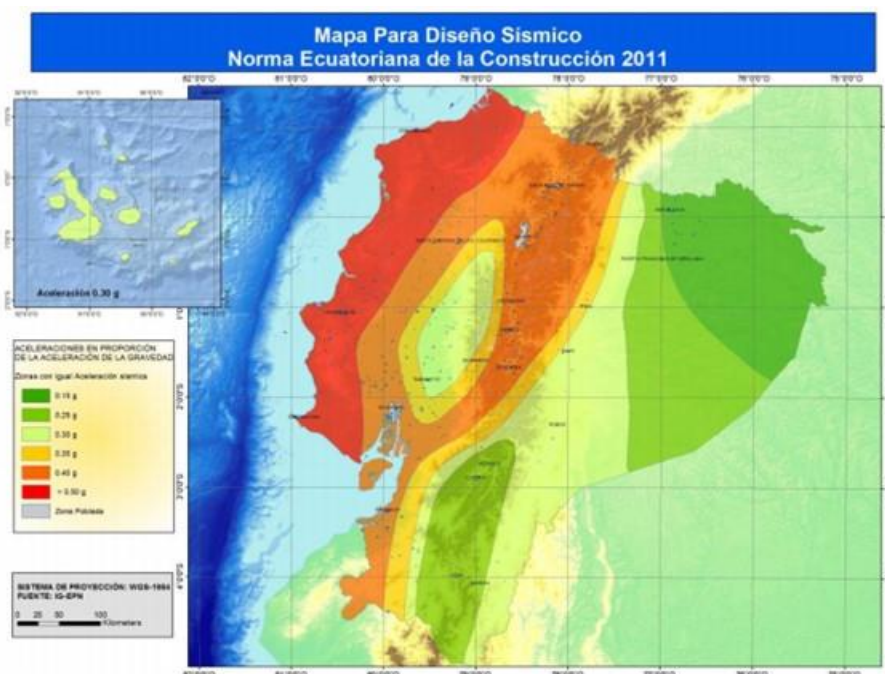
*Fuente:* (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015, pág. 27)

**Tabla 8:** Poblaciones Ecuatorianas y valor del factor Z

POBLACION	PARROQUIA	CANTON	PROVINCIA	Z
CUENCA	CUENCA	CUENCA	AZUAY	0.25

*Fuente:* (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015, pág. 89)

Como se puede observar en la tabla el valor que nos recomienda la norma para el sector en donde están ubicados los proyectos en estudio corresponde a la zona sísmica II que es  $Z=0.25g$ , la cual nos dice que representa una amenaza sísmica alta.

**Figura: 41.** Ecuador, zonas sísmicas para diseño y valor del factor de la zona Z

*Fuente:* (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015)

### 2.3.2 Factores del suelo

#### Tipos de perfiles de suelos para el diseño sísmico

Según la normativa (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015) dice lo siguiente:

“Se definen seis tipos de perfil de suelo los cuales se presentan en la siguiente tabla. Los parámetros utilizados en la clasificación son los correspondientes a los 30 m superiores del perfil para los perfiles tipo A, B, C, D y E. Aquellos perfiles que tengan estratos claramente diferenciables deben subdividirse, asignándoles un subíndice  $i$  que va desde 1 en la superficie, hasta  $n$  en la parte inferior de los 30 m superiores del perfil. Para el perfil tipo F se aplican otros criterios, y la respuesta no debe limitarse a los 30 m superiores del perfil en los casos de perfiles con espesor de suelo significativo”.

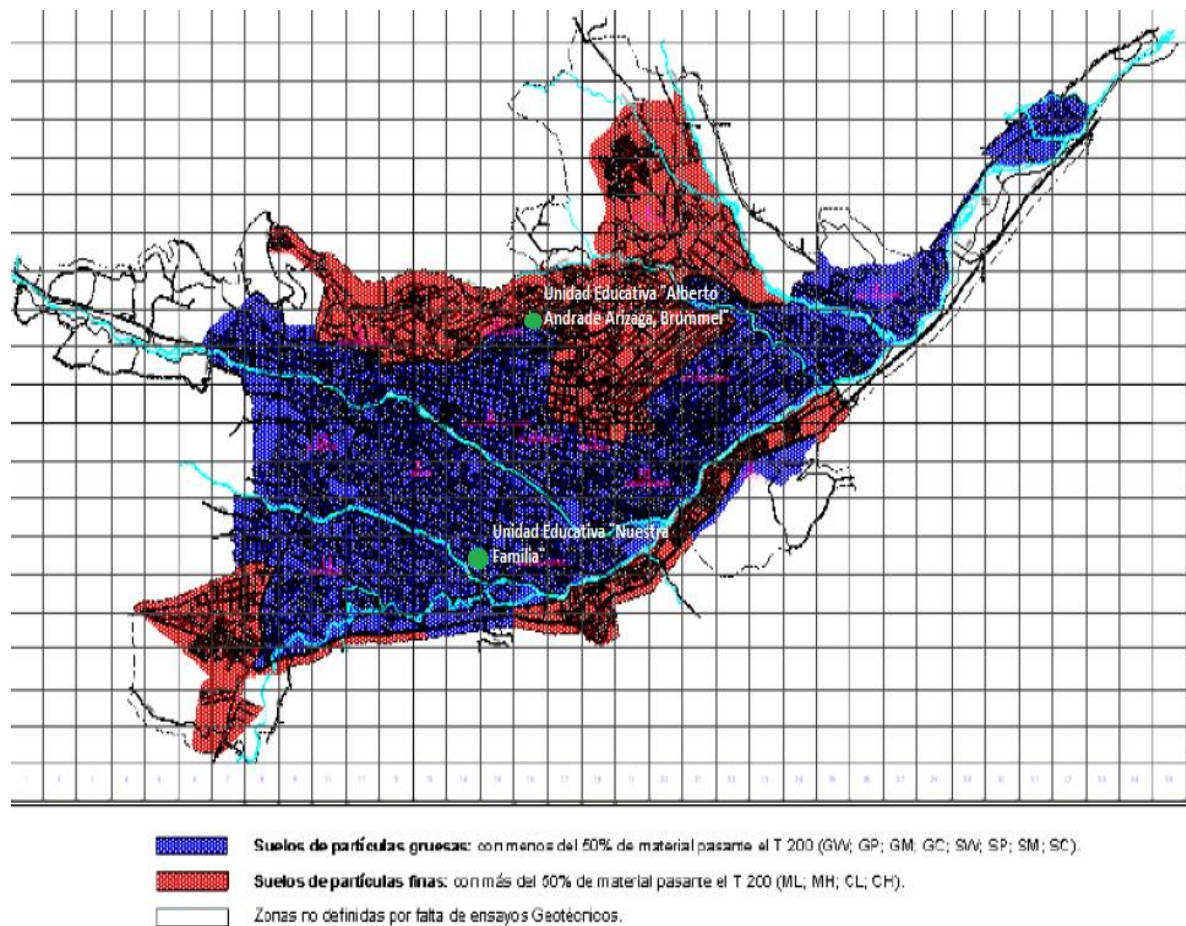
**Tabla 9.** Clasificación de los Tipos de suelo

Tipo de Perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de media	$1500 \text{ m/s} > V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, ó	$760 \text{ m/s} > V_s \geq 360$ m/s
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios.	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ kPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360 \text{ m/s} > V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones.	$50 > N \geq 15.0$ $100 \text{ kPa} > S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas.	$IP > 20$
		$w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H >3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H >7.5 m con índice de Plasticidad IP >75).	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H >30m).	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia $\alpha$ ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

Fuente: (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015)

Para la clasificación de tipo de suelo en el que están asentadas nuestras Unidades Educativas, se apoyó en la tesis del Ing. Juan Pablo Riquetti, la que se detallan en los siguientes planos.

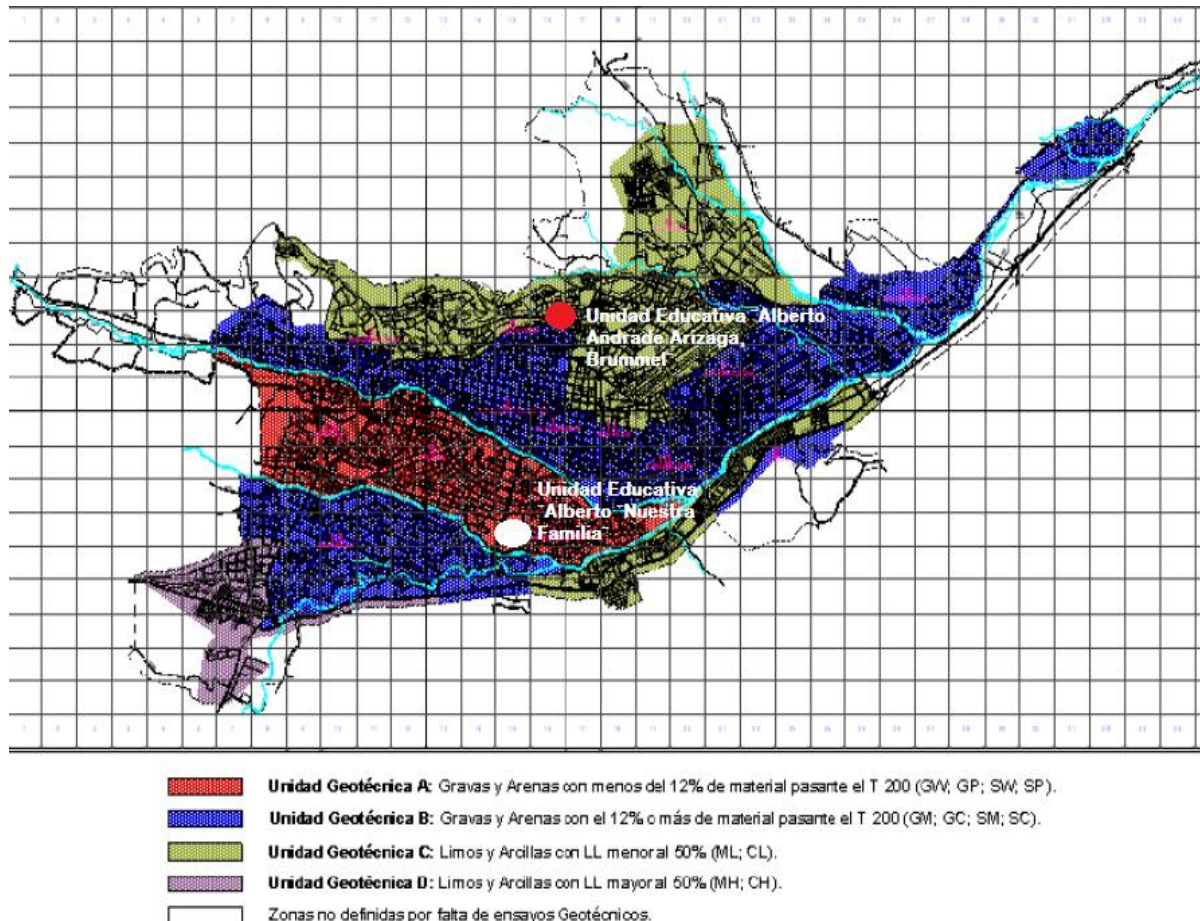
En la figura 42, se puede observar el plano de Cuenca en el cual están ubicadas las dos Unidades Educativas en estudio, según el cual la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arizaga, Brummel” está constituida por un suelo de partículas finas y la Unidad Educativa “Nuestra Familia” está constituida por un suelo de partículas gruesas.



**Figura: 42:** División del plano de la Ciudad de Cuenca en suelos finos y gruesos  
**Fuente:** ( RIQUETTI MORALES., 2010, pág. 23)

De la misma manera en la figura 43, tenemos el plano de Cuenca en el cual están divididas las Unidades Geotécnicas de la ciudad, según el mismo **la Unidad Educativa “Alberto**

**Andrade Arizaga, Brummel** se encuentra en la **Unidad Geotécnica C**, la que está constituida por limos y arcillas, y la **Unidad Educativa "Nuestra Familia"** se encuentra en la **Unidad Geotécnica A**, la que está compuesta por gravas y arenas.



**Figura: 43.** División del plano de la ciudad de Cuenca en Unidades Geotécnicas  
*Fuente:* ( RIQUETTI MORALES., 2010, pág. 27)

### 2.3.2.1 Coeficientes Fa, Fd, Fs y otros requeridos

Según la (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015), “Para los diferentes tipos de perfil del subsuelo se tiene coeficientes Fa, Fd y Fs, dependiendo el tipo de suelo en donde se ubique el proyecto en estudio.

En las siguientes tablas se presentan los valores de los coeficientes Fa, Fd y Fs respectivamente.

Fa: Es el coeficiente de ampliación de suelo en la zona de periodo corto.

**Tabla 10.** Tipo de suelo y Factores de sitio Fa

Tipo de perfil del subsuelo	I	II	III	IV	V	VI
Factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	$\geq 0.5$
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.5	1.39	1.26	1.14	0.97
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección <a href="#">10.6.4</a>					

Fuente: (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015)

Fd: Es la amplificación de las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca.

**Tabla 11.** Tipo de suelo y Factores de sitio Fd

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Fuente: (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015)

Fs: Comportamiento no lineal de los suelos.

**Tabla 12.** Tipo de suelo y factores del comportamiento inelástico del subsuelo Fs

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

Fuente: (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015)

### 2.3.3 Periodo fundamental

El periodo fundamental (T) es el tiempo que demora una estructura en ir y venir, es decir dar una oscilación al sentir una vibración no forzada por un evento extremo.

Su cálculo es esencial porque así se puede saber la magnitud de la fuerza sísmica que puede experimentar la estructura.

Está en función de la masa y la rigidez de la estructura.

El período de vibración aproximativo de la estructura T, para cada dirección principal, será estimado a partir de uno de los 2 métodos descritos en la normativa (NEC\_SE\_DS (Diseño Sismo Resistente), 2015, pág. 61), “El valor de T obtenido al utilizar estos métodos es una estimación inicial razonable del período estructural que permite el cálculo de las fuerzas sísmicas a aplicar sobre la estructura y realizar su dimensionamiento”.

T permite determinar el valor Sa del espectro en aceleraciones mediante el grafico expuesto más adelante.

**Tabla 13.** Coeficiente para cálculo de T

Tipo de estructura	C <sub>t</sub>	α
<b>Estructuras de acero</b>		
Sin arriostramientos	0.072	0.8
Con arriostramientos	0.073	0.75
<b>Pórticos especiales de hormigón armado</b>		
Sin muros estructurales ni diagonales rigidizadoras	0.055	0.9
Con muros estructurales o diagonales rigidizadoras y para otras estructuras basadas en muros estructurales y mampostería estructural	0.055	0.75

**Fuente:** (NEC\_SE\_DS (Diseño Sismo Resistente), 2015)

- Método 1 para determinar el valor fijo del periodo fundamental:

$$T = Ct. hn^{\alpha}$$

$$T_o = 0,10.Fs. \frac{Fd}{Fa}$$

$$T_o = 0,55.Fs. \frac{Fd}{Fa}$$

$$TL = 2,4. Fd$$

Dónde:

T = Período fundamental de vibración de la estructura.

To = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

Tc = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

TL = Es el período límite de vibración utilizado para la definición de espectro de respuesta en desplazamientos.

Ct= Coeficiente que depende del tipo de edificio.

hn = Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.

- Método 2 para determinar el valor fijo del periodo fundamental:

Según la norma (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015) nos dice: “El valor de Ta calculado según el método 2 no debe ser mayor en un 30% al valor de Ta calculado con el Método 1”.

## 2.3.4 Variables requeridas

### 2.3.4.1 Factor de importancia.

Según la norma (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015), "El objetivo del factor de importancia (I) es el incrementar su resistencia sísmica de acuerdo al uso que le vaya a dar a la estructura, evitando o disminuyendo en su mayor parte los daños causados durante un evento sísmico.

La normativa categoriza a las edificaciones de acuerdo al orden residencial, educacional y hospitalario y las clasifica dependiendo el tipo de uso, destino e importancia.

Para este proyecto en estudio el factor de importancia  $I = 1.3$  por ser Unidades Educativas.

**Tabla 14.**Tabla de importancia de la estructura

<b>Categoría</b>	<b>Tipo de uso, destino e importancia</b>	<b>Coefficiente I</b>
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5

---

Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

---

**Fuente:** (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015)

#### 2.3.4.2 Factor de reducción de resistencia sísmica R

El factor de reducción de resistencia sísmica, como su nombre lo indica reducen las fuerzas sísmicas elásticas de diseño para una estructura, el cual depende de variables como: tipo de estructura, tipo de suelo, periodo de vibración, etc.

**Tabla 15.** Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles

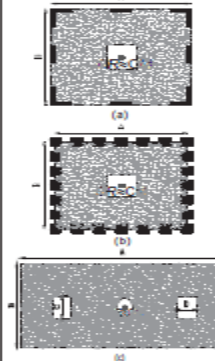
<b>Sistemas Estructurales Dúctiles</b>	<b>R</b>
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	7
<b>Pórticos resistentes a momentos</b>	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	8
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	8
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	8
<b>Otros sistemas estructurales para edificaciones</b>	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

**Fuente:** (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015, pág. 65)

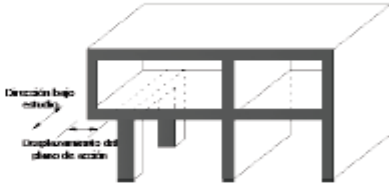
Para la **Unidad Educativa “Alberto Andrade Arizaga, Brummel”**, el factor de reducción de resistencia sísmica **R=8**, ya que es un pórtico especial sismo resistente de hormigón armado con vigas descolgadas; mientras que para la **Unidad Educativa “Nuestra Familia”** el valor de **R=5**, por ser un pórtico especial sismo resistente de hormigón armado con vigas banda.

#### 2.3.4.3 Factor de configuración estructural en planta y elevación.

Según la (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015), “Una estructura se considera como regular en planta y en elevación, cuando no presenta ninguna de las condiciones de irregularidad descritas en las siguientes figuras”:

CONFIGURACIÓN EN ELEVACIÓN $\phi_E=1$	CONFIGURACIÓN EN PLANTA $\phi_P=1$
<p>La altura de entrepiso y la configuración vertical de sistemas aporricados, es constante en todos los niveles. <math>\phi_E=1</math></p>	<p>La configuración en planta ideal en un sistema estructural es cuando el Centro de Rigidez es semejante al Centro de Masa. <math>\phi_P=1</math></p>
<p>La dimensión del muro permanece constante a lo largo de su altura o varía de forma proporcional. <math>\phi_E=1</math></p>	

**Figura: 44.** Tabla de configuraciones estructurales  
**Fuente:** (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015)

IRREGULARIDADES EN ELEVACIÓN	IRREGULARIDADES EN PLANTA
<p><b>Ejes verticales discontinuos o muros soportados por columnas.</b>                      La estructura se considera irregular no recomendada cuando existen desplazamientos en el alineamiento de elementos verticales del sistema resistente, dentro del mismo plano en el que se encuentran, y estos desplazamientos son mayores que la dimensión horizontal del elemento.</p>	<p><b>Desplazamiento de los planos de acción de elementos vertical.</b>                      Una estructura se considera irregular no recomendada cuando existen discontinuidades en los ejes verticales, tales como desplazamientos del plano de acción de elementos verticales del sistema resistente.</p>
<p><b>Piso débil-Discontinuidad en la resistencia.</b>                      La estructura se considera irregular no recomendada cuando la resistencia del piso es menor que el 70% de la resistencia del piso inmediatamente superior, (entendiéndose por resistencia del piso la suma de las resistencias de todos los elementos que comparten el cortante del piso para la dirección considerada).</p>	
<p><b>Columna corta</b>                      Se debe evitar la presencia de columnas cortas, tanto en el diseño como en la construcción de las estructuras.</p>	

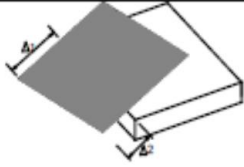
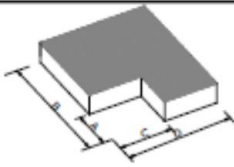
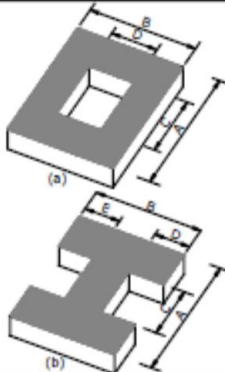
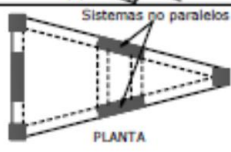
**Figura: 45.** Configuraciones estructurales no recomendadas  
**Fuente:** (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015)

Para cumplir con el cálculo de la cortante basal la norma requiere obtener coeficientes de afección en elevación  $\phi_e$  como en planta  $\phi_p$ , los mismos que están en función de la planificación arquitectónica, en la siguiente forma:

**Tabla 16.** Coeficientes de regularidades e irregularidades en planta como elevación

Regularidad	Irregularidad
$\phi_e = 1$	$\phi_e = 0.90$
$\phi_p = 1$	$\phi_p = 0.90$

Fuente: (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015)

<p><b>Tipo 1 - Irregularidad torsional</b>  <math>\phi_{vt}=0.9</math>  <math>\Delta &gt; 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}</math></p> <p>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1.2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p><b>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas</b> <math>\phi_{vt}=0.9</math>  <math>A &gt; 0.15B</math> y <math>C &gt; 0.15D</math></p> <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p><b>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso</b>  <math>\phi_{vt}=0.9</math>  a) <math>C \times D &gt; 0.5A \times B</math>  b) <math>[C \times D + C \times E] &gt; 0.5A \times B</math></p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p><b>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos</b>  <math>\phi_{vt}=0.9</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

**Figura: 46.** Tabla de irregularidades en planta

Fuente: (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015)

### 2.3.5 Carga sísmica reactiva

La carga sísmica reactiva W representa la carga reactiva por sismo.

Independientemente del método de análisis se usará la siguiente carga sísmica reactiva  $W$ , según la (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015) , “será igual a la carga muerta total de la estructura.

$$W = D$$

En casos especiales de estructuras para bodegas o de almacenaje,  $W$  se calcula como la carga muerta más un 25% de la carga viva de piso total de la estructura.

$$W = D + 0.25L.$$

Donde:

$D$  = Carga muerta total de la estructura

$L$  = Carga viva del piso”.

### 2.3.6 Análisis espectral según NEC 15

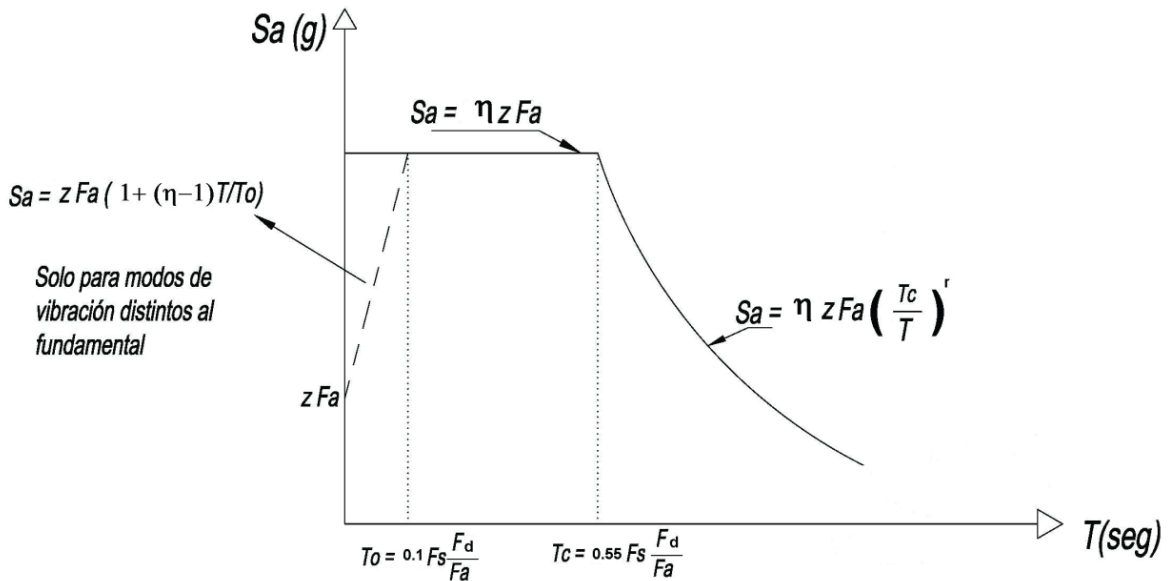
#### 2.3.6.1 Espectro sísmico de respuesta

Es un valor calculado, el cual evalúa la resistencia de una edificación ante la agitación del suelo causado por un sismo. El más común es el espectro de tipo elástico de respuesta.

Depende de algunos factores, pero los más importantes son: la aceleración de la vibración del suelo en donde se asienta y el periodo de oscilación de la estructura.

El espectro de respuesta elástico de aceleraciones  $S_a$ , expresado como fracción de la aceleración de la gravedad, para el nivel del sismo de diseño, según (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015); “Consiste en:

- El factor de zona sísmica  $Z$ ,
- El tipo de suelo del sitio de emplazamiento de la estructura,
- La consideración de los valores de los coeficientes de amplificación de suelo  $F_a$ ,  $F_d$  y  $F_s$ ”.



**Figura: 47.** Espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño  
**Fuente:** (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015)

De acuerdo a la norma (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015), “Es

$\eta = 1.80$ : Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas),

$\eta = 2.48$ : Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos

$\eta = 2.60$ : Provincias del Oriente

$$S_a = Z.F_a. [1 + (\eta - 1). (T/T_o)] \quad \text{para } T < T_o$$

$$S_a = \eta.Z.F_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta.Z.F_a. (T_c/T)^r \quad \text{para } T > T_c$$

Dónde:

$\eta$  = Razón entre la aceleración espectral  $S_a$  ( $T = 0.1$  s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.

$F_a$  = Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

$F_d$  = Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

$F_s$  = Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del período del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos.

$S_a$  = Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$ ). Depende del período o modo de vibración de la estructura.

$T$  = Período fundamental de vibración de la estructura.

$T_o$  = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

$T_c$  = Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

$T_L$  = Es el período límite de vibración utilizado para la definición de espectro de respuesta en desplazamientos.

$Z$  = Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad  $g$ .

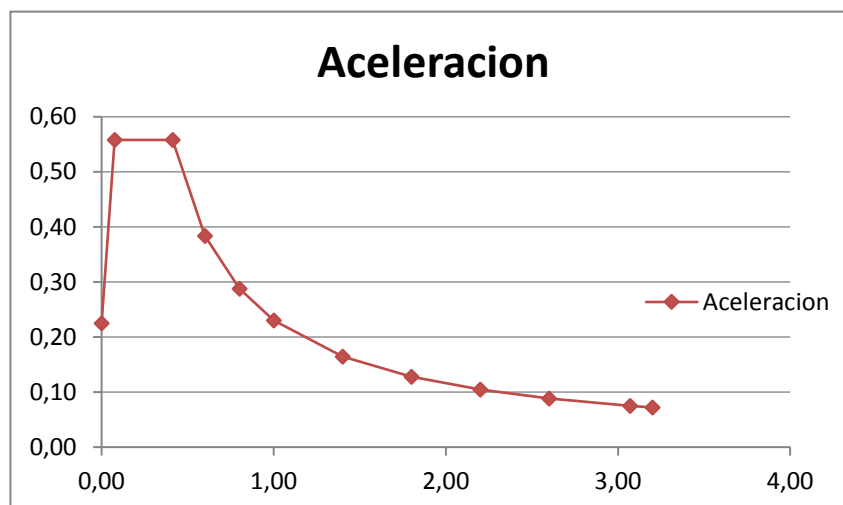
Para comparar el análisis modal espectral, se procede a realizar manualmente el espectro elástico de respuesta, en el cual se puede identificar en el lugar que se encuentra el análisis de Sap2000 en la siguiente tabla.

**Tabla 17.** Espectro Elástico de Respuesta para todos los bloques de las Unidades Educativas.

**ESPECTRO ELASTICO DE RESPUESTA**

Tiempo Aceleración

0,00	0,33
0,09	0,81
0,51	0,81
0,60	0,68
0,80	0,51
1,00	0,41
1,40	0,29
1,80	0,23
2,20	0,19
2,60	0,16
3,07	0,13
3,20	0,13



*Fuente:* Sap2000

Según la normativa (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015) dice: “Se deben considerar en el análisis:

- Todos los modos de vibración que contribuyan significativamente a la respuesta total de la estructura, mediante los varios períodos de vibración
- Todos los modos que involucren la participación de una masa modal acumulada de al menos el 90% de la masa total de la estructura, en cada una de las direcciones horizontales principales consideradas”.

Con el programa Sap2000 podemos obtener la siguiente tabla que nos da los periodos y sus respectivas frecuencias en las estructuras respectivas; para lo cual hemos tomado los 6 primeros modos de vibración, siendo el más importante el primer modo ya que este es el más crítico.

Por criterio se indica que cuando el periodo fundamental se encuentra entre 0,30 y 0,80 se considera un rango bueno, ya que esta entre rígido y flexible.

**Tabla 18.** Análisis Modal Espectral del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Periodos Modales y Frecuencias				
OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec
MODAL	Mode	1	0,67829	1,4743
MODAL	Mode	2	0,62706	1,5947
MODAL	Mode	3	0,45211	2,2118
MODAL	Mode	4	0,29099	3,4365
MODAL	Mode	5	0,27249	3,6698
MODAL	Mode	6	0,25890	3,8625

Fuente: Sap2000

En este bloque 1, el periodo fundamental llega a 0,67, lo cual nos dice que este bloque está dentro del rango normal.

**Tabla 19.** Análisis Modal Espectral del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Periodos Modales y Frecuencias				
OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec
MODAL	Mode	1	0,622002	1,6077
MODAL	Mode	2	0,577393	1,7319
MODAL	Mode	3	0,444296	2,2507
MODAL	Mode	4	0,253789	3,9403
MODAL	Mode	5	0,234347	4,2672
MODAL	Mode	6	0,216084	4,6278

Fuente: Sap2000

En este bloque 2, el periodo fundamental llega a 0,62, lo cual está dentro del rango aceptable.

**Tabla 20 .** Análisis Modal Espectral del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Periodos Modales y Frecuencias				
OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec
MODAL	Mode	1	0,796984	1,2547
MODAL	Mode	2	0,668926	1,4949
MODAL	Mode	3	0,54999	1,8182
MODAL	Mode	4	0,32825	3,0465
MODAL	Mode	5	0,257843	3,8783

MODAL	Mode	6	0,230563	4,3372
-------	------	---	----------	--------

Fuente: Sap2000

En este bloque 3, el periodo fundamental llega a 0,79, lo cual nos dice que este bloque es muy flexible.

**Tabla 21.** Análisis Modal Espectral del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Periodos Modales y Frecuencias				
OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec
MODAL	Mode	1	0,910845	1,0979
MODAL	Mode	2	0,571507	1,7498
MODAL	Mode	3	0,53459	1,8706
MODAL	Mode	4	0,31493	3,1753
MODAL	Mode	5	0,202285	4,9435
MODAL	Mode	6	0,198811	5,0299

Fuente: Sap2000

En este bloque 4, el periodo fundamental llega a 0,91, lo cual nos dice que este bloque es demasiado flexible.

**Tabla 22.** Análisis Modal Espectral del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Periodos Modales y Frecuencias				
OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec
MODAL	Mode	1	0,729958	1,3699
MODAL	Mode	2	0,499914	2,0003
MODAL	Mode	3	0,398381	2,5102
MODAL	Mode	4	0,374629	2,6693
MODAL	Mode	5	0,360624	2,773
MODAL	Mode	6	0,349028	2,8651

Fuente: Sap2000

En este bloque 1, el periodo fundamental llega a 0,73, lo cual está dentro del rango aceptable.

**Tabla 23.** Analisis Modal Espectral del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Periodos Modales y Frecuencias				
OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec
MODAL	Mode	1	0,701469	1,4256
MODAL	Mode	2	0,353005	2,8328
MODAL	Mode	3	0,267307	3,741
MODAL	Mode	4	0,257607	3,8819
MODAL	Mode	5	0,249801	4,0032
MODAL	Mode	6	0,246944	4,0495

Fuente: Sap2000

En este bloque 2, el periodo fundamental llega a 0,70, lo cual está dentro del rango aceptable.

#### 2.3.6.2 Aplicación de cargas en los elementos

##### **Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”**

- La cubierta de todos sus bloques está conformada por losa armada de 20cm de espesor, con aliviamiento de bloque.
- La estructura de los pórticos (columnas y vigas) y losas están conformados de Hormigón Armado.
- El entrepiso está conformado de Hormigón Armado como losa con vigas colgadas de 25 cm de espesor y con aliviamiento de bloque.
- Las Columnas de toda la estructura son de sección de 33x40cm.
- Las vigas de la estructura de la losa de cubierta son de sección de 25x30cm longitudinalmente y de 25x40cm transversalmente.
- Las vigas del entrepiso son de sección de 25x40cm longitudinalmente y de 30x50cm transversalmente.

- Para el acceso al entrepiso se dispone de un pasillo (Losa) de ancho igual 2,32m con conexión a la grada.
- En las tres plantas se visualizan en el cielo raso un enlucido de la losa, la cual se deberá considerar según norma.
- La mampostería en toda esta Unidad Educativa es de bloque alivianado de 15x20x40cm no confinado
- Se deberá considerar instalaciones eléctricas e hidrosanitarias.
- El recubrimiento de los pisos es de baldosa.
- Resistencia del hormigón  $f'c$  de 203 kg /cm<sup>2</sup> por mediciones.

#### 2.3.6.2.1 Cargas permanentes

- Cargas por cielo raso

Según la normativa anteriormente descritas, el valor de la carga muerta para este material es de 55 kg/m<sup>2</sup>.

El cálculo de cargas se realiza por metro cuadrado, los bloques de esta Unidad Educativa son semejantes por lo tanto los cálculos se utilizan para todos los bloques.

**Tabla 24.** Calculo de cargas permanentes en cubiertas de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

#### CARGAS EN CUBIERTA N=+6,40

CARGAS PERMANENTES					
Descripción	Símbolo	Peso	Unidad	Observaciones	
Hormigón Simple	D1 =	249,60	kg / m <sup>2</sup>	Calculo	
Alivianamiento (Bloque)	D2 =	76,80	kg / m <sup>2</sup>	Calculo	
Instalaciones eléctricas	D4 =	10,00	kg / m <sup>2</sup>	Por clases Ing. Juan Solá	
Instalaciones Hidrosanitarias	D4 =	10,00	kg / m <sup>2</sup>	Criterio	
Cielo raso	D4 =	55,00	kg / m <sup>2</sup>	Tabla 4	
Influencia Paredes	D7 =	0,00	kg / m <sup>2</sup>	Cálculos	
Rasante / Acabados	D7 =	66,00	kg / m <sup>2</sup>	Cálculos	

SUMA TOTAL	$\Sigma =$	467,40	kg / m <sup>2</sup>	Sumatoria
<b>Carga muerta total</b>	<b>D =</b>	<b>467,40</b>	<b>kg / ml</b>	<b>Distr. En cada Viga</b>
Peso Propio	D1 =	326,40	kg / m <sup>2</sup>	
Por Acabados	D2 =	141,00	kg / m <sup>2</sup>	
Hormigón Armado	D1 =	2400,00	kg / m <sup>3</sup>	Tabla 3

Fuente: Autor

- Cargas en mampostería

La mampostería en las dos Unidades Educativas es de bloque alivianado de 15x20x40cm no confinado, según la norma su peso unitario es:

**Tabla 25.** Pesos unitarios de los Materiales

Material	Peso Unitario kN/m <sup>3</sup>
Bloque hueco de hormigón	12.0
Bloque hueco de hormigón alivianado	8.5
<b>D. Morteros</b>	
Cemento compuesto y arena 1:3 a 1: 5	20.0

Fuente: (NEC\_SE\_CG, Cargas y Materiales, Cargas No Sísmicas, 2015, pág. 22)

**Tabla 26.** Calculo de cargas permanentes en entrepisos de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

### CARGAS EN ENTREPISOS

CARGAS PERMANENTES					
Descripción	Símbolo	Peso	Unidad	Observaciones	
Hormigón Simple	D1 =	292,80	kg / m <sup>2</sup>	Calculo	
Alivianamiento (Bloque)	D2 =	102,40	kg / m <sup>2</sup>	Calculo	
Instalaciones eléctricas	D4 =	10,00	kg / m <sup>2</sup>	Por clases Ing. Juan Solá	
Instalaciones Hidrosanitarias	D4 =	10,00	kg / m <sup>2</sup>	Criterio	
Cielo raso	D4 =	55,00	kg / m <sup>2</sup>	Tabla 4	
Influencia Paredes	D7 =	0,00	kg / m <sup>2</sup>	Cálculos	
Rasante / Acabados	D7 =	66,00	kg / m <sup>2</sup>	Cálculos	

SUMA TOTAL	$\Sigma =$	536,20	kg / m2	Sumatoria
Distancia entre Vigas	$A_i =$	3,86	m2	Por área tributaria
<b>Carga muerta total</b>	<b>D =</b>	<b>536,20</b>	<b>kg / ml</b>	<b>Distr. En cada Viga</b>
Peso Propio	D1 =	395,20	kg / m2	
Por Acabados	D2 =	141,00	kg / m2	
Hormigón Armado	D1 =	2400,00	kg / m3	Tabla 3

Fuente: Autor

Para calcular el peso total o carga muerta de los bloques de las Unidades Educativas se ha utilizado los resultados del programa Sap2000, el cual nos muestra los resultados a continuación:

**Tabla 27.** Calculo del peso total del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Joint Text	OutputCase Text	F3 Kgf
1	Acab+DEAD	54971,53
3	Acab+DEAD	25480,48
5	Acab+DEAD	90789,33
7	Acab+DEAD	48156,88
9	Acab+DEAD	86349,42
11	Acab+DEAD	46226,23
13	Acab+DEAD	86928,75
15	Acab+DEAD	46510,27
17	Acab+DEAD	86873,51
19	Acab+DEAD	46800,43
21	Acab+DEAD	86727,74
22	Acab+DEAD	46952,09
23	Acab+DEAD	46952,09
25	Acab+DEAD	86982,94
27	Acab+DEAD	47306,34
29	Acab+DEAD	84498,58
31	Acab+DEAD	38163,87
33	Acab+DEAD	41074,3
35	Acab+DEAD	15442,07
178	Acab+DEAD	5610,59
179	Acab+DEAD	2337,52
	Total	1121134,96
	Mayorizado	1,2
	Peso total del Bloque	934279,13

Fuente: Sap2000

## DESCRIPCIONES VARIAS:

DEAD = Peso propio

Acab = Peso por acabados

El bloque tiene 18 apoyos al suelo de soporte.

**Tabla 28.** Calculo del peso total del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

<b>Joint</b> Text	<b>OutputCase</b> Text	<b>F3</b> Kgf
80	Acab+DEAD	36448,94
82	Acab+DEAD	35177,46
86	Acab+DEAD	55705,68
88	Acab+DEAD	52294,01
92	Acab+DEAD	51692,81
94	Acab+DEAD	70715,93
98	Acab+DEAD	53050,19
100	Acab+DEAD	91995,68
104	Acab+DEAD	24320,88
106	Acab+DEAD	44701,73
	<b>Total</b>	516103,31
	Mayorizado	1,2
Peso total del Bloque		430086,09

**Fuente:** Sap2000

## DESCRIPCIONES VARIAS:

DEAD = Peso propio

Acab = Peso por acabados

El bloque tiene 10 apoyos al suelo de soporte.

**Tabla 29 .** Calculo del peso total del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

<b>Joint</b> Text	<b>OutputCase</b> Text	<b>F3</b> Kgf
158	Acab+DEAD	83572,08
159	Acab+DEAD	45666,09
160	Acab+DEAD	38682,21
165	Acab+DEAD	61013,97
166	Acab+DEAD	122968,58
167	Acab+DEAD	70509,57
	<b>Total</b>	422412,50

Mayorizado	1,2
Peso total del Bloque	352010,42

Fuente: Sap2000

DESCRIPCIONES VARIAS:

DEAD = Peso propio

Acab = Peso por acabados

El bloque tiene 6 apoyos al suelo de soporte

**Tabla 30.** Calculo del peso total del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Joint Text	OutputCase Text	F3 Kgf
161	Acab+DEAD	40341,30179
162	Acab+DEAD	40696,46994
163	Acab+DEAD	70604,1288
164	Acab+DEAD	72777,72894
	Total	224419,63
	Mayorado	1,2
	Peso total del Bloque	187016,36

Fuente: Sap2000

DESCRIPCIONES VARIAS:

DEAD = Peso propio

Acab = Peso por acabados

El bloque tiene 4 apoyos al suelo de soporte

#### 2.3.6.2.2 Cargas vivas

Se consideran las cargas vivas de acuerdo a la normativa especificada para escuelas (Aulas 200 kg/m<sup>2</sup> y en los pasillos 400 kg/m<sup>2</sup> y en cubiertas 70 kg/m<sup>2</sup>).

**Tabla 31.** Cargas Vivas mínimas uniformemente distribuidas y concentradas

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m <sup>2</sup> )	Carga concentrada (kN)
Unidades Educativas		
Aulas	2.00	4.50
Corredores segundo piso y superior	4.00	
Cubiertas planas, inclinadas o curvas	0.70	4.50

**Fuente:** (NEC\_SE\_CG, Cargas y Materiales, Cargas No Sísmicas, 2015, pág. 22)

#### 2.3.6.2.2.1 Carga por viento

Para el cálculo de la carga por viento se asumen datos que fueron descritos en el capítulo anterior, los cuales nos sirven para las dos Unidades Educativas en estudio.

**Tabla 32.** Calculo de la presión del viento

DESCRIPCION	SIMBOLO	VALOR	UNID.	OBSERVACION
Velocidad básica del viento	Vb =	21,00	m/s	NEC CG
Densidad del viento	$\rho$ =	1,25	kg/m <sup>3</sup>	NEC CG
Coefficiente de Forma	Cf =	1,00	s/n	NEC CG
Coefficiente de Entorno	Ce =	1,00	s/n	NEC CG
<b>PRESION DEL VIENTO</b>	<b>P =</b>	<b>27,56</b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	
Coef. Por pendiente BARLOV	Cf1 =	0,50		NEC CG
Coef. Por pendiente SOTAV	Cf2 =	-0,60		NEC CG
Sotavento	<b>PH =</b>	<b>13,78</b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	Cálculos
Barlovento	<b>PV =</b>	<b>-16,54</b>	<b>Kg/m<sup>2</sup></b>	Cálculos

**Fuente:** Autor

**Tabla 33.** Calculo de cargas variables en cubiertas de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

#### CARGAS EN CUBIERTA N=+6,40

CARGAS VARIABLES				
Descripción	Símbolo	Peso	Unidad	Observaciones
Presión del Viento	L1 =	13,78	kg / m <sup>2</sup>	Presión en Barlovento
Succión del Viento	L2 =	-16,54	kg / m <sup>2</sup>	Succión en Sotavento
CARGA por montaje	L3 =	70,00	kg / m <sup>2</sup>	NEC CG
Carga por granizo	S =	100,00	Kg/m <sup>2</sup>	NEC CG
SUMA TOTAL	$\Sigma$ =	183,78	kg / m <sup>2</sup>	
<b>Carga Viva Total</b>	<b>L =</b>	<b>183,78</b>	<b>kg / m<sup>2</sup></b>	

**Fuente:** Autor

### 2.3.6.2.3 Cargas Accidentales

Se refiere a las cargas sísmicas que según la norma (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015), el diseño estructural se hace para el sismo de diseño, evento sísmico que tiene una probabilidad del 10% de ser excedido en 50 años, equivalente a un período de retorno de 475 años.). Los efectos dinámicos del sismo de diseño pueden modelarse mediante un espectro de respuesta para diseño.

#### **Unidad Educativa “Nuestra Familia”**

- La cubierta está conformada con placas de fibrocemento (Eternit) apoyadas sobre entramado de tirantes y correas metálicas.
- Los tirantes en donde se apoyan las correas son de 2G125x50x15x3 mm espaciados a 3,00 m.
- Las correas son de 1G100x50x15x3 mm espaciados a 1,15 m.
- La estructura de los pórticos (columnas y vigas) y losas están conformados de Hormigón Armado.
- El entrepiso está conformado de Hormigón Armado como losa con vigas banda o vigas embebidas de 25 cm de espesor.
- Las Columnas de la estructura para la planta baja son de sección de 22x30cm.
- Las Columnas de la estructura para la planta alta son de sección de 18x25cm.
- Las vigas de la estructura al no ser visibles se estima que son de sección de 25x30cm entre columnas.
- Las vigas de la estructura al no ser visibles se estima que son de sección de 16x22cm al borde de losa.
- • Para el acceso al entrepiso se dispone de un pasillo (Losa) de ancho igual 1,20m con conexión a grada.

- En las dos plantas se visualizan cielo raso, que es de estuco, el cual se deberá considerar según la norma.
- La mampostería en toda esta Unidad Educativa es de Bloque alivianado de 15x20x40cm no confinado
- Se deberá considerar instalaciones eléctricas e hidrosanitarias (10 kg/m<sup>2</sup> respectivamente).
- El recubrimiento de los pisos es de baldosa (66 kg/m<sup>2</sup>).
- Resistencia del hormigón f'c de 198 kg /cm<sup>2</sup> por mediciones.

#### 2.3.6.2.4 Cargas permanentes

Cargas por cielo raso

Según la normativa el valor de la carga muerta para este material es de 20 kg/m<sup>2</sup>.

#### 2.3.6.2.5 Cargas en cubierta

**Tabla 34.** Características predominantes para cargas en cubierta de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Denominación Tipo	Nomenclatura Fibroemento	Valor	Unidades
Espesor	e =	5	mm
Ancho útil	An =	0.875	m
Long. útil	Lu =	1.080	m
Área útil	Au =	0.945	m <sup>2</sup>
Peso propio	Pp =	12.50	kg / m <sup>2</sup>
Traslapo long.	Tl =	0.14	m
Traslapo transv.	Tt =	0.045	m
Pendiente	m =	15	%

**Fuente:** (Hoja Tecnica, s.f.)

El cálculo de cargas en la cubierta se realiza por metro cuadrado, los bloques de esta Unidad Educativa son similares por lo tanto nos sirve para las dos.

**Tabla 35.** Calculo de cargas permanentes en cubierta de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

<b>CARGAS EN CUBIERTA N=+7,00</b>					
<b>CARGAS PERMANENTES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Peso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Observaciones</b>	
Placa de eternit P7	D1 =	12,50	kg / m <sup>2</sup>	Ver hoja técnica	
Cielo Raso	D2 =	20,00	kg / m <sup>2</sup>	Tabla 4	
Instalaciones eléctricas	D4 =	10,00	kg / m <sup>2</sup>	Por clases Ing. Juan Sola	
<b>SUMA TOTAL</b>	$\Sigma =$	<b>42,50</b>	<b>kg / m<sup>2</sup></b>	<b>Sumatoria</b>	
Peso Propio	D1 =	12,50	kg / m <sup>2</sup>		
Por Acabados	D2 =	30,00	kg / m <sup>2</sup>		
Distancia entre correas	Di =	1,15	m	Por área tributaria	
<b>Carga muerta total</b>	<b>D =</b>	<b>48,88</b>	<b>kg / ml</b>	<b>Distr. En cada correa</b>	
Hormigón Armado	D1 =	2400,00	kg / m <sup>3</sup>	Tabla 3	

Fuente: Autor

**Tabla 36.** Calculo de cargas permanentes en entrepiso de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

<b>CARGAS EN ENTREPISOS N=+2,85</b>					
<b>CARGAS PERMANENTES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Peso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Observaciones</b>	
Hormigón Simple	D1 =	292,80	kg / m <sup>2</sup>	Calculo	
Alivianamiento (Bloque)	D2 =	102,40	kg / m <sup>2</sup>	Calculo	
Instalaciones eléctricas	D4 =	10,00	kg / m <sup>2</sup>	Por clases Ing. Juan Solá	
Instalaciones Hidrosanitarias	D4 =	10,00	kg / m <sup>2</sup>	Criterio	
Cielo raso	D4 =	55,00	kg / m <sup>2</sup>	Tabla 4	
Influencia Paredes	D7 =	0,00	kg / m <sup>2</sup>	Cálculos	
Rasante / Acabados	D7 =	66,00	kg / m <sup>2</sup>	Cálculos	
<b>SUMA TOTAL</b>	$\Sigma =$	<b>501,20</b>	<b>kg / m<sup>2</sup></b>	<b>Sumatoria</b>	
<b>Carga muerta total</b>	<b>D =</b>	<b>501,20</b>	<b>kg / ml</b>	<b>Distr. En cada Viga</b>	
Peso Propio	D1 =	395,20	kg / m <sup>2</sup>		
Por Acabados	D2 =	106,00	kg / m <sup>2</sup>		
Hormigón Armado	D1 =	2400,00	kg / m <sup>3</sup>	Tabla 3	

Fuente: Autor

Para calcular el peso total o carga muerta de los bloques de esta Unidad Educativa se ha utilizado los resultados del programa Sap2000, el cual nos muestra los resultados a continuación:

**Tabla 37:** Calculo del peso total del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

1	DEAD	4134,85	19	Acab	7060,21
1	Acab	4337	21	DEAD	9390,49
3	DEAD	2385,63	21	Acab	11429,34
3	Acab	2898,12	23	DEAD	5954,02
5	DEAD	9588,32	23	Acab	7670,03
5	Acab	11558,01	25	DEAD	12288,7
7	DEAD	5588,87	25	Acab	15517,04
7	Acab	7538,87	27	DEAD	5419,55
9	DEAD	10506,43	27	Acab	8102,21
9	Acab	13273,23	29	DEAD	14223,83
11	DEAD	4853,47	29	Acab	18094,73
11	Acab	7194,06	31	DEAD	8312,46
13	DEAD	9420,55	31	Acab	11853,61
13	Acab	11579,24	33	DEAD	7401,94
15	DEAD	5896,13	33	Acab	9824,01
15	Acab	7719,68	115	DEAD	727,23
17	DEAD	9491,26	115	Acab	754
17	Acab	11838,23	116	DEAD	4133,24
19	DEAD	5068,57	116	Acab	6341,61
		144870,52			164498,25
<b>Peso total del Bloque</b>				<b>309368,77 Kgf</b>	

Fuente: Sap2000

DESCRIPCIONES VARIAS:

DEAD = Peso propio

Acab = Peso por acabados

El bloque tiene 18 apoyos al suelo de soporte

**Tabla 38.** Calculo del peso total del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Joint Text	OutputCase Text	F3 Kgf	Joint Text	OutputCase Text	F3 Kgf
1	DEAD	5262,54	19	DEAD	12262,31
1	Acab	6498,58	19	Acab	15888,26
3	DEAD	7865,9	21	DEAD	8170,47
3	Acab	9350,97	21	Acab	10999,63
5	DEAD	5190,81	23	DEAD	12179,02
5	Acab	7095,1	23	Acab	15810,24
7	DEAD	8211,2	25	DEAD	7981,03
7	Acab	10783,35	25	Acab	10935,5
9	DEAD	8229,12	27	DEAD	11366,13
9	Acab	11169,16	27	Acab	14933,18
11	DEAD	12319,06	29	DEAD	8086,35
11	Acab	16091,44	29	Acab	9534,66
13	DEAD	8162,97	31	DEAD	5497,01
13	Acab	10986,43	31	Acab	6720,07
15	DEAD	12219,62	33	DEAD	4605,32
15	Acab	15822,71	33	Acab	5762,99
17	DEAD	8260,27	141	DEAD	1092,55
17	Acab	11107,48	141	Acab	1417,48
Total		174626,71			163242,2
<b>Peso total del Bloque</b>			<b>337868,91 Kgf</b>		

Fuente: Sap2000

DESCRIPCIONES VARIAS:

DEAD = Peso propio

Acab = Peso por acabados

El bloque tiene 18 apoyos al suelo de soporte

2.3.6.2.6 *Cargas vivas***Tabla 39.** Calculo de cargas variables**CARGAS VARIABLES CUBIERTA N=+7,00**

Descripción	Símbolo	Peso	Unidad	Observaciones
Succión del Viento	L1 =	-16,54	kg / m2	Sotavento
Presión del Viento	L2 =	13,78	kg / m2	Barlovento
CARGA por montaje	L3 =	70,00	kg / m2	NEC CG

---

SUMA TOTAL	$\Sigma =$	83,78	kg / m <sup>2</sup>
<i>Carga Viva Total</i>	<i>Lr =</i>	<i>83,78</i>	<i>kg / m<sup>2</sup></i>

---

Fuente: Autor

### 2.3.6.3 Combinaciones de carga

En el cálculo, análisis y diseño de los elementos estructurales, se maneja una envolvente de todas las combinaciones de carga.

Su resistencia requerida no debe ser menor que el mayor valor que se obtiene de las siguientes ecuaciones, según la (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015):

- Combinación 1

1.4 D

- Combinación 2

1.2 D + 1.6 L + 0.5max [Lr; S; R]

- Combinación 3

1.2 D + 1.6 max [Lr; S; R]+ max [L; 0.5W]

- Combinación 4

1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max [Lr; S; R]

- Combinación 5

1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S

- Combinación 6

0.9 D + 1.0 W

- Combinación 7

0.9 D + 1.0 E

En dónde:

D = Carga permanente

E = Carga de sismo

L = Sobrecarga (carga viva)

Lr = Sobrecarga cubierta (carga viva)

S = Carga de granizo

W = Carga de Viento

### 2.3.7 Cortante Basal Estático

Según la (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015), define “Como la fuerza total de diseño por cargas laterales, aplicada en la base de la estructura, resultado de la acción del sismo de diseño con o sin reducción, de acuerdo con las especificaciones de la presente norma.

Esta fuerza se genera en función de las cargas últimas, aplicando en una estructura en una dirección especificada y se determina por la expresión siguiente:

$$V = \frac{I \cdot Sa(ta)}{R \cdot \phi_p \cdot \phi_e} \cdot W$$

En donde:

Sa = Espectro de diseño de respuesta en aceleración

I = Factor de importancia del edificio

$\phi_p$ ,  $\phi_e$  = Coeficientes de configuración de planta y elevación

R = Factor de reducción de resistencia sísmica

V = Cortante basal total de diseño

W = Carga sísmica reactiva

ta = Periodo fundamental de vibración ”.

Calculo de la cortante basal tomando en cuenta los parámetros según la (NEC\_SE\_DS (Diseño Sismo Resistente), 2015):

**Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”**

**Tabla 40.** Cálculo de la Cortante Basal del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Observaciones
Coef. de Importancia del Edificio	I =	1,30	s/u	Tabla 13: Destino del Edificio
Factor de Reducción de Respuesta	R =	8,00	s/u	Tabla14: Sis.Estr ductib Limit
Zonificación sísmica	Zona =	II	s/u	Tabla 6: Zonificación sísmica
Factor (Z) Peligro Sísmico	Z =	0,25	s/u	Tabla 7: Valores de Z
Coef. de amplificación espectral	$\eta$ =	2,48	s/u	Prov. Sierra- Esmeraldas - Galápagos
Fac_asociado al periodo de retorno	r =	1,00	s/u	Para todos los suelos
Geología Local Tipo de Suelo	Tip =	C	s/u	Tabla 8: Perfiles de Suelo
Altura Max de la edificación	hm =	6,40	m	Altura total
Coef. Amplif.en Zona Periodo corto	Fa =	1,30	s/u	Tabla 9: Factor de Sitio
Coef. Amplif. Espectro Elástico	Fd =	1,28	s/u	Tabla 10: Factor de Sitio
Coef. De Comportam. no Lineal	Fs =	0,94	s/u	Tabla11: Fac_Comporta Inelástico
Coef. en función Tipo de Edificio	Cf =	0,055	s/u	P / Periodo Fund. pg.= 62
Coef. para cálculo del periodo	$\alpha$ =	0,90	s/u	P / Periodo Fund. pg.= 62
Factor de irregularidad en planta	$\phi_p$ =	1,00	s/u	TABLA
Factor de irregularidad en elevación	$\phi_E$ =	1,00	s/u	TABLA
Aceleración de la gravedad	g =	9,81	m/s <sup>2</sup>	
PERIODO NAT_DE VIBRACION	T =	0,67829	seg.	Obtenida del Modelo
PERIODO VIB. Met.1 NEC	T =	0,292	seg.	NEC pg.62
PERIODO VIB. Met.2 NEC	T =	0,38	seg.	NEC pg.63
PER_FUNDAMENTAL (Cero)	T (0) =	0,00	seg.	Tiempo cero
PER_FUNDAMENTAL (L_Inf)	To =	0,09	seg.	Tiempo 1
PER_FUNDAMENTAL (L_Super.)	Tc =	0,51	seg.	Tiempo 2
PER_FUNDAMENTAL (Máximo)	TL =	3,07	seg.	Tiempo limite
Carga Sísmica Reactiva	W =	934279,13	kg	W = D y/o + 0,25Li
Cargas por peso Propio	D =	934279,13	kg	Aporte de masa

Espectro sísmico de Respuesta	Sa =	0,806	g	Fracción de la Gravedad
Porc. de peso para cortante	fac =	0,09	s.u	Aporte de masa
<b>CORTANTE BASAL</b>	<b>V =</b>	<b>83000,45</b>	<b>Kg</b>	

Fuente: Autor

El valor calculado de la cortante basal estática en el bloque 1 de la Unidad Educativa

“Alberto Andrade Arízaga, Brummel” es 83000,45 Kg.

Luego de calcular manualmente la cortante basal estática, se procede a comprobar los resultados con la cortante basal dinámica, para ello nos ayudamos del programa Sap2000 para su verificación, la misma que más adelante explicaremos.

**Tabla 41.** Verificación de la Cortante Basal del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Joint Text	OutputCase Text	F1 (X) Kgf	F2 (Y) Kgf	OutputCase Text	F1 Kgf	F2 Kgf
1	Ex	-1381,47	-7844,52	COMB5 Y	463,28	-32200,21
3	Ex	-1230,45	-6792,84	COMB5 Y	492,62	-31046,27
5	Ex	-2840,27	-1302,69	COMB5 Y	-682,39	-5221,59
7	Ex	-2468,12	252,39	COMB5 Y	-236,53	-3648,44
9	Ex	-2317,31	-1157,68	COMB5 Y	-200,41	-4933,13
11	Ex	-2015,53	428,13	COMB5 Y	144,45	-3318,95
13	Ex	-2712,68	-912,85	COMB5 Y	-614,77	-4471,11
15	Ex	-2369,19	655,96	COMB5 Y	-140,06	-2850,06
17	Ex	-2335,8	-683,01	COMB5 Y	-245,72	-4030,77
19	Ex	-62053,13	935,17	COMB5 Y	2837,36	-2424,73
21	Ex	-2704,86	-458,2	COMB5 Y	-645,38	-3435,48
23	Ex	-64117,1	1091,21	COMB5 Y	345,28	-1820,41
25	Ex	-2329,54	-189,73	COMB5 Y	-278,71	-2906,97
27	Ex	-2037,3	1341,01	COMB5 Y	271,48	-1241,22
29	Ex	-2763,5	338,11	COMB5 Y	-592,78	-2143,48
31	Ex	-7169,58	1072	COMB5 Y	-1218,38	1338,37
33	Ex	-2509,07	3071,25	COMB5 Y	-845,03	-9935,6
35	Ex	-9051,94	6804,29	COMB5 Y	639,74	-17128,38
178	Ex	-3449,52	-3529,04	COMB5 Y	572,96	-22854,79
179	Ex	-2232,03	6881,04	COMB5 Y	-67	-25815,2

<b>COR_BASAL DEL MOD.</b>	-90044,2	0	0,01	-90044,2
---------------------------	----------	---	------	----------

Fuente: Sap2000

El valor calculado de la cortante basal dinámica en el bloque 1 de la Unidad Educativa

“Alberto Andrade Arízaga, Brummel” es 90044,2 Kg.

**Tabla 42.** Cálculo de la Cortante Basal del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Referencia
Coficiente de Importancia del Edif	I =	1,30	s/u	Tabla 13: Destino del Edificio
Factor de Reducción de Respuesta	R =	8,00	s/u	Tabla 14: Sis.Estr ductib. Limite
Zonificación sísmica	Zona =	II	s/u	Tabla 6: Zonificación sísmica
Factor (Z) Peligro Sísmico	Z =	0,25	s/u	Tabla 7: Valores de Z
Coef. De amplificación espectral	$\eta$ =	2,48	s/u	Prov. Sierra- Esmeraldas - Galápagos
Fac_asociado al periodo de retorno	r =	1,00	s/u	Para todos los suelos
Geología Local Tipo de Suelo	Tip =	C	s/u	Tabla 8: Perfiles de Suelo
Altura Max de la edificación	hm =	6,40	m	Altura total
Coef.Amplif. en Zona Period corto	Fa =	1,30	s/u	Tabla 9: Factor de Sitio
Coef. Amplif. Espect Elástico	Fd =	1,28	s/u	Tabla 10: Factor de Sitio
Coef. De Comportam no Lineal	Fs =	0,94	s/u	Tabla 11: Fac_Comporta Inelástico
Coef. en función Tipo de Edificio	Cf =	0,055	s/u	P / Periodo Fund. pg.= 62
Coef. Para cálculo del periodo	$\alpha$ =	0,90	s/u	P / Periodo Fund. pg.= 62
Factor de irregularidad en planta	$\phi_p$ =	1,00	s/u	TABLA
Factor de irregularidad en elevación	$\phi_e$ =	1,00	s/u	TABLA
Aceleración de la gravedad	g =	9,81	m/s <sup>2</sup>	
PERIODO NAT_DE VIBRACION	T =	0,6220	seg.	Obtenida del Modelo
PERIODO VIB. Met.1 NEC	T =	0,292	seg.	NEC pg.62
PERIODO VIB. Met.2 NEC	T =	0,38	seg.	NEC pg.63
PER_FUNDAMENTAL (Cero)	T (0) =	0,00	seg.	Tiempo cero
PER_FUNDAMENTAL (L_Inf)	To =	0,09	seg.	Tiempo 1
PER_FUNDAMENTAL (L_Super.)	Tc =	0,51	seg.	Tiempo 2
PER_FUNDAMENTAL (Máximo)	TL =	3,07		Tiempo limite

Carga Sísmica Reactiva	W =	430086,09	kg	W = D y/o + 0,25Li
Cargas por peso Propio	D =	430086,09	kg	Aporte de masa
Espectro sísmico de Respuesta	Sa =	0,806	g	Fracción de la Gravedad
Porc. De peso para cortante	fac =	0,08	s.u	Aporte de masa
<b>CORTANTE BASAL</b>	<b>V =</b>	<b>35037,70</b>	<b>Kg</b>	

Fuente: Autor

El valor calculado de la cortante basal en el bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel” es 35037,70 Kg.

**Tabla 43.** Verificación de la Cortante Basal del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Joint Text	OutputCase Text	F1 (X) Kgf	F2 (Y) Kgf	OutputCase Text	F1 Kgf	F2 Kgf
80	COMB5_X	-1508,85	-4385,21	COMB5_Y	675,54	-17008,09
82	COMB5_X	-1263,96	-2917,9	COMB5_Y	553,43	-15398,41
86	COMB5_X	-2842,85	-1642,69	COMB5_Y	-168,3	-4153,63
88	COMB5_X	-33646,38	1150,37	COMB5_Y	198,84	-1403,58
92	COMB5_X	-2397,63	-1280,51	COMB5_Y	190,98	-4132,78
94	COMB5_X	-34290,2	854,95	COMB5_Y	-526,67	-2061,42
98	COMB5_X	-2723,13	-803,89	COMB5_Y	-62,47	-4113,53
100	COMB5_X	-2561,12	764,78	COMB5_Y	-138,34	-2528,21
104	COMB5_X	-2511,36	3571,45	COMB5_Y	-308,16	-18232
106	COMB5_X	-2533,46	4688,66	COMB5_Y	-414,87	-17247,28
<b>COR_BASAL DEL MOD.</b>		<b>-32354,16</b>	<b>0,01</b>		<b>-0,02</b>	<b>-32354,16</b>

Fuente: Sap2000

El valor calculado de la cortante basal dinámica en el bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel” es 32354,16 Kg.

**Tabla 44.** Cálculo de la Cortante Basal del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Observaciones
-----------	----------	-------	--------	---------------

Coef. de Importancia del Edificio	I =	1,30	s/u	Tabla 13: Destino del Edificio
Factor de Reducción de Respuesta	R =	8,00	s/u	Tabla 14: Sis.Estr ductib Limit
Zonificación sísmica	Zona =	II	s/u	Tabla 6: Zonificación sísmica
Factor (Z) Peligro Sísmico	Z =	0,25	s/u	Tabla 7: Valores de Z
Coef. De amplificación espectral	$\eta$ =	2,48	s/u	Prov. Sierra- Esmeraldas - Galápagos
Fac_asociado al periodo de retorno	r =	1,00	s/u	Para todos los suelos
Geología Local Tipo de Suelo	Tip =	C	s/u	Tabla 8: Perfiles de Suelo
Altura Max de la edificación	hm =	8,70	m	Altura total
Coef.Amplif. en Zona Periodo corto	Fa =	1,30	s/u	Tabla 9: Factor de Sitio
Coef.Amplif. Espectro Elástico	Fd =	1,28	s/u	Tabla 10: Factor de Sitio
Coef. De Comportam no Lineal	Fs =	0,94	s/u	Tabla 11: Fac_Comporta Inelástico
Coef. en función Tipo de Edificio	Cf =	0,055	s/u	P / Periodo Fund. pg.= 62
Coef. para cálculo del periodo	$\alpha$ =	0,90	s/u	P / Periodo Fund. pg.= 62
Factor de irregularidad en planta	$\phi_p$ =	1,00	s/u	TABLA
Factor de irregularidad en elevación	$\phi_E$ =	1,00	s/u	TABLA
Aceleración de la gravedad	g =	9,81	m/s <sup>2</sup>	
PERIODO NAT_DE VIBRACION	T =	0,796984	seg.	Obtenida del Modelo
PERIODO VIB. Met.1 NEC	T =	0,385	seg.	NEC pg.62
PERIODO VIB. Met.2 NEC	T =	0,50	seg.	NEC pg.63
PER_FUNDAMENTAL (Cero)	T (0) =	0,00	seg.	Tiempo cero
PER_FUNDAMENTAL (L_Inf)	To =	0,09	seg.	Tiempo 1
PER_FUNDAMENTAL (L_Super.)	Tc =	0,51	seg.	Tiempo 2
PER_FUNDAMENTAL (Máximo)	TL =	3,07	seg.	Tiempo limite
Carga Sísmica Reactiva	W =	352010,42	kg	W = D y/o + 0,25Li
Cargas por peso Propio	D =	352010,42	kg	Aporte de masa
Espectro sísmico de Respuesta	Sa =	0,806	g	Fracción de la Gravedad
Porc. De peso para cortante	fac =	0,10	s.u	Aporte de masa
<b>CORTANTE BASAL</b>	<b>V =</b>	<b>36744,60</b>	<b>Kg</b>	

Fuente: Autor

El valor calculado de la cortante basal en el bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel” es 36744,60 Kg.

**Tabla 45 .** Verificación de la Cortante Basal del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Joint Text	OutputCase Text	F1 (X) Kgf	F2 (Y) Kgf	OutputCase Text	F1 Kgf	F2 Kgf
158	COMB5_X	-4865,45	-2262,52	COMB5_Y	-261,87	-5741,89
159	COMB5_X	-2485,37	-6145,41	COMB5_Y	939,45	-17593,53
160	COMB5_X	-4098,37	3045,08	COMB5_Y	-559,43	-17311,1
165	COMB5_X	-14872,56	6222,18	COMB5_Y	-747,78	-14466,19
166	COMB5_X	-29008,99	2455	COMB5_Y	-369,22	-992,86
167	COMB5_X	-15224,34	-3314,33	COMB5_Y	998,86	-14449,49
<b>COR_BASAL DEL MOD.</b>		<b>-30867,84</b>	<b>0,00</b>		<b>0,01</b>	<b>-30867,84</b>

Fuente: Sap2000

El valor calculado de la cortante basal dinámica en el bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel” es 30867,84 Kg.

**Tabla 46.** Cálculo de la Cortante Basal del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Observaciones
Coef. de Importancia del Edificio	I =	1,30	s/u	Tabla 13: Destino del Edificio
Factor de Reducción de Respuesta	R =	8,00	s/u	Tabla14: Sis.Estr ductib Limit
Zonificación sísmica	Zona =	II	s/u	Tabla 6: Zonificación sísmica
Factor (Z) Peligro Sísmico	Z =	0,25	s/u	Tabla 7: Valores de Z
Coef. De amplificación espectral	$\eta$ =	2,48	s/u	Prov. Sierra- Esmeraldas Galápagos
Fac_asociado al periodo de retorno	r =	1,00	s/u	Para todos los suelos
Geología Local Tipo de Suelo	Tip =	C	s/u	Tabla 8: Perfiles de Suelo
Altura Max de la edificación	hm =	8,70	m	Altura total
Coef.Amplif. en Zona Periodo corto	Fa =	1,30	s/u	Tabla 9: Factor de Sitio
Coef.Amplif. Espectro Elástico	Fd =	1,28	s/u	Tabla 10: Factor de Sitio
Coef. De Comportam no Lineal	Fs =	0,94	s/u	Tabla11: Fac_Comporta Inelástico
Coef. en función Tipo de Edificio	Cf =	0,055	s/u	P / Periodo Fund. pg.= 62
Coef. para cálculo del periodo	$\alpha$ =	0,90	s/u	P / Periodo Fund. pg.= 62

Factor de irregularidad en planta	$\phi_p =$	1,00	s/u	TABLA
Factor de irregularidad en elevación	$\phi_E =$	1,00	s/u	TABLA
Aceleración de la gravedad	$g =$	9,81	m/s <sup>2</sup>	
PERIODO NAT_DE VIBRACION	$T =$	0,9108	seg.	Obtenida del Modelo
PERIODO VIB. Met.1 NEC	$T =$	0,385	seg.	NEC pg.62
PERIODO VIB. Met.2 NEC	$T =$	0,50	seg.	NEC pg.63
PER_FUNDAMENTAL (Cero)	$T(0) =$	0,00	seg.	Tiempo cero
PER_FUNDAMENTAL (L_Inf)	$T_0 =$	0,09	seg.	Tiempo 1
PER_FUNDAMENTAL (L_Super.)	$T_c =$	0,51	seg.	Tiempo 2
PER_FUNDAMENTAL (Máximo)	$T_L =$	3,07	seg.	Tiempo limite
Carga Sísmica Reactiva	$W =$	187016,36	kg	$W = D \quad y/o \quad + 0,25L_i$
Cargas por peso Propio	$D =$	187016,36	kg	Aporte de masa
Espectro sísmico de Respuesta	$S_a =$	0,806	g	Fracción de la Gravedad
Porc. De peso para cortante	$fac =$	0,05	<b>s.u</b>	Aporte de masa
<b>CORTANTE BASAL</b>	<b>V =</b>	<b>9440,57</b>	<b>Kg</b>	

Fuente: Autor

El valor calculado de la cortante basal en el bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel” es 9440,57 Kg.

**Tabla 47.** Verificación de la Cortante Basal del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Joint Text	OutputCase Text	F1 (X) Kgf	F2 (Y) Kgf	OutputCase Text	F1 Kgf	F2 Kgf
161	COMB5_X	-3673,08	-4104,00	COMB5_Y	539,30	-10194,92
162	COMB5_X	-4662,49	2722,52	COMB5_Y	-529,37	-10280,34
163	COMB5_X	-15642,56	4737,76	COMB5_Y	-839,22	-8609,28
164	COMB5_X	-13973,89	-3356,28	COMB5_Y	829,28	-8867,48
<b>COR_BASAL DEL MOD.</b>		<b>-9488,01</b>	<b>0,00</b>		<b>0,00</b>	<b>-9488,01</b>

Fuente: Sap2000

El valor calculado de la cortante basal dinámica en el bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel” es 9488,01 Kg.

### Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Para obtener el cálculo de la cortante basal estático, se procede manualmente de acuerdo a la normativa.

**Tabla 48.** Cálculo de la Cortante Basal del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Observaciones
Coefficiente de Importancia del Edificio	I =	1,30	s/u	Tabla 13: Destino del Edificio
Factor de Reducción de Respuesta	R =	5,00	s/u	Tabla14: Sis.Estr ductib Limit
Zonificación sísmica	Zona =	II	s/u	Tabla 6: Zonificación sísmica
Factor (Z) Peligro Sísmico	Z =	0,25	s/u	Tabla 7: Valores de Z
Coefficiente de amplificación espectral	$\eta$ =	2,48	s/u	Prov. Sierra- Esmeraldas - Galápagos
Factor asociado al periodo de retorno	r =	1,00	s/u	Para todos los suelos
Geología Local Tipo de Suelo	Tip =	A	s/u	Tabla 8: Perfiles de Suelo
Altura máxima edificación	hm =	6,70	m	Altura total
Coef_Amplif_Zona Periodo corto	Fa =	0,90	s/u	Tabla 9: Factor de Sitio
Coef_Amplif_Espectro Elástico	Fd =	0,90	s/u	Tabla 10: Factor de Sitio
Coef_ Comportamiento no lineal	Fs =	0,75	s/u	Tabla11: Fac_Comporta Inelástico
Coefficiente en función Tipo de Edificio	Cf =	0,055	s/u	P / Periodo Fund. pg.= 62
Coefficiente para cálculo del periodo	$\alpha$ =	0,90	s/u	P / Periodo Fund. pg.= 62
Factor de irregularidad en planta	$\phi_p$ =	1,00	s/u	TABLA
Factor de irregularidad en elevación	$\phi_E$ =	1,00	s/u	TABLA
Aceleración de la gravedad	g =	9,81	m/s <sup>2</sup>	
PERIODO NAT_DE VIBRACION	T =	0,73	seg.	Obtenida del Modelo
PERIODO VIB. Met.1 NEC	T =	0,305	seg.	NEC pg.62
PERIODO VIB. Met.2 NEC	T =	0,40	seg.	NEC pg.63
PER_FUNDAMENTAL (Cero)	T(0) =	0,00	seg.	Tiempo cero
PER_FUNDAMENTAL (L_Inf)	To =	0,08	seg.	Tiempo 1
PER_FUNDAMENTAL(L_Sup)	Tc =	0,41	seg.	Tiempo 2
PER_FUNDAMENTAL (Máximo)	TL =	2,16	seg.	Tiempo limite
Carga sísmica reactiva	W =	309368,77	kg	W = D y/o + 0,25Li

Cargas por peso propio	D =	309368,77	kg	Aporte de masa
Espectro sísmico de respuesta	Sa =	0,558	g	Fracción de la Gravedad
Porc. de peso para cortante	fac =	0,04	s.u	Aporte de masa
<b>CORTANTE BASAL</b>	<b>V =</b>	<b>13674,58</b>	<b>Kg</b>	

Fuente: Autor

El valor calculado de la cortante basal en el bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia” es 13674,58 Kg.

**Tabla 49.** Verificación de la Cortante Basal del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia” por Sap2000.

Joint Text	OutputCase Text	F1 (X) Kgf	F2 (Y) Kgf	OutputCase Text	F1 Kgf	F2 Kgf
1	Ex	-84,07	1634,42	COMB5 Y	28285,42	-12304,38
3	Ex	-101,45	-359,56	COMB5 Y	-453,19	-215,84
5	Ex	-92,75	59,29	COMB5 Y	723,02	-133,29
7	Ex	-669,89	-198,58	COMB5 Y	-410,9	-282,94
9	Ex	-388,99	58,38	COMB5 Y	707,84	-344,53
11	Ex	-498,88	-61,67	COMB5 Y	-42,08	-408,07
13	Ex	-558,9	59,46	COMB5 Y	552,32	-273,72
15	Ex	-589,9	-64,43	COMB5 Y	21,49	-284,69
17	Ex	-726,23	58,65	COMB5 Y	487,12	-285,73
19	Ex	-764,53	-62,12	COMB5 Y	-42,82	-318,9
21	Ex	-886,09	57,62	COMB5 Y	422,13	-299,2
23	Ex	-917,64	-60,48	COMB5 Y	-96,17	-360,74
25	Ex	-1094,24	56,48	COMB5 Y	524,75	-151,45
27	Ex	-1217,16	-58,27	COMB5 Y	-395,52	-213,04
29	Ex	-1422,07	52,59	COMB5 Y	442,92	-332,89
31	Ex	-1507,64	-67,68	COMB5 Y	-454,52	-260,34
33	Ex	-1425,33	79,94	COMB5 Y	0,45	-425
115	Ex	-4463,55	-1211,34	COMB5 Y	-30013,83	-1457,1
116	Ex	-1460,67	27,3	COMB5 Y	-258,42	-518,14
<b>COR_BASAL DEL MOD.</b>		<b>-18869,98</b>	<b>0,00</b>		<b>0,01</b>	<b>-18869,99</b>

Fuente: Sap2000

El valor calculado de la cortante basal dinámica en el bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia” es 18869,98 Kg.

**Tabla 50.** Cálculo de la Cortante Basal del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Observaciones
Coeficiente de Importancia del Edificio	I =	1,30	s/u	Tabla 13: Destino del Edificio
Factor de Reducción de Respuesta	R =	5,00	s/u	Tabla 14: Sis. Estr. ductib Limit
Zonificación sísmica	Zona =	II	s/u	Tabla 6: Zonificación sísmica
Factor (Z) Peligro Sísmico	Z =	0,25	s/u	Tabla 7: Valores de Z
Coef. de amplificación espectral	$\eta$ =	2,48	s/u	Prov. Sierra- Esmeraldas - Galápagos
Fac_asociado al periodo de retorno	r =	1,00	s/u	Para todos los suelos
Geología Local Tipo de Suelo	Tip =	A	s/u	Tabla 8: Perfiles de Suelo
Altura Max de la edificación	hm =	6,70	m	Altura total
Coeficiente Amplificación en Zona Periodo corto	Fa =	0,90	s/u	Tabla 9: Factor de Sitio
Coef_Amplif_Espect_Elástico	Fd =	0,90	s/u	Tabla 10: Factor de Sitio
Coeficiente de Comportamiento no Lineal	Fs =	0,75	s/u	Tabla 11: Fac_Comporta Inelástico
Coeficiente en función Tipo de Edificio	Cf =	0,055	s/u	P / Periodo Fund. pg.= 62
Coeficiente para cálculo del periodo	$\alpha$ =	0,90	s/u	P / Periodo Fund. pg.= 62
Factor de irregularidad en planta	$\phi_p$ =	1,00	s/u	TABLA
Factor de irregularidad en elevación	$\phi_E$ =	1,00	s/u	TABLA
Aceleración de la gravedad	g =	9,81	m/s <sup>2</sup>	
PERIODO NAT_DE VIBRACION	T =	0,70	seg.	Obtenida del Modelo
PERIODO VIB. Met.1 NEC	T =	0,305	seg.	NEC pg.62
PERIODO VIB. Met.2 NEC	T =	0,40	seg.	NEC pg.63
PER_FUNDAMENTAL (Cero)	T(0) =	0,00	seg.	Tiempo cero
PER_FUNDAMENTAL (L_Inf)	To =	0,08	seg.	Tiempo 1
PER_FUNDAMENTAL (L_Super.)	Tc =	0,41	seg.	Tiempo 2
PER_FUNDAMENTAL (Máximo)	TL =	2,16		Tiempo limite
Carga sísmica reactiva	W =	337868,91	kg	W = D y/o + 0,25Li
Cargas por peso propio	D =	337868,91	kg	Aporte de masa
Espectro sísmico de respuesta	Sa =	0,558	g	Fracción de la Gravedad
Porc. de peso para cortante	fac =	0,04	s.u	Aporte de masa

---

**CORTANTE BASAL**      **V =**      14934,33      **Kg**

---

**Fuente:** Autor

El valor calculado de la cortante basal en el bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia” es 14934,33 Kg.

**Tabla 51.** Verificación de la Cortante Basal del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia” por Sap2000.

<b>Joint Text</b>	<b>OutputCase Text</b>	<b>F1 (X) Kgf</b>	<b>F2 (Y) Kgf</b>	<b>OutputCase Text</b>	<b>F1 Kgf</b>	<b>F2 Kgf</b>
1	COMB5 X	-5939,89	22507,79	COMB5 Y	539,3	-2108,75
3	COMB5 X	-379,26	-118,15	COMB5 Y	27,38	-130,97
5	COMB5 X	-1008,83	-52,93	COMB5 Y	-212,76	-129,73
7	COMB5 X	-1017,61	-22,88	COMB5 Y	-208,63	-108,36
9	COMB5 X	-815,25	-45,77	COMB5 Y	-83,82	-118,43
11	COMB5 X	-794,87	-81,97	COMB5 Y	-65,79	-158,39
13	COMB5 X	-841,7	-59,91	COMB5 Y	-93,17	-118,94
15	COMB5 X	-821,24	-109,35	COMB5 Y	-86,73	-167,92
17	COMB5 X	-844,09	-72,58	COMB5 Y	-90,96	-113,5
19	COMB5 X	-822,31	-131,83	COMB5 Y	-90,57	-173,8
21	COMB5 X	-833,07	-100,33	COMB5 Y	-77,95	-123,03
23	COMB5 X	-818,24	-143,01	COMB5 Y	-92,83	-165,29
25	COMB5 X	-874,3	-146,85	COMB5 Y	-95,5	-148,73
27	COMB5 X	-817,74	-137,84	COMB5 Y	-71,23	-136,87
29	COMB5 X	-767,33	1351,95	COMB5 Y	403,59	-3808,74
31	COMB5 X	-580,21	-372,86	COMB5 Y	605,63	-5707,14
33	COMB5 X	1663,48	958,88	COMB5 Y	1406,27	-106,94
141	COMB5 X	-4850,01	-23222,36	COMB5 Y	-1712,25	<b>-7636,94</b>
<b>COR_BASAL DEL MOD.</b>		<b>-21162,47</b>	<b>0,00</b>		<b>-0,02</b>	<b>-21162,47</b>

**Fuente:** Autor

El valor calculado de la cortante basal dinámica en el bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia” es 21262,47 Kg.

### 2.3.8 Determinación de las fuerzas sísmicas laterales

Las fuerzas laterales son aquellas que resultan de la correcta distribución del cortante basal de diseño en toda edificación, cual asemeja a una carga triangular. En ausencia de un

procedimiento más riguroso, basado en los principios de la dinámica, las fuerzas laterales totales de cálculo deben ser distribuidas en toda la altura de la estructura, según (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015, pág. 66) utilizando las siguientes expresiones:

$$F_x = \frac{w_x \cdot h_x^k}{\sum^n w_i \cdot h_i} \cdot V$$

Dónde:

V = Cortante total en la base de la estructura

V<sub>x</sub> = Cortante total en el piso x de la estructura

F<sub>i</sub> = Fuerza lateral aplicada en el piso i de la estructura

F<sub>x</sub> = Fuerza lateral aplicada en el piso x de la estructura

N = Número de pisos de la estructura

W<sub>x</sub> = Peso aginado al piso o nivel x de la estructura, siendo una fracción de la carga reactiva

W

W<sub>i</sub> = Peso asignado al piso o nivel i de la estructura, siendo una fracción de la carga reactiva

W

h<sub>x</sub> = Altura del piso x de la estructura

h<sub>i</sub> = Altura del piso i de la estructura

k = 1,00 s/n Coeficiente relacionado con el período de vibración de la estructura T

**Tabla 52.** Determinación de k

Valores de T (s)	k
≤ 0.5	1
0.5 < T ≤ 2.5	0.75 + 0.50 T
> 2.5	2

**Fuente:** (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015, pág. 67)

Calculo de las fuerzas sísmicas laterales tomando en cuenta los parámetros según la (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015):

**Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”**

**Tabla 53.** Calculo de las fuerzas sísmicas laterales del Bloque 1 la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

DESCRIPCIÓN DE NIVEL	ALTURA (m)	CARGA (Piso)	Wi*hi	FUERZA LATERAL (Fx)
Nivel 1	3,35	467139,57	1564917,55	28518,10
Nivel 2	6,40	467139,57	2989693,23	54482,35
<b>SUMATORIA</b>		934279,13	4554610,78	83000,45

Fuente: Autor

**Tabla 54.** Calculo de las fuerzas sísmicas laterales del Bloque 2 la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

DESCRIPCIÓN DE NIVEL	ALTURA (m)	CARGA (Piso)	Wi*hi	FUERZA LATERAL
Nivel 1	3,35	215043,05	720394,20	12038,59
Nivel 2	6,40	215043,05	1376275,49	22999,11
<b>SUMATORIA</b>		430086,09	2096669,70	35037,70

Fuente: Autor

**Tabla 55.** Calculo de las fuerzas sísmicas laterales del Bloque 3 la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

DESCRIPCIÓN DE NIVEL	ALTUR (m)	CARGA (Piso)	Wi*hi	FUERZA LATERAL (Fx)
Nivel 1	3,35	117336,81	393078,30	6671,78
Nivel 2	6,40	117336,81	750955,56	12746,09
Nivel 3	8,70	117336,81	1020830,21	17326,72
<b>SUMATORIA</b>		352010,42	2164864,06	36744,60

Fuente: Autor

**Tabla 56.** Calculo de las fuerzas sísmicas laterales del Bloque 4 la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

DESCRIPCIÓN DE NIVEL	ALTUR (m)	CARGA (Piso)	Wi*hi	FUERZA LATERAL (Fx)
Nivel 1	2,30	62338,79	143379,21	1352,85
Nivel 2	5,35	62338,79	333512,50	3146,86

Nivel 3	8,40	62338,79	523645,80	4940,86
<b>SUMATORIA</b>		187016,36	1000537,51	9440,57

Fuente: Autor

### Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Tabla 57.** Calculo de las fuerzas sísmicas laterales del bloque 1 la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

DESCRIPCIÓN DE NIVEL	ALTURA (m)	CARGA (Piso)	Wi*hi	FUERZA LATERAL (Fx)
Nivel 1	2,80	154684,39	433116,28	6584,06
Nivel 2	5,60	154684,39	866232,56	13168,12
<b>SUMATORIA</b>		<b>309368,77</b>	<b>1299348,83</b>	<b>19752,17</b>

Fuente: Autor

**Tabla 58.** Calculo de las fuerzas sísmicas laterales del bloque 2 la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

DESCRIPCIÓN DE NIVEL	ALTURA (m)	CARGA (Piso)	Wi*hi	FUERZA LATERAL(Fx)
Nivel 1	2,80	168934,46	473016,47	4978,11
Nivel 2	5,60	168934,46	946032,95	9956,22
<b>SUMATORIA</b>		<b>337868,91</b>	<b>1419049,42</b>	14934,33

Fuente: Autor

## 2.4 Sismo resistencia Dinámica con ayuda del programa SAP 2000 v16.0.0 Advanced

### Configuración necesaria del programa

Sap2000 incorpora algunos materiales con sus características, sin embargo, se le debe realizar algunas configuraciones al programa de acuerdo a las características técnicas de los materiales y las propiedades de los elementos propuestos para este proyecto.

1 ksi = 70.3070 kg/cm que se utiliza para la conversión de unidades de inglesas a SI.

**Tabla 59.** Conversión de Unidades

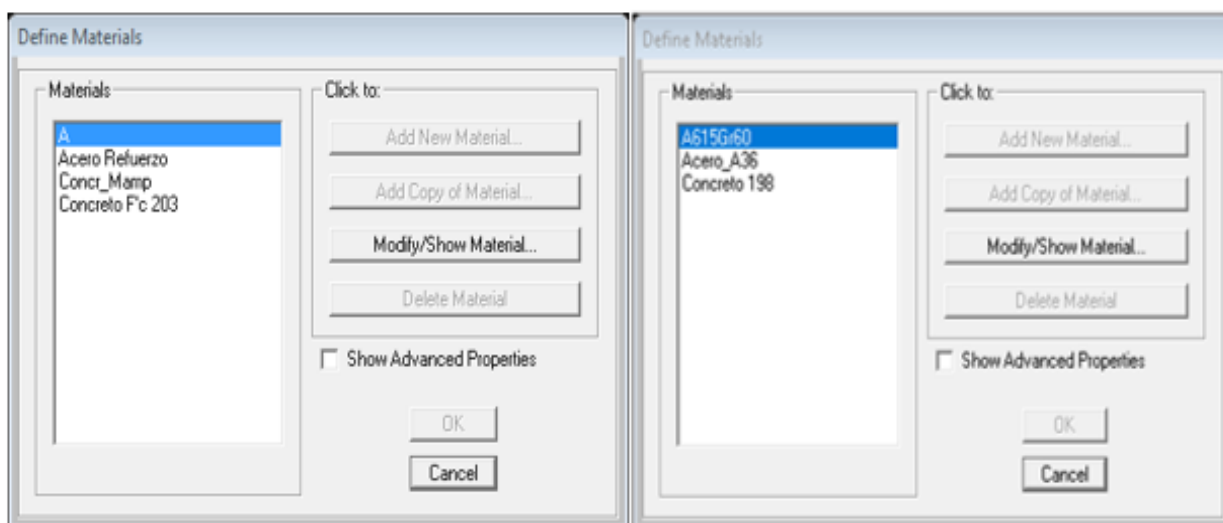
Descripción	Nomenclatura	Unidades	Unidades transformadas	Norma
Límite de Fluencia	Fy =	36 ksi	2531 kg / cm <sup>2</sup>	
Módulo de Elasticidad	E =	29000ksi	2039000 kg / cm <sup>2</sup>	AISC
Módulo de Elasticidad(Corte)	G =	11200ksi	787400 kg / cm <sup>2</sup>	AISC
Módulo de Elasticidad	E =	29500ksi	2074000 kg / cm <sup>2</sup>	AISI
Módulo de Elasticidad(Corte)	G =	11300ksi	796500 kg / cm <sup>2</sup>	AISI

**Fuente:** Autor

Pero antes se debe seleccionar las unidades en el programa con las que se va a trabajar en fuerza, distancia y temperatura, en este caso es en Kg-f-m-C.

Luego de importar nuestro modelo desde AutoCAD Civil 3D, se procede a ingresar los datos.

En Define Materials ingresamos el material a trabajar en este caso concreto de 203 kg /cm<sup>2</sup> y 198 kg /cm<sup>2</sup> para las Unidades Educativas "Brummel" y "Nuestra Familia" respectivamente, acero A36 y el acero de refuerzo como indica la siguiente tabla:

**Figura: 48.** Definición de los materiales

**Fuente:** Autor

Para el hormigón estructural y el acero, que son los materiales de los cuales están conformados el proyecto en estudio, se muestra las propiedades según como solicita el programa:

Property	Value
Material Name and Display Color	Concreto 198
Material Type	Concrete
Weight per Unit Volume	2400
Mass per Unit Volume	244.7319
Units	Kgf, m, C
Modulus of Elasticity, E	2.535E+09
Poisson's Ratio, U	0.2
Coefficient of Thermal Expansion, A	9.900E-06
Shear Modulus, G	1.056E+09
Specified Concrete Compressive Strength, Fc	1980000
Lightweight Concrete	<input checked="" type="checkbox"/>
Shear Strength Reduction Factor	1

Property	Value
Material Name and Display Color	Acero_A36
Material Type	Steel
Weight per Unit Volume	7850
Mass per Unit Volume	800.4772
Units	Kgf, m, C
Modulus of Elasticity, E	2.039E+10
Poisson's Ratio, U	0.3
Coefficient of Thermal Expansion, A	1.170E-05
Shear Modulus, G	7.842E+09
Minimum Yield Stress, Fy	25310000
Minimum Tensile Stress, Fu	45000000
Effective Yield Stress, Fye	37965760
Effective Tensile Stress, Fue	44855842

**Figura: 49.** Configuración en SAP2000 de los materiales concreto y acero

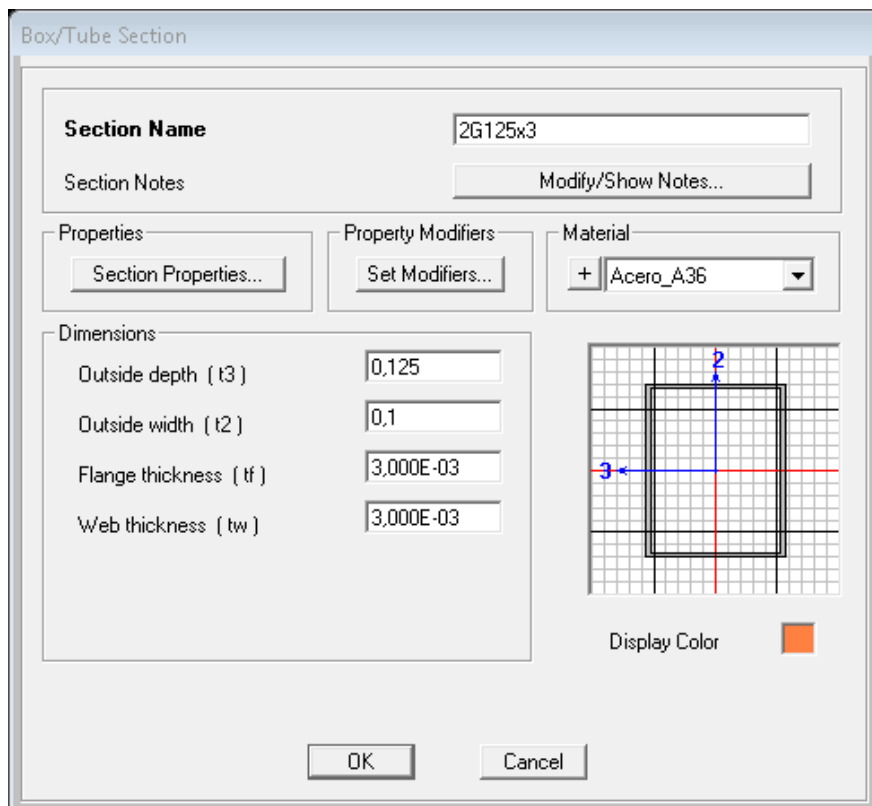
*Fuente:* Autor

Se crean las secciones que serán asignadas a los diferentes elementos dependiendo del tipo de material, para el análisis previo al pre diseño del mismo como se muestra a continuación:

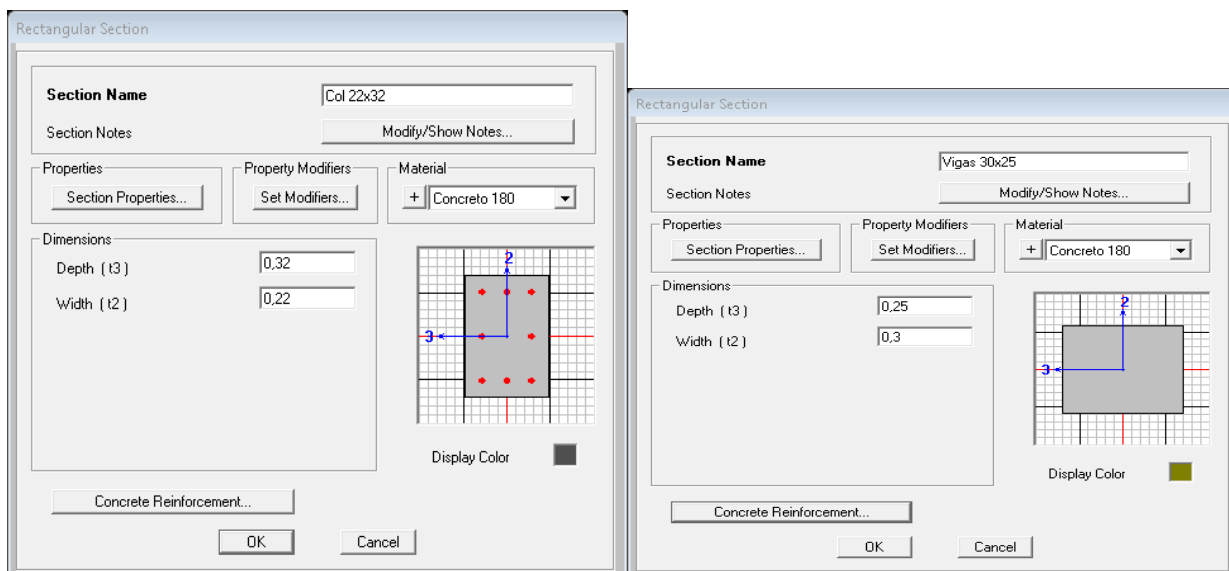
Property Name
Vig_50x30
Col_40x33
Vig_25x30
Vig_25x40
Vig_50x30

**Figura: 50.** Sección para las columnas y vigas de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arizaga, Brummel”

*Fuente:* Sap2000

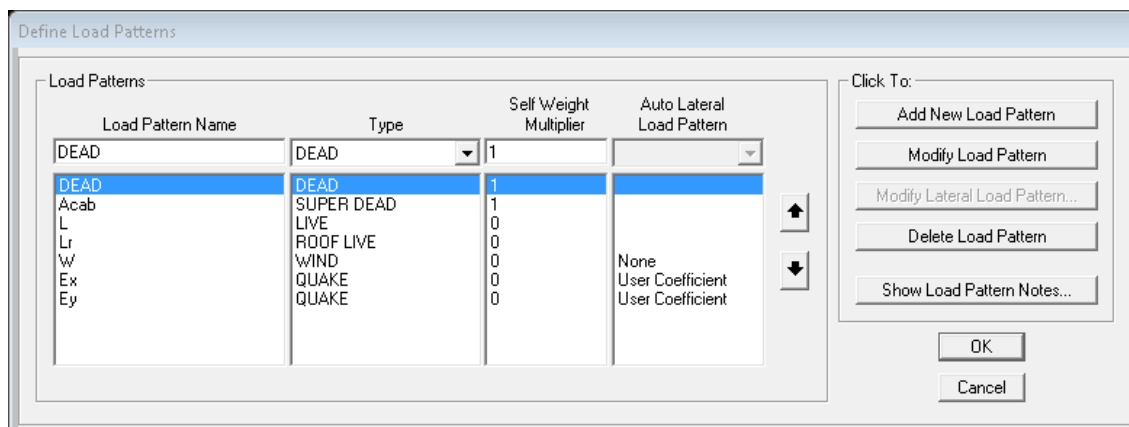


**Figura: 51.** Sección para los tirantes de la cubierta de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”  
*Fuente: Sap2000*



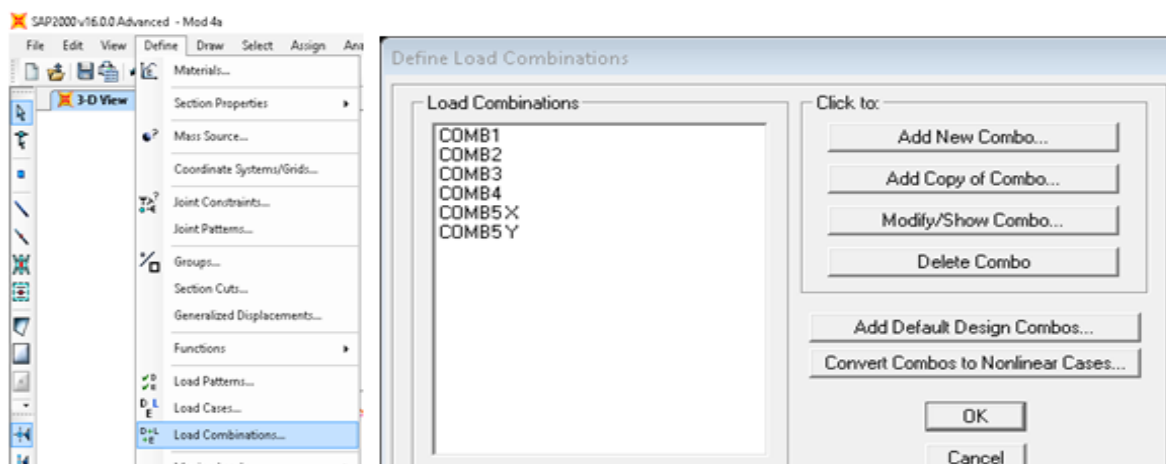
**Figura: 52.** Sección para las columnas y vigas de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”  
*Fuente: Sap2000*

Para encontrar las cargas en los resultados del análisis del programa, creamos las cargas con las que se va a trabajar:

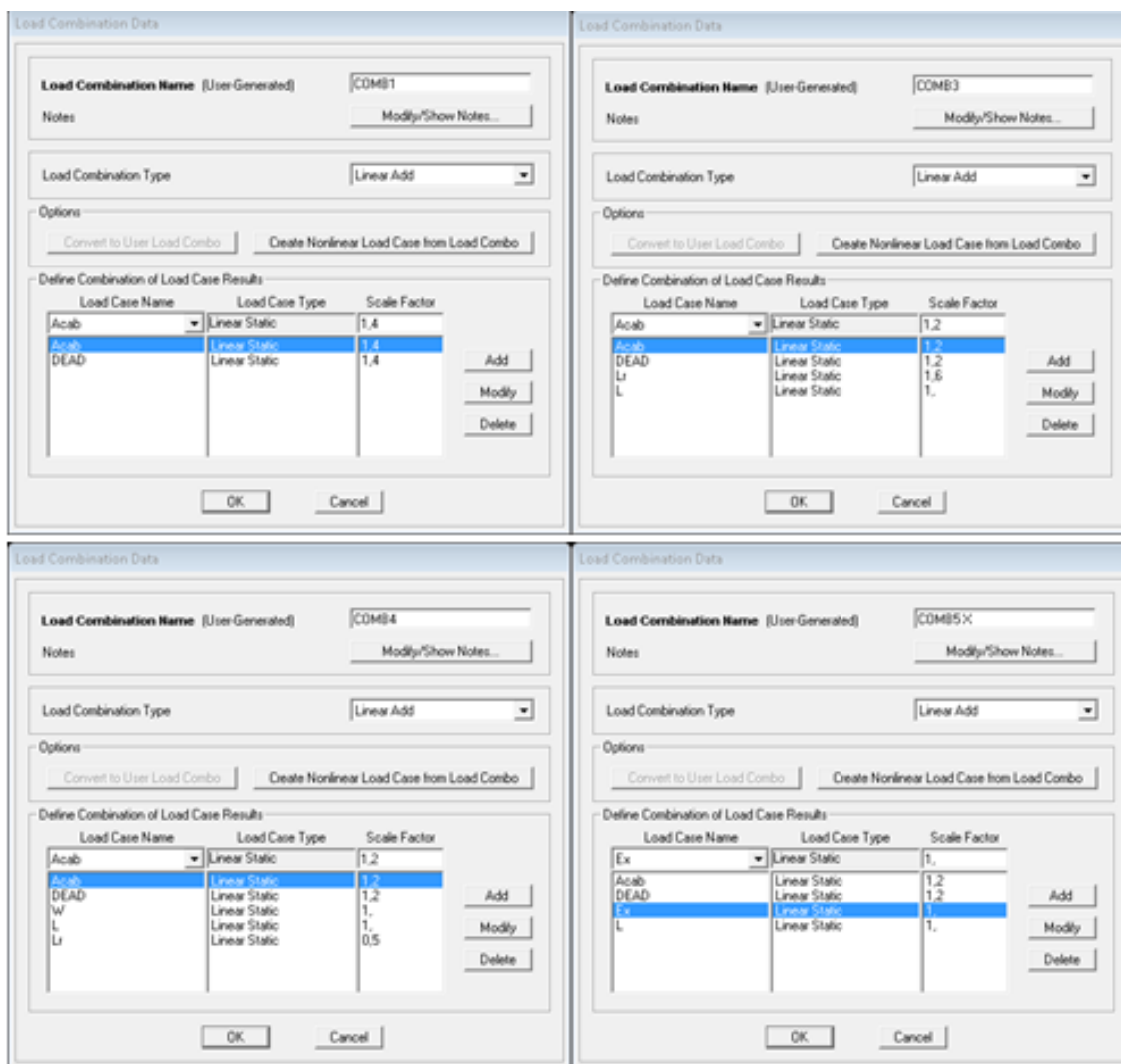


**Figura: 53.** Patrones de carga  
*Fuente: Sap2000*

Se procede a realizar las distintas combinaciones de carga de acuerdo a la normativa:



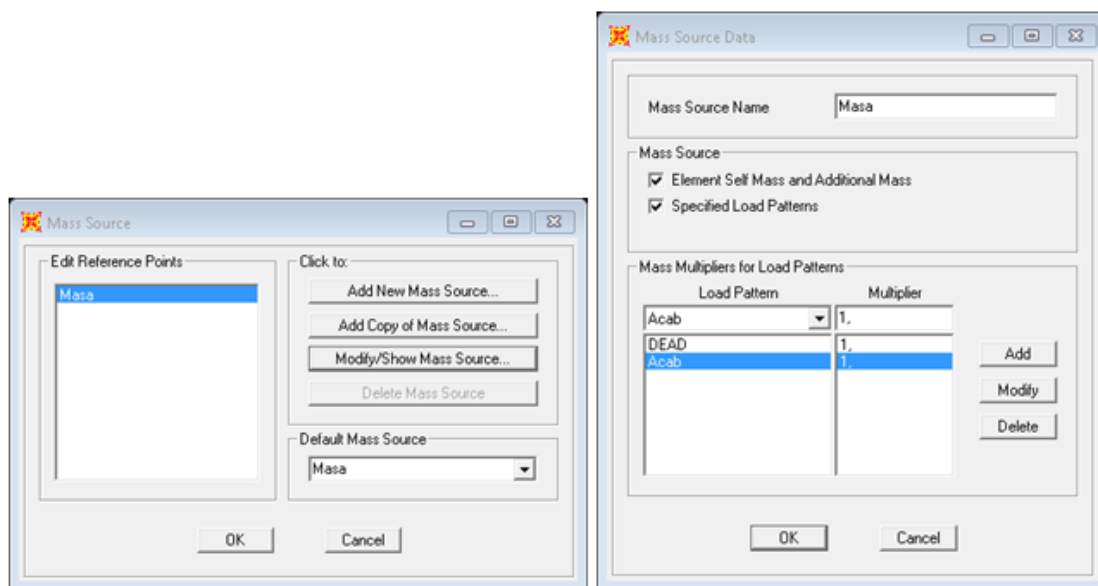
**Figura: 54.** Combinaciones de carga  
*Fuente: Sap2000*



**Figura: 55.** Configuración de las combinaciones de carga

*Fuente:* Sap2000

Con el objetivo de evaluar la acción sísmica, se tiene que definir las masas que intervienen en el análisis a realizar, para lo cual solo definimos masa en carga muerta, la misma que es calculada manualmente para poder ingresar al programa.



**Figura: 56.** Definición de la masa  
*Fuente: Sap2000*

## 2.5 Modelado de las propuestas

Son los modelos que han sido idealizados en el software AutoCAD Civil 3D y que ahora son exportados a Sap2000 de cada Unidad Educativa, el que es uno de los programas más utilizados para el modelamiento de estructuras. Las ventajas de usar esta herramienta son varias en el cálculo de la ingeniería estructural, ya que su uso ayuda a mejorar y reducir el tiempo del diseño, al poder tener varios sistemas estructurales con diferentes geometrías o secciones para una misma estructura en un tiempo moderado.

Los modelos generados en este software estructural están de acuerdo a las dimensiones establecidas en los respectivos levantamientos.

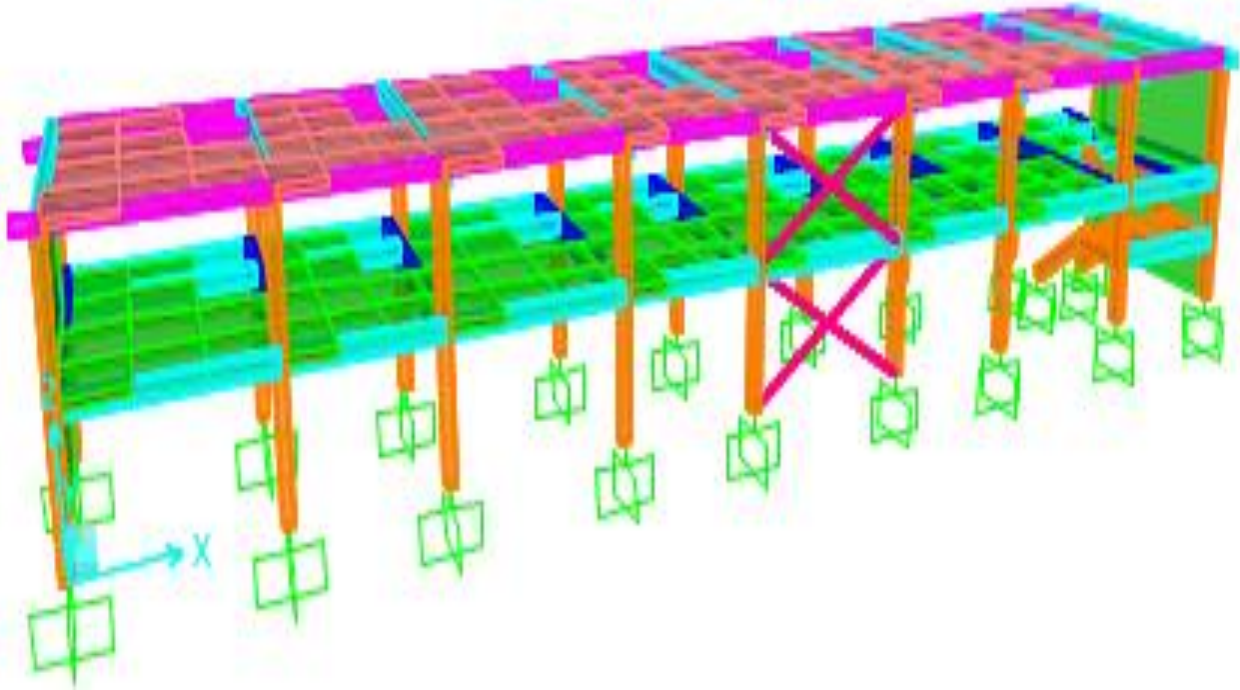
### 2.5.1 Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

A continuación, se definirán los materiales, propiedades y dimensiones de los elementos estructurales de hormigón armado establecidos para este proyecto.

- Por pruebas del hormigón se tiene una resistencia  $f'c=203$  kg/cm<sup>2</sup>.
- En este modelo se aprecia una construcción de pórtico de Hormigón Armado, columnas, vigas, losas y cubierta.
- La Cubierta de este bloque se aprecia que está conformada por losa alivianada plana.
- La utilización total del bloque está asignada como aulas estudiantiles.
- Posee un pasillo longitudinal con ancho de 2,32 m.
- Poseen 2 plantas.

#### 2.5.1.1 Bloque 1

- Posee una escalera del acceso a la planta alta.
- Tiene 18 apoyos.
- Este bloque al estar compuesto por mampostería de bloque y grandes ventanas en las partes frontal y posterior, para el modelado en Sap200 se procedió a agregar 2 tubos cuadrados de acero de 100x3mm en forma arriostrada en cada planta, los cuales simbolizan la mampostería; evitando así que este bloque sea demasiado flexible.

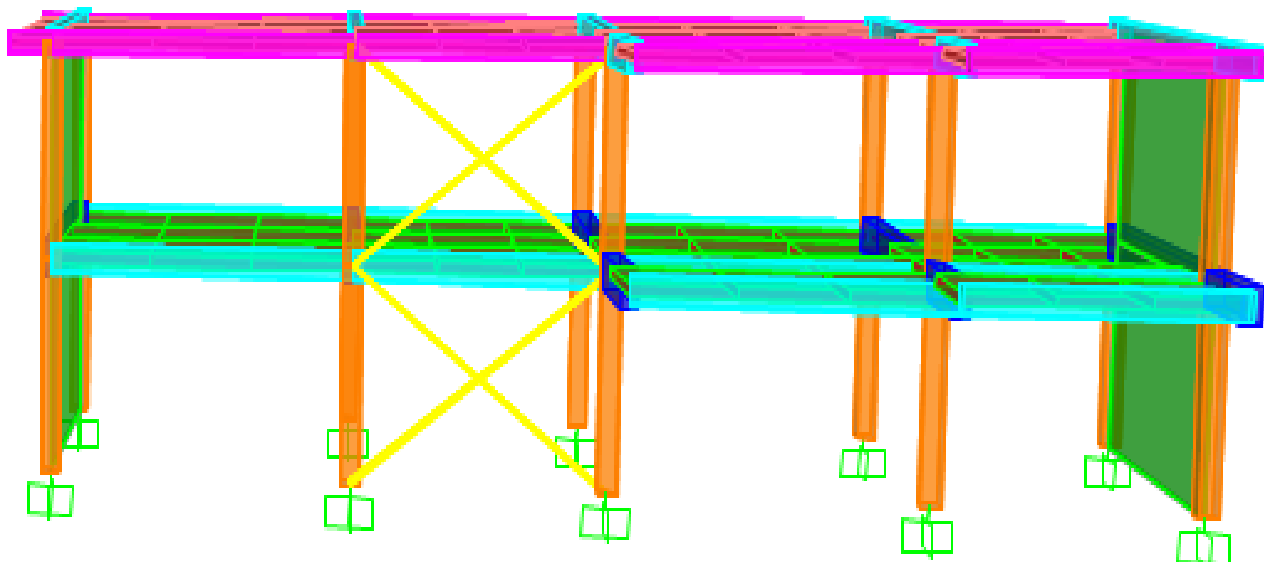


**Figura: 57.** Modelado de bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

*Fuente:* Sap2000

#### 2.5.1.2 Bloque 2

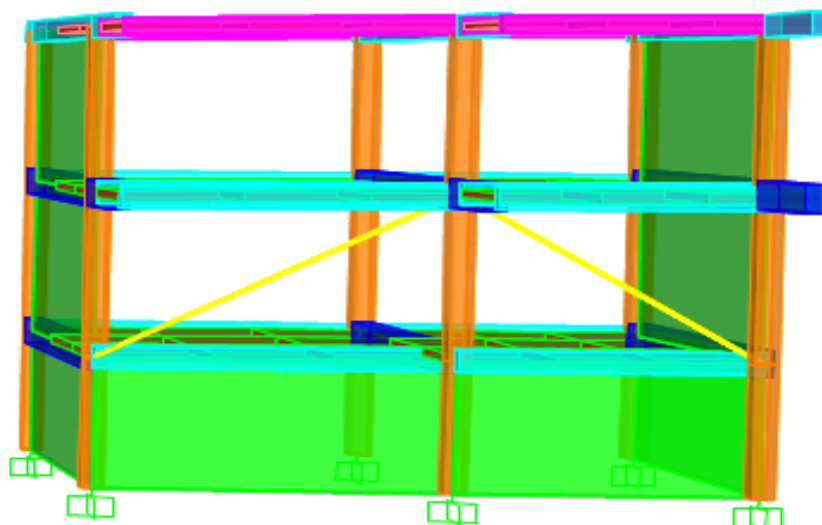
- Tiene 10 apoyos.
- Este bloque de igual manera que el anterior, se incorpora 2 tubos cuadrados de acero de 50x3mm en cada planta.



**Figura: 58.** Modelado de bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”  
*Fuente:* Sap2000

### 2.5.1.3 Bloque 3

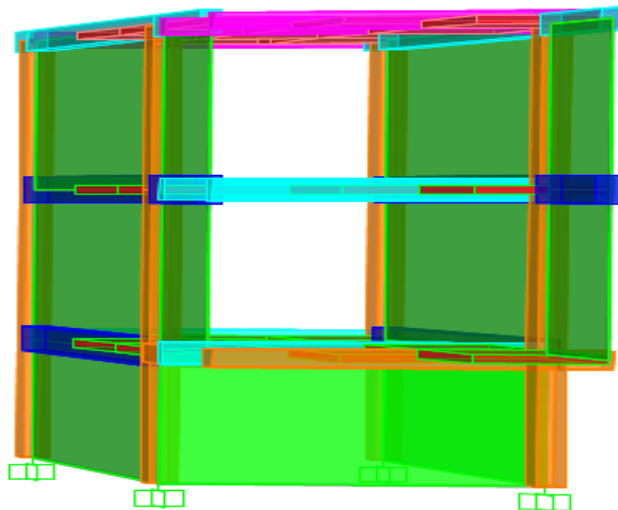
- Tiene 6 apoyos.
- Este bloque al igual que el anterior se incorpora 1 tubo cuadrado de acero de 50x3mm en la primera planta alta.



**Figura: 59.** Modelado de bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”  
 Unidad Educativa “Nuestra Familia”  
*Fuente:* Sap2000

#### 2.5.1.4 Bloque 4

- Tiene 4 apoyos.



**Figura: 60.** Modelado de bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”  
Unidad Educativa “Nuestra Familia”  
*Fuente:* Sap2000

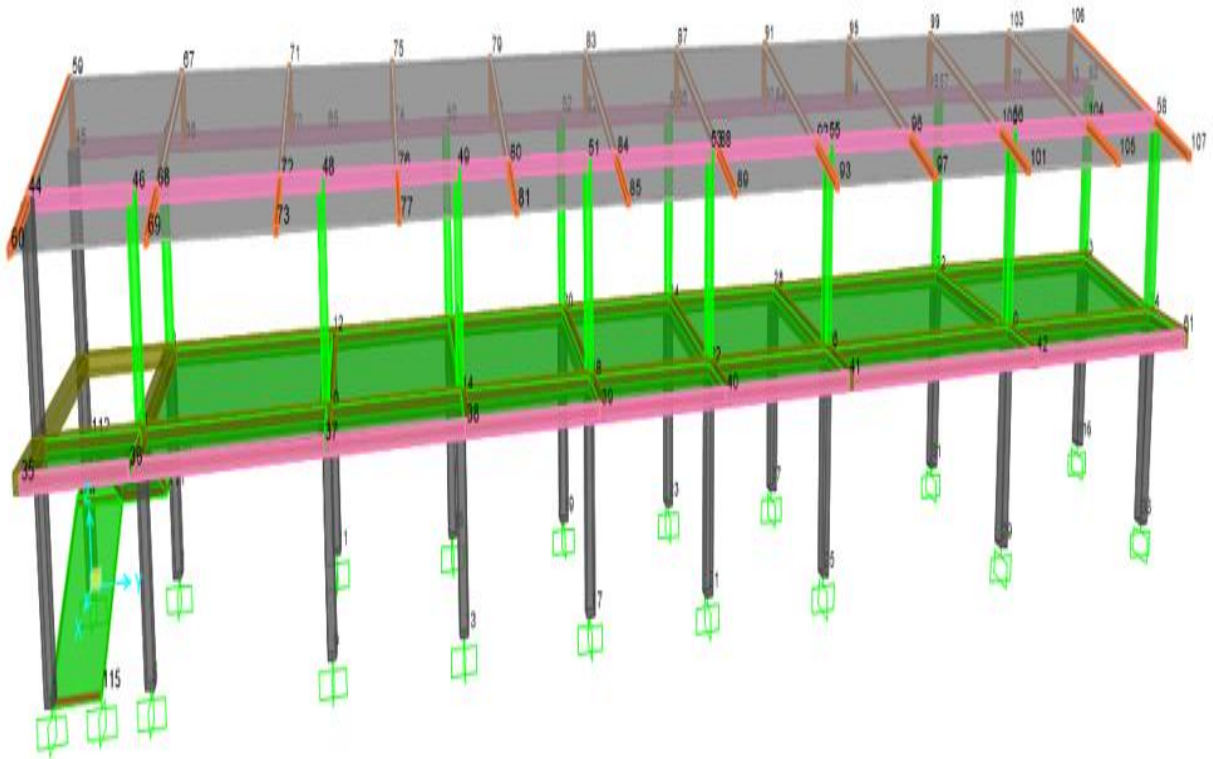
#### 2.5.2 Unidad Educativa “Nuestra Familia”

A continuación, se definirán los materiales, propiedades y dimensiones de los elementos estructurales de hormigón armado establecidas para este proyecto.

- Por pruebas del hormigón se tiene una resistencia  $f'c=198$  kg/cm<sup>2</sup>.
- En este modelo se aprecia una construcción de pórtico de Hormigón Armado, columnas, vigas y losas
- La Cubierta de este bloque, se aprecia que está conformada con elementos de acero (Caja 2G100x50x15x2mm)
- La utilización total del bloque está asignada como aulas estudiantiles.
- Posee un pasillo longitudinal con ancho de 1,40 m. Bloque 1

### 2.5.2.1 Bloque 1

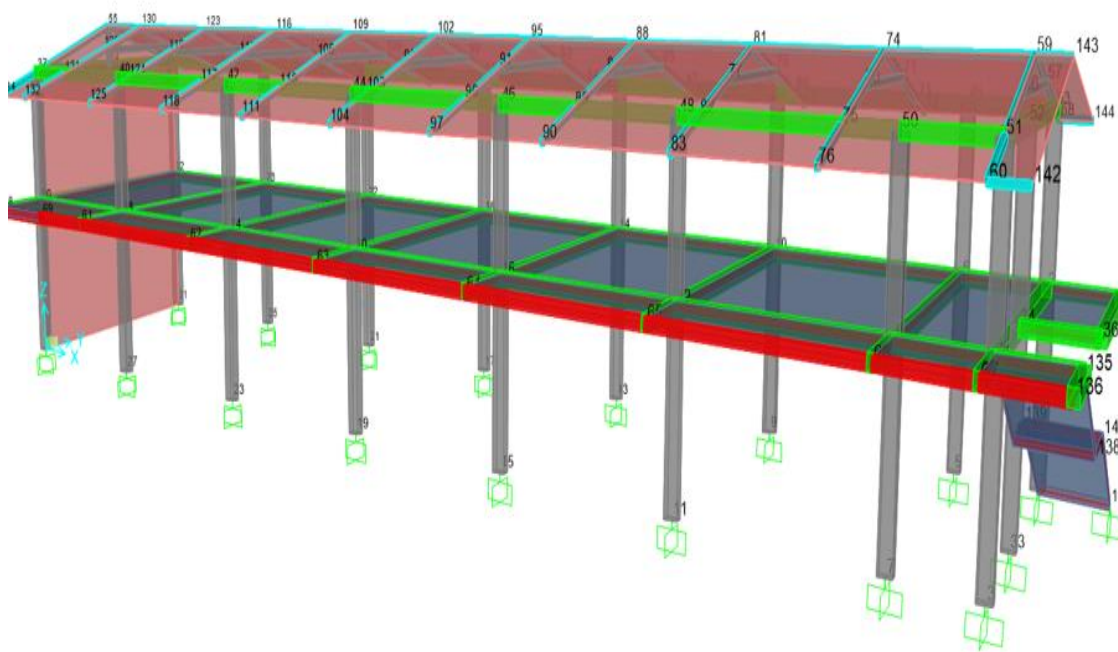
- Tiene 18 apoyos.



**Figura: 61.** Modelado del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”  
*Fuente:* Sap2000

### Bloque 2

- Tiene 16 apoyos.



**Figura: 62.** Modelado del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”  
**Fuente:** Sap2000

## 2.6 Caracterización de la posible vulnerabilidad o resistencia de las estructuras

### 2.6.1 Derivas de Piso

Límites permisibles de las derivas de los pisos: La deriva máxima para cualquier piso no excederá los límites de deriva inelástica establecidos en la tabla siguiente, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso, según (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015):

**Tabla 60.** Valores de  $\Delta_M$  máximos, expresados como fracción de la altura de piso

Estructuras de:	$\Delta_M$ máxima (sin unidad)
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera	0.02

**Fuente:** (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015)

### Limitación de daños –deformaciones

La estructura muestra las derivas de piso, ante las fuerzas especificadas por la norma (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015, pág. 43), inferiores a las admisibles.

$$\Delta M < \Delta M \text{ máxima}$$

#### Dónde:

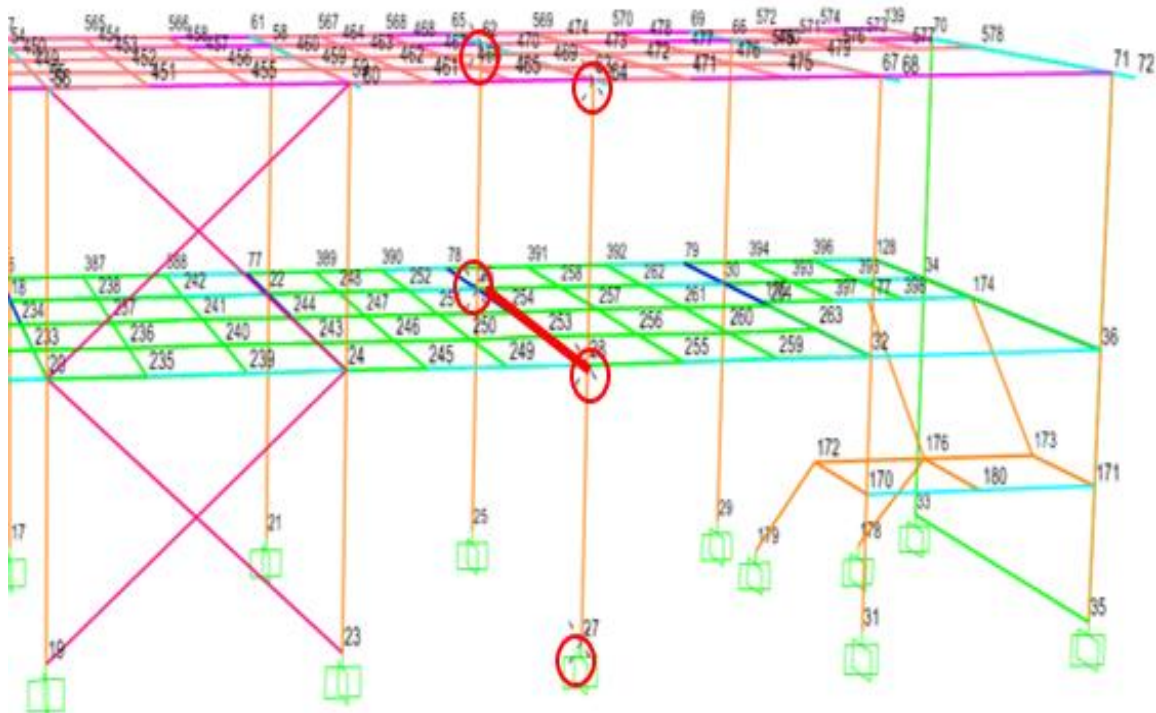
$\Delta M$  = Deriva de piso máxima horizontal inelástico.

**Tabla 61.** Calculo de las derivas de piso del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Verificación de Cumplimiento		
Altura de Piso 1	H1 =	335,00	cm	Para Todos los Pisos		
Altura de Piso 2	H2 =	305,00	cm	R = 8		
				$\Delta E$	<b>Debe ser &lt; 0,02</b>	
Deriva X 28-27	d1 =	2,127	cm	0,0064	0,038	NO Cumple
Deriva X 63-28	d2 =	0,999	cm	0,0033	0,020	Cumple
Deriva X 42-26	d3 =	1,098	cm	0,0036	0,022	NO Cumple
Deriva X 26-27	d4 =	2,348	cm	0,0070	0,042	NO Cumple
Deriva Y 28-27	d5 =	2,033	cm	0,0061	0,036	NO Cumple
Deriva Y 63-28	d6 =	1,564	cm	0,0051	0,031	NO Cumple

Fuente: Autor

Según se puede observar tanto en la tabla como en la figura las derivas de piso no cumplen en la mayoría del este bloque 1.



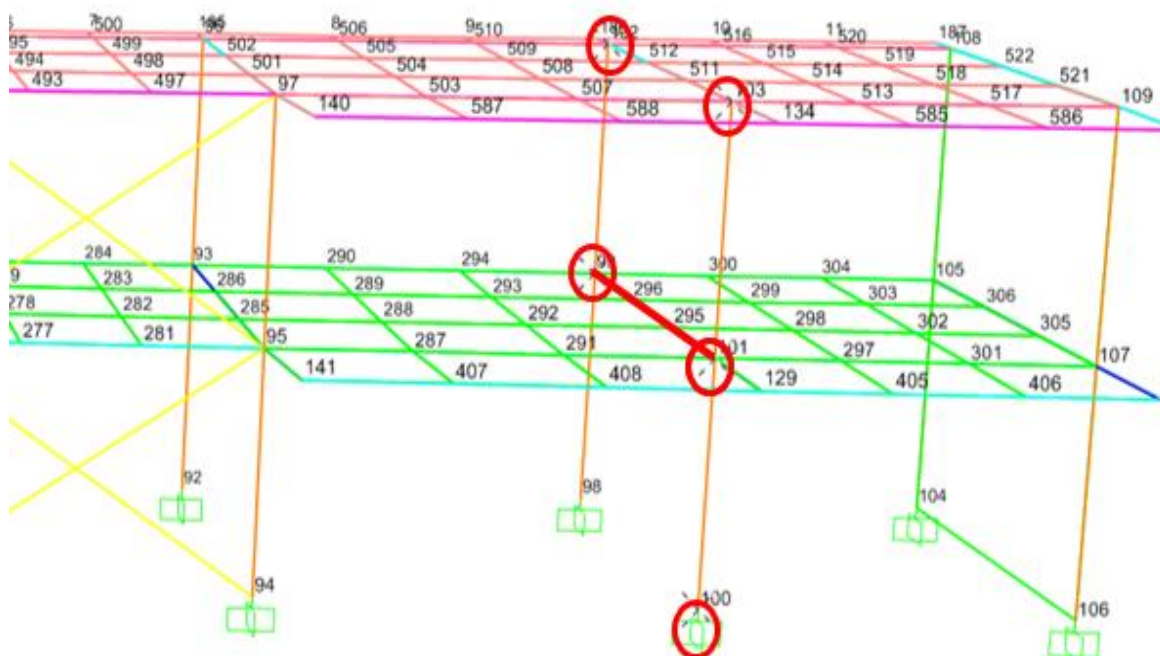
**Figura: 63.** Derivas de piso en el bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”  
Fuente: Sap2000

**Tabla 62.** Calculo de las derivas de piso del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Verificación de Cumplimiento		
Altura de Piso 1	H1 =	335,00	cm	Para Todos los Pisos		
Altura de Piso 2	H2 =	305,00	cm	R = 8		
				$\Delta E$	<b>Debe ser &lt; 0,02</b>	
Deriva X 103-101	d1 =	0,969	cm	0,00318	0,0191	Cumple
Deriva X 101-100	d2 =	2,203	cm	0,00658	0,0395	NO Cumple
Deriva X 102-99	d3 =	1,119	cm	0,00367	0,0220	NO Cumple
Deriva X 99-100	d4 =	2,505	cm	0,00748	0,0449	NO Cumple
Deriva Y 103-101	d5 =	0,804	cm	0,00263	0,0158	Cumple
Deriva Y 101-100	d6 =	2,090	cm	0,00624	0,0374	NO Cumple

Fuente: Autor

Al igual las derivas de piso solo cumple en la planta baja de este bloque 2.



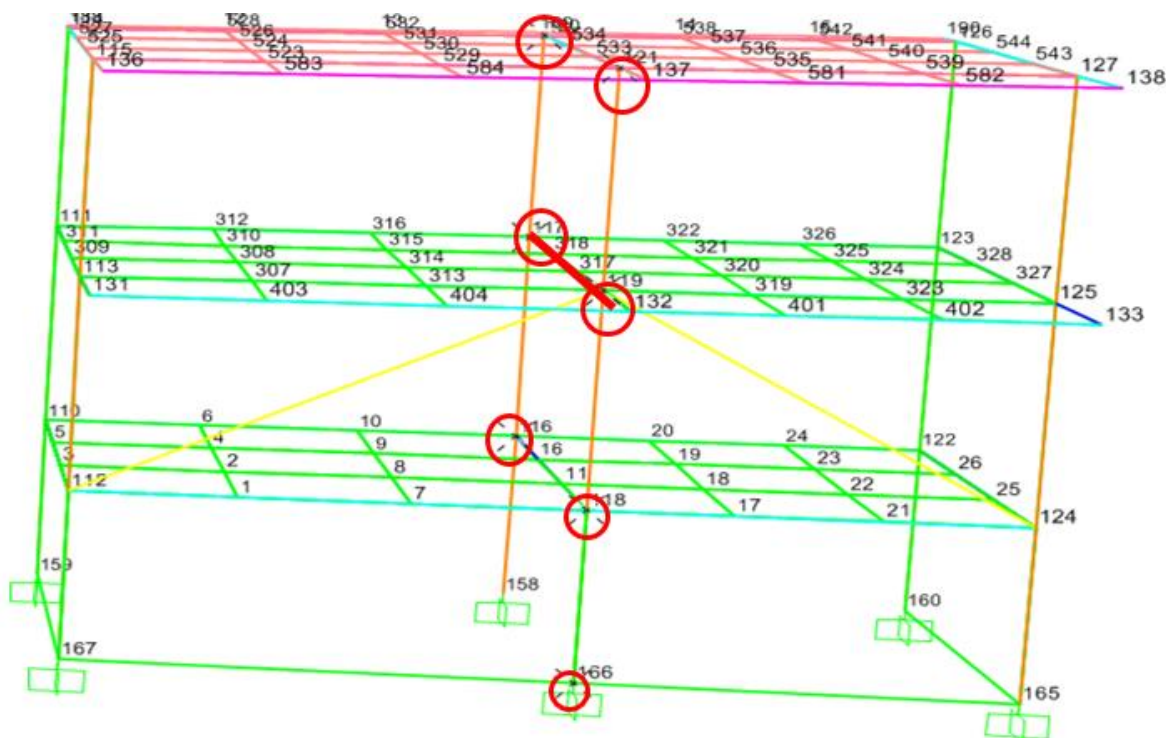
**Figura: 64.** Derivas de piso en el bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”  
Fuente: Sap2000

**Tabla 63.** Calculo de las derivas de piso del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Verificación de Cumplimiento		
Altura de Piso 1	H1 =	230,00	cm	Para Todos los Pisos		
Altura de Piso 2	H2 =	335,00	cm			
Altura de Piso 3	H3 =	305,00	cm	R = 5		
				$\Delta E$	Debe ser < 0,02	
Deriva X 121-119	d1 =	2,026	cm	0,00664	0,0398	NOOO Cumple
Deriva X 119-118	d2 =	1,400	cm	0,00418	0,0251	NOOO Cumple
Deriva X 118-166	d3 =	1,798	cm	0,00782	0,0469	NOOO Cumple
Deriva X 120-117	d4 =	1,955	cm	0,00641	0,0385	NOOO Cumple
Deriva X 117-116	d5 =	0,018	cm	0,00005	0,0003	Cumple
Deriva X 116-166	d6 =	2,344	cm	0,01019	0,0611	NOOO Cumple
Deriva Y 121-119	d7 =	0,601	cm	0,00197	0,0118	Cumple
Deriva Y 119-118	d8 =	1,185	cm	0,00354	0,0212	NOOO Cumple
Deriva Y 118-166	d9 =	0,000	cm	0,00000	0,0000	Cumple

Fuente: Autor

Las derivas de piso no cumplen en la mayoría de este bloque 3.



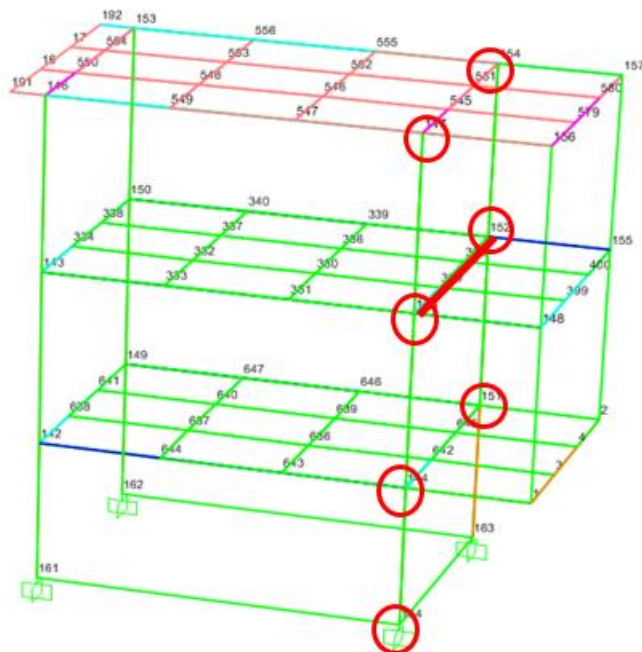
**Figura: 65.** Derivas de piso en el bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arizaga, Brummel”  
Fuente: Sap2000

**Tabla 64.** Calculo de las derivas de piso del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arizaga, Brummel”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Verificación de Cumplimiento		
Altura de Piso 1	H1 =	230,00	cm	Para Todos los Pisos		
Altura de Piso 2	H2 =	335,00	cm			
Altura de Piso 3	H3 =	305,00	cm	R = 8		
				$\Delta E$	Debe ser < 0,02	
Deriva X 147-145	d1 =	1,902	cm	0,00624	0,0374	NOOO Cumple
Deriva X 145-144	d2 =	4,843	cm	0,01446	0,0867	NOOO Cumple
Deriva X 144-164	d3 =	-0,012	cm	-0,00005	-0,0003	Cumple
Deriva X 154-152	d4 =	0,000	cm	0,00000	0,0000	Cumple
Deriva X 152-151	d5 =	0,029	cm	0,00009	0,0005	Cumple
Deriva X 151-164	d6 =	1,937	cm	0,00842	0,0505	NOOO Cumple
Deriva Y 147-145	d7 =	0,355	cm	0,00116	0,0070	Cumple
Deriva Y 145-144	d8 =	1,508	cm	0,00450	0,0270	NOOO Cumple
Deriva Y 144-164	d9 =	-0,029	cm	-0,00013	-0,0008	Cumple

Fuente: Autor

Las derivas de piso no cumplen en la mayoría de este bloque 4.



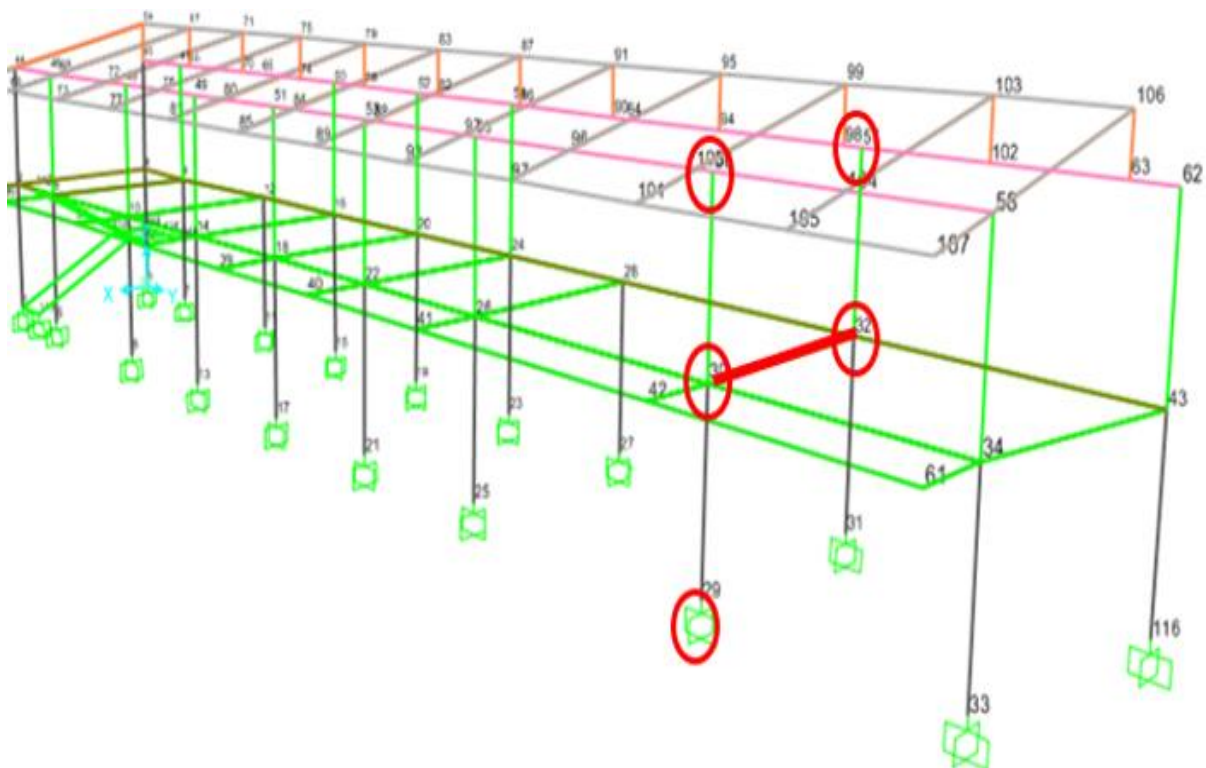
**Figura: 66.** Derivas de piso en el bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”  
**Fuente:** Sap2000

**Tabla 65.** Calculo de las derivas de piso del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Verificación de Cumplimiento		
Altura de Piso 1	H1 =	280,00	cm	Para Todos los Pisos		
Altura de Piso 2	H2 =	280,00	cm	<b>R = 5</b>		
				<b>ΔE</b>	<b>Debe ser &lt; 0,02</b>	
Deriva X 56-30	d1 =	0,61	cm	0,002	0,008	Cumple
Deriva X 30-29	d2 =	1,07	cm	0,004	0,014	Cumple
Deriva X 57-32	d3 =	0,47	cm	0,002	0,006	Cumple
Deriva X 32-29	d4 =	1,07	cm	0,004	0,014	Cumple
Deriva Y 56-30	d5 =	0,24	cm	0,001	0,003	Cumple
Deriva Y 30-29	d6 =	0,43	cm	0,002	0,006	Cumple

**Fuente:** Autor

Las derivas cumplen en todos los pisos con la norma.



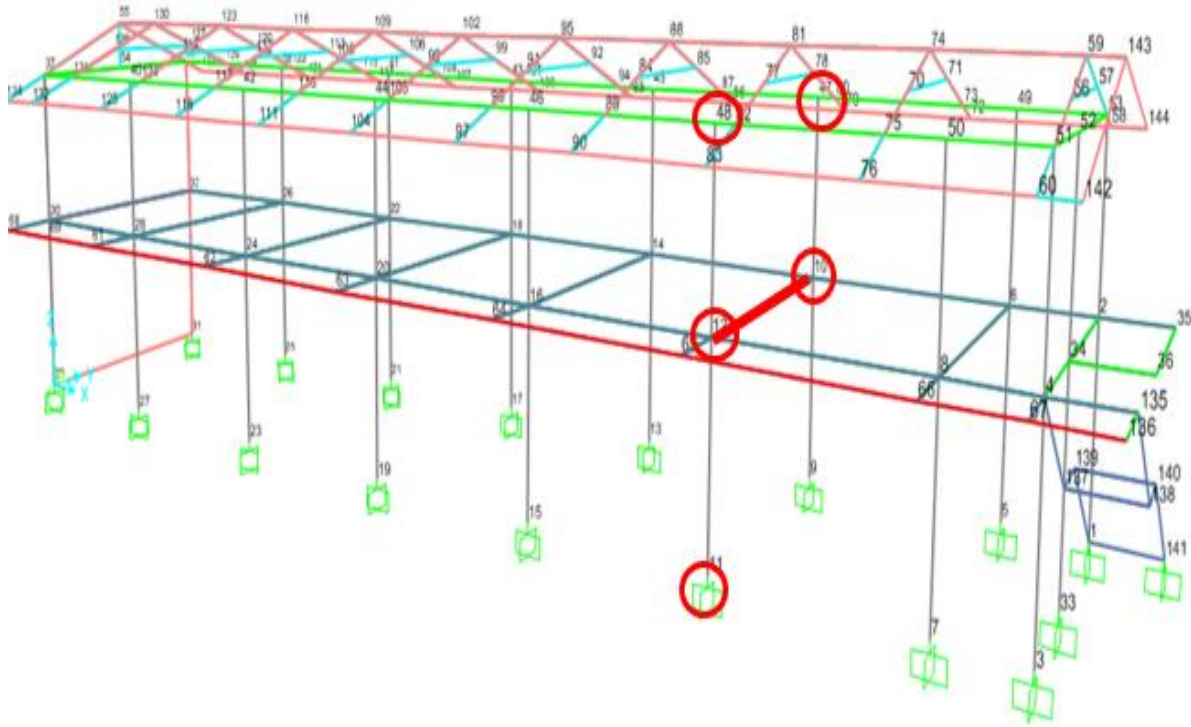
**Figura: 67.** Derivas de piso en el bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”  
*Fuente:* Sap2000

**Tabla 66.** Calculo de las derivas de piso del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Verificación de Cumplimiento		
Altura de Piso 2	H2 =	280,00	cm	Para Todos los Pisos		
Altura de Piso 3	H3 =	280,00	cm	<b>R = 5</b>		
				<b>ΔE</b>	<b>Debe ser &lt; 0,02</b>	
Deriva X 48-12	d1 =	0,19	cm	0,0007	0,002	Cumple
Deriva X 12-11	d2 =	0,99	cm	0,0035	0,013	Cumple
Deriva X 47-10	d3 =	0,26	cm	0,0009	0,004	Cumple
Deriva X 10-11	d4 =	1,07	cm	0,0038	0,014	Cumple
Deriva Y 48-12	d5 =	-0,11	cm	-0,0004	-0,002	Cumple
Deriva Y 12-11	d6 =	0,05	cm	0,0002	0,001	Cumple

**Fuente:** Autor

Las derivas cumplen en todos los pisos con la norma.



**Figura: 68.** Derivas de piso en el bloque 2 de la Unidad Educativa "Nuestra Familia"  
*Fuente:* Sap2000

## 2.7 Parámetros identificativos de la vulnerabilidad

Los parámetros que identifican la vulnerabilidad de una estructura pueden depender de:

- Tipo de elemento
- Material de la estructura
- Geología local
- Deflexiones
- Derivas de piso
- Todos aquellos deben estar dentro del rango tolerable.

- La idealización y obtención de momentos para los diferentes bloques de las 2 Unidades Educativas se lo realizo con las cargas consideradas.

## **2.8 Ductilidad local de los elementos**

Según la norma (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015, pág. 9) "Capacidad de una sección transversal o de un elemento estructural, para deformarse más allá del rango elástico, sin pérdida sustancial de su resistencia y rigidez, ante cargas laterales estáticas o cíclicas o ante la ocurrencia de una acción sísmica".

La ductilidad representa una medida de la capacidad de un edificio para tolerar cargas laterales en el rango post-elástico, disipando la energía del terremoto y creando daños de forma controlada, dispersa o concentrada localmente según el tipo de construcción y de sistema estructural. (Musson, Schwarz, & Stucchi, 2008, pág. 42).

Algunos materiales como el acero, hierro forjado y la madera son intrínsecamente dúctiles. Otros materiales como el hierro fundido, la mampostería simple, el adobe o concreto simple no son dúctiles (frágiles), con frecuencia se rompen repentinamente. Los materiales frágiles pueden hacerse dúctiles, usualmente mediante la adición de pequeñas cantidades de materiales dúctiles. Tal es el caso de elementos de madera adicionados a construcciones de adobe o refuerzos de acero en construcciones de mampostería y concreto. (BAZÁN & MELI, 1985).

**Tabla 67.** Clasificación de estructuras de hormigón armado en función del mecanismo dúctil esperado.

Sistema estructural	Elementos que resisten sismo	Ubicación de rótulas plásticas	Objetivo del detallamiento
Pórtico especial	Columnas y vigas descolgadas	Extremo de vigas y base de columnas 1er piso.	Columna fuerte, nudo fuerte, viga fuerte a corte pero débil en flexión.

Fuente: (NEC\_SE\_HM, pág. 24)

Según nuestras estructuras se seleccionó un  $R=5$  lo que representa que es una estructura dúctil.

### 2.8.1 Capacidad de cortante en vigas.

El diseño de secciones transversales sometidas a cortante, según la (NEC\_SE\_HM, pág. 59) debe estar basado en:

- $\phi V_n \geq V_u$
- $V_n = V_c + V_s$

Dónde:

- $V_u$  = Fuerza cortante mayorada en la sección considerada
- $V_n$  = Resistencia nominal al cortante
- $V_c$  = Resistencia nominal al cortante proporcionada por el hormigón
- $V_s$  = Resistencia nominal al cortante proporcionada por el refuerzo de cortante

Para evaluar si existe fallo a cortante en las vigas de los bloques de esta Unidad Educativa, se eligieron las vigas más críticas en cada bloque.

**Tabla 68.** Evaluación de la viga crítica de los bloques 1, 2 y 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”.

Área que soporta la viga	at =	21,84	m2	Área Tributaria
Carga muerta total	D =	536,20	kg / m2	Por Peso Pro.
Carga Viva Total	L =	200,00	kg / m2	Por uso del Edif.
Longitud de la Viga	Lz =	620,00	cm	
Módulo de Elasticidad Hormigón	E =	194537,91	kg/cm2	14500√f'c
Coefficiente Beta	β1 =	0,85	s.u	
Factor de Reducción	Ø =	0,90	s/u	Res. a flexión
Límite de Fluencia del Acero	fy =	4200,00	kg/cm2	
Resistencia del Concreto	f'c =	203,00	Kg/cm2	Por mediciones
Base de la Viga	b =	30,00	cm	
Peralte de Viga	h =	50,00	cm	
Altura efectiva	d =	45,00	cm	
Cuantía Mínima	ρmin =	0,0033	s.u	
Cuantía Intermedia	ρ =	0,0086	s.u	$Pb = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \frac{6120}{6120 + f_y}$
Cuantía Máxima	ρmax =	0,0138	s.u	
Cuantía Balanceada	ρb =	0,0184	s.u	

Fuente: Autor

Para el bloque 1 la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”, se seleccionó como viga crítica la que está entre los nudos 26 y 28.

**Tabla 69.** Verificación de la viga crítica del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Observaciones
Fac.Mayorizacion Muerta	FD =	1,20	s / u	Por NEC 15
Fac.Mayorizacion Viva	FL =	1,60	s / u	Por NEC 15
Resultante de carga Total	P =	21041,53	Kg	Carga Total
<b>Carga Distribuida p/ Viga</b>	<b>U1 =</b>	<b>3393,80</b>	Kg /m	Calculado
Momento x carga U1	Mo e =	1087145,70	Kg.cm	En Empotram
Momento x carga U1	Mo c =	543572,85	Kg.cm	En Claro
Mo_Extraida del modelo	Mo 1 =	937735,00	Kg.cm	Empotram
Mo_Extraida del modelo	Mo 1 =	722449,00	Kg.cm	Claro

$$\phi M_n = M_u = \phi b d^2 f_y \rho \left( 1 - \frac{\rho f_y}{1.7 f'_c} \right)$$

Mo_Calculado por la Sección	Mo =	1733431,2	Kg.cm	
<b>Fuerza CORTE calculada</b>	<b>Vu =</b>	<b>16244,86</b>	<b>Kg</b>	$\phi V_n \geq V_u$
Resistencia Nominal a CORTE	Vn =	18049,84	Kg	$V_n$ $= V_c + V_s$
Resistencia N a CORTE por F'c	Vc =	9599,44	Kg	$V_c = 0,53\lambda\sqrt{f'_c}.b.w.d$ ACI-11
Resistencia N_a CORTE por Acero	Vs =	8450,40	Kg	$\geq 3,5 \frac{b.w.S}{f_y t}$ $V_s = \frac{A_v.f_y.t.d}{S}$
Área Acero min Estribos	Av.min =	0,56	cm2	
<b>Fuerza CORTE Extraída del modelo</b>	<b>Vu =</b>	<b>11223,56</b>		

Fuente: Autor

Para el bloque 2 la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”, se seleccionó como viga crítica la que está entre los nudos 99 y 101.

**Tabla 70** . Verificación de la viga crítica del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Observaciones
Fac.Mayorizacion Muerta	FD =	1,20	s / u	Por NEC 15
Fac.Mayorizacion Viva	FL =	1,60	s / u	Por NEC 15
Resultante de carga Total	P =	21041,53	Kg	Carga Total
<b>Carga Distribuida p/ Viga</b>	<b>U1 =</b>	<b>963,44</b>	Kg /m	Calculado
Momento x carga U1 (Empotram)	Mo e =	308621,95	Kg.cm	En Empotram
Momento x carga U1 (Claro)	Mo c =	154310,97	Kg.cm	En Claro
Mo_Extraída del modelo	Mo 1 =	1580375,00	Kg.cm	Empotram
Mo_Extraída del modelo	Mo 1 =	879377,64	Kg.cm	Claro
Mo_Calculado por la Sección	Mo =	1733431,29	Kg.cm	$\phi M_n = M_u = \phi b d^2 f_y \rho \left(1 - \frac{\rho f_y}{1.7 f'_c}\right)$
<b>Fuerza CORTE calculada</b>	<b>Vu =</b>	<b>16244,86</b>	<b>Kg</b>	$\phi V_n \geq V_u$
Resistencia Nominal a CORTE	Vn =	18049,84	Kg	$V_n = V_c + V_s$
Resistencia N a CORTE por F'c	Vc =	9599,44	Kg	$V_c = 0,53\lambda\sqrt{f'_c}.b.w.d$ ACI-11

Resistencia N_a CORTE por Acero	$V_s =$	8450,40	Kg	$\geq 3,5 \frac{bw \cdot S}{fyt}$	$V_s = \frac{Av \cdot fyt \cdot d}{S}$
Área Acero min Estribos	$Av_{min} =$	0,56	cm <sup>2</sup>		
<b>Fuerza CORTE Extraída del modelo</b>	<b><math>V_u =</math></b>	<b>11795,21,</b>	<b>Kg</b>		

Fuente: Autor

Para el bloque 3 la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”, se seleccionó como viga crítica la que está entre los nudos 117 y 119.

**Tabla 71.** Verificación de la viga crítica del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Observaciones
Fac.Mayorizacion Muerta	FD =	1,20	s / u	Por NEC 15
Fac.Mayorizacion Viva	FL =	1,60	s / u	Por NEC 15
Resultante de carga Total	P =	21041,53	Kg	Carga Total
<b>Carga Distribuida p/ Viga</b>	<b>U1 =</b>	<b>4476,92</b>	<b>Kg /m</b>	Calculado
Momento x carga U1	Mo e =	824126,58	Kg.cm	En Empotram
Momento x carga U1	Mo c =	412063,29	Kg.cm	En Claro
Mo_Extraída del modelo	Mo 1 =	$\frac{1790296,7}{9}$	Kg.cm	Empotram
Mo_Extraída del modelo	Mo 1 =	852939,34	Kg.cm	Claro
Mo_Calculado por la Sección	Mo =	$\frac{1733431,2}{9}$	Kg.cm	$\phi M_n = M_u = \phi b d^2 f_y \rho \left(1 - \frac{\rho f_y}{1.7 f_c'}\right)$
<b>Fuerza CORTE calculada</b>	<b><math>V_u =</math></b>	<b>16244,86</b>	<b>Kg</b>	$\phi V_n \geq V_u$
Resistencia Nominal a CORTE	$V_n =$	18049,84	Kg	$V_n = V_c + V_s$
Resistencia N a CORTE por F'c	$V_c =$	9599,44	Kg	$V_c$ $= 0,53 \lambda \sqrt{f_c} \cdot bw \cdot d$
Resistencia N_a CORTE por Acero	$V_s =$	8450,40	Kg	$\geq 3,5 \frac{bw \cdot S}{fyt}$ $= \frac{Av \cdot fyt \cdot d}{S}$
Área Acero min Estribos	$Av_{min} =$	0,56	cm <sup>2</sup>	$V_s$
<b>Fuerza CORTE Extraída del modelo</b>	<b><math>V_u =</math></b>	<b>12165,79</b>	<b>Kg</b>	ACI-11

Fuente: Autor

**Tabla 72.** Evaluación de la viga crítica delo bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

FUNDAMENTOS BÁSICOS				
Área que soporta la viga	at =	23,00	m <sup>2</sup>	Área Tributaria
Carga muerta total	D =	536,20	kg / m <sup>2</sup>	Por Peso Pro.
Carga Viva Total	L =	200,00	kg / m <sup>2</sup>	Por uso del Edif.
Longitud de la Viga	Lz =	450,00	cm	
Módulo de Elasticidad Hormigón	E =	194537,91	kg/cm <sup>2</sup>	14500√F <sub>c</sub>
Coficiente Beta	β <sub>1</sub> =	0,85	s.u	
Factor de Reducción	Ø =	0,90	s/u	Res. a flexión
Límite de Fluencia del Acero	F <sub>y</sub> =	4200,00	kg/cm <sup>2</sup>	
Resistencia del Concreto	F <sub>c</sub> =	180,00	Kg/cm <sup>2</sup>	Por Tipo Constr.
Base de la Viga	b =	30,00	cm	
Peralte de Viga	h =	50,00	cm	
Altura efectiva	d =	45,00	cm	
Cuantía Mínima	ρ <sub>min</sub> =	0,0033	s.u	
Cuantía intermedia	ρ =	0,0086	s.u	
Cuantía Máxima	ρ <sub>max</sub> =	0,0138	s.u	$P_b = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_c}{f_y} \cdot \frac{6120}{6120 + f_y}$
Cuantía Balanceada	ρ <sub>b</sub> =	0,0184	s.u	

Fuente: Autor

Para el bloque 4 la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”, se seleccionó como viga crítica la que está entre los nudos 145 y 152.

**Tabla 73.** Verificación de la viga crítica del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Observaciones
Fac.Mayorizacion Muerta	FD =	1,20	s / u	Por NEC 15
Fac.Mayorizacion Viva	FL =	1,60	s / u	Por NEC 15
Resultante de carga Total	P =	22159,12	Kg	Carga Total
<b>Carga Distribuida p/ Viga</b>	<b>U1 =</b>	<b>4924,25</b>	<b>Kg /m</b>	Calculado

Momento x carga U1	Mo e =	830967,00	Kg.cm	Empotramiento
Momento x carga U1	Mo c =	415483,50	Kg.cm	En Claro
Mo_Extraída del modelo	Mo 1 =	1279104,00	Kg.cm	Empotramiento
Mo_Extraída del modelo	Mo 1 =	312197,00	Kg.cm	Claro
Mo_Calculado por la Sección	Mo =	873849,11	Kg.cm	$\phi M_n = M_u = \phi b d^2 f_y \rho \left( 1 - \frac{\rho f_y}{1.7 f'_c} \right)$
<b>Fuerza CORTE calculada</b>	<b>Vu =</b>	<b>13205,03</b>	<b>Kg</b>	$\phi V_n \geq V_u$
Resistencia Nominal a CORTE	Vn =	14672,26	Kg	$V_n = V_c + V_s$
Resistencia N a CORTE por F'c	Vc =	6221,86	Kg	$V_c = 0,53 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d$ ACI-11
Resistencia N_a CORTE por Acero	Vs =	8450,40	Kg	$\geq 3,5 \frac{b_w S}{f_{yt}}$ $V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{S}$
Área Acero min Estribos	Avmin =	0,36	cm	
<b>Fuerza CORTE Extraída del modelo</b>	<b>Vu =</b>	<b>9203,86</b>	<b>Kg</b>	

Fuente: Autor

**Tabla 74.** Evaluación de la viga crítica del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

FUNDAMENTOS BÁSICOS				
Área que soporta la viga	at =	11,05	m2	Área Tributaria
Carga muerta total	D =	542,40	kg / m2	Por Peso Pro.
Carga Viva Total	L =	200,00	kg / m2	Por uso del Edif.
Longitud de la Viga	Lz =	470,00	cm	
Módulo de Elasticidad Hormigón	E =	194537,91	kg/cm2	14500V'c
Coeficiente Beta	$\beta_1$ =	0,85	s.u	
Factor de Reducción	$\phi$ =	0,90	s / u	Res. a flexión
Límite de Fluencia del Acero	Fy =	4200,00	kg / cm2	
Resistencia del Concreto	F'c =	180,00	Kg / cm2	Por Tipo Constr.
Base de la Viga	b =	30,00	cm	
Peralte de Viga	h =	25,00	cm	
Altura efectiva	d =	20,00	cm	

Cuantía Mínima	$\rho_{min} =$	0,0033	s.u	
Cuantía intermedia	$\rho =$	0,0086	s.u	
Cuantía Máxima	$\rho_{max} =$	0,0138	s.u	$Pb = \frac{0.85\beta_1 f_c}{f_y} \cdot \frac{6120}{6120 + f_y}$
Cuantía Balanceada	$\rho_b =$	0,0184	s.u	

Fuente: Autor

**Tabla 75.** Verificación de la viga crítica del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Observaciones
Fac.Mayorizacion Muerta	FD =	1,20	s / u	Por NEC 15
Fac.Mayorizacion Viva	FL =	1,60	s / u	Por NEC 15
Resultante de carga Total	P =	10728,22	Kg	Carga Total
<b>Carga Distribuida p/ Viga</b>	<b>U1 =</b>	<b>2282,60</b>	<b>Kg /m</b>	Calculado
Momento x carga U1	Mo e =	420188,77	Kg.cm	En Empotram
Momento x carga U1	Mo c =	210094,39	Kg.cm	En Claro
Mo_Extraida del modelo	Mo 1 =	471113,08	Kg.cm2	En Empotram
Mo_Extraida del modelo	Mo 1 =	129028,34	Kg.cm	En Claro
Mo_Calculado por la Sección	Mo =	342406,18	Kg.cm	$\phi M_n = M_u = \phi b d^2 f_y \rho \left( 1 - \frac{\rho f_y}{1.7 f'_c} \right)$
<b>Fuerza CORTE calculada</b>	<b>Vu =</b>	<b>11445,14</b>	<b>Kg</b>	$\phi V_n \geq V_u$
Resistencia Nominal a CORTE	Vn =	12716,82	Kg	$V_n = V_c + V_s$
Resistencia Nominal a CORTE por F'c	Vc =	4266,42	Kg	$V_c = 0,53 \lambda \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$ ACI-11
Resistencia N_a CORTE por Acero	Vs =	8450,40	Kg	$V_s = \frac{A_v \cdot f_{yt} \cdot d}{s}$ $\geq 3,5 \frac{b_w \cdot S}{f_{yt}}$
Área Acero min Estribos	Avmi=	0,25	cm2	
<b>Fuerza CORTE Extraída del modelo</b>	<b>Vu =</b>	<b>9203,86</b>	<b>Kg</b>	

Fuente: Autor

**Tabla 76..** Evaluación de la viga crítica del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

FUNDAMENTOS BÁSICOS				
Área que soporta la viga	at =	17,94	m <sup>2</sup>	Área Tributaria
Carga muerta total	D =	564,40	kg / m <sup>2</sup>	Por Peso Pro.
Carga Viva Total	L =	200,00	kg / m <sup>2</sup>	Por uso del Edif.
Longitud de la viga	Lz =	615,00	cm	
Modulo de Elasticidad Hormigón	E =	194537,91	kg/cm <sup>2</sup>	14500√F'c
Coefficiente Beta	β1 =	0,85	s.u	
Factor de Reducción	Ø =	0,90	s / u	Res. a flexión
Límite de Fluencia del Acero	fy =	4200,00	kg / cm <sup>2</sup>	
Resistencia del Concreto	f'c =	180,00	Kg / cm <sup>2</sup>	Por Tipo Constr.
Base de la Viga	b =	30,00	cm	
Peralte de Viga	h =	25,00	cm	
Altura efectiva	d =	20,00	cm	
Cuantía Mínima	ρmin =	0,0033	s.u	
Cuantía intermedia	ρ =	0,0086	s.u	
Cuantía Máxima	ρmax =	0,0138	s.u	
Cuantía Balanceada	ρb =	0,0184	s.u	$\rho_b = \frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f'_c}{f_y} \cdot \frac{6120}{6120 + f_y}$

Fuente: Autor

**Tabla 77.** Verificación de la viga crítica del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Variable	Símbolo	Valor	Unidad	Observaciones
Fac.Mayorizacion Muerta	FD =	1,20	s / u	Por NEC 15
Fac.Mayorizacion Viva	FL =	1,60	s / u	Por NEC 15
Resultante de carga Total	P =	17891,20	Kg	Carga Total
<b>Carga Distribuida p/ Viga</b>	<b>U1 =</b>	<b>997,28</b>	Kg /m	Calculado
Momento x carga U1	Mo e =	314330,19	Kg.cm	En Empotram
Momento x carga U1	Mo c =	157165,10	Kg.cm	En Claro
Mo_Extraida del modelo	Mo 1 =	<b>324925,60</b>	Kg.cm	En Empotram
Mo_Extraida del modelo	Mo 1 =	<b>126609,72</b>	Kg.cm	Claro
Mo_Calculado por la Sección	Mo =	<b>342406,18</b>	Kg.cm	$\phi M_n = M_u = \phi b d^2 f_y \rho \left( 1 - \frac{\rho f_y}{1.7 f'_c} \right)$

<b>Fuerza CORTE calculada</b>	<b>Vu =</b>	<b>11445,14</b>	<b>Kg</b>	$\phi Vn \geq Vu$
Resistencia Nominal a CORTE	Vn =	12716,82	Kg	$Vn = Vc + Vs$
Resistencia N a CORTE por F'c	Vc =	4266,42	Kg	$Vc = 0,53\lambda\sqrt{f'c}.bw.d$ ACI-11
Resistencia N_a CORTE por Acero	Vs =	8450,40	Kg	$\geq 3,5 \frac{bw.S}{fyt} \quad Vs = \frac{Av.fyt.d}{s}$
Área Acero min Estribos	Avmin=	0,25	cm2	
<b>Fuerza CORTE Extraída del modelo</b>	<b>Vu =</b>	<b>-3875,65</b>	<b>Kg</b>	

Fuente: Autor

### 2.8.2 Deflexiones admisibles y presentes en los elementos de las propuestas

Uno de los requisitos de vulnerabilidad ante un sismo son las deflexiones en los elementos que forman parte de la estructura en estudio.

Por lo tanto, según la siguiente tabla se puede obtener las deflexiones máximas que se pueden admitir en una viga, la cual tiene que ser menor o igual que la deflexión calculada.

**Tabla 78.** Deflexión máxima admisible calculada

Tipo de Elemento	Deflexión considerada	Límite de deflexión
Cubiertas planas que no soporten ni estén ligadas a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva, L	l/180
Entrepisos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	Deflexión inmediata debida a la carga viva, L	l/360
Sistema de entepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos no estructurales (la suma de	l/480

Sistema de entrepiso o cubierta que soporte o esté ligado a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes.	la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas permanentes, y la deflexión inmediata, debida a cualquier carga adicional)	l/240
---	---	-------

Fuente: (ACI-318S-05)

**Tabla 79.** Calculo de deflexiones en vigas de los bloques 1 y 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Referencia
Longitud de la Viga	Lz =	620,00	cm	Obtenida in situ
Inercia de la viga	I =	312500,00	cm <sup>4</sup>	Calculado
Módulo de elasticidad del hormigón	E =	194500,00	Kg/cm <sup>2</sup>	norma
Resultante de carga Total	P =	21041,53	Kg	Calculado
Deflexión obt. Modelo	d =	0,57	cm	
Deflexión máxima admisible	dm =	1,29	cm	d = L/480
	dm>dc			<b>CUMPLE</b>

Fuente: Autor

Las deflexiones se cumplen para la viga más crítica en los bloques 1 y 2 de esta Unidad Educativa.

**Tabla 80.** Calculo de deflexiones en vigas del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Referencia
Longitud de la Viga	Lz =	620,00	cm	Obtenida in situ
Inercia de la viga	I =	312500,00	cm <sup>4</sup>	Calculado
Módulo de elasticidad del hormigón	E =	194500,00	Kg/cm <sup>2</sup>	norma
Resultante de carga Total	P =	21041,53	Kg	Calculado
Deflexión obt. Modelo	d =	0,50	cm	
Deflexión máxima admisible	dm =	1,29	cm	d = L/480
	dm>dc			<b>CUMPLE</b>

Fuente: Autor

Las deflexiones se cumplen para la viga más crítica en el bloque 3 de esta Unidad Educativa.

**Tabla 81.** Calculo de deflexiones en vigas del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Referencia
Longitud de la Viga	Lz =	450,00	cm	Obtenida in situ
Inercia de la viga	I =	133333,33	cm <sup>4</sup>	Calculado
Módulo de elasticidad del hormigón	E =	194500,00	Kg/cm <sup>2</sup>	norma
Resultante de carga Total	P =	22159,12	Kg	Calculado
Deflexión obt. Modelo	d =	0,33	cm	
Deflexión máxima admisible	dm =	0,94	cm	d = L/480
	dm>dc			<b>CUMPLE</b>

Fuente: Autor

Las deflexiones se cumplen para la viga más crítica en el bloque 4 de esta Unidad Educativa.

**Tabla 82.** Calculo de deflexiones en vigas del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Referencia
Longitud de la Viga	Lz =	470,00	cm	Obtenida in situ
Inercia de la viga	I =	39062,50	cm <sup>4</sup>	Calculado
Módulo de elasticidad del hormigón	E =	194537,91	Kg/cm <sup>2</sup>	norma
Resultante de carga Total	P =	10728,22	Kg	Calculado
Deflexión obt. Modelo	d =	0,10	cm	
Deflexión máxima admisible	dm =	0,98	cm	d = L/480
	dm>dc			<b>CUMPLE</b>

Fuente: Autor

Las deflexiones se cumplen para la viga más crítica en el bloque 1 de esta Unidad Educativa.

**Tabla 83.** Calculo de deflexiones en vigas del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Referencia
Longitud de la Viga	Lz =	615,00	cm	Obtenida in situ
Inercia de la viga	I =	39062,50	cm <sup>4</sup>	Calculado
Módulo de elasticidad del hormigón	E =	194537,91	Kg/cm <sup>2</sup>	norma
Resultante de carga Total	P =	17891,20	Kg	Calculado
Deflexión obt. Modelo	d =	1,27	cm	

Deflexión máxima admisible	dm =	1,28	cm	d = L/480
	dm > dc			<b>CUMPLE</b>

Fuente: Autor

Las deflexiones se cumplen para la viga más crítica en el bloque 2 de esta Unidad Educativa.

### 2.8.3 Resistencia a la compresión en elementos verticales

El diseño de secciones transversales sometidas a cortante debe ser basado en (American Concrete Institute ACI 318S-14 y ACI 318R-14, 2014), según (García García, 2016, pág. 77):

$$\phi P_n \geq P_u$$

Donde:

- $P_u$ : Fuerza cortante mayorada en la sección considerada
- $P_n$ : Fuerza Nominal
- $P_n = 0,8 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f'_c \cdot A_c + A_s \cdot f_y)$
- $A_c = A_g - A_s$
- $\phi$ : 0,7 Para columnas con estribos
- $A_s$ : Área del refuerzo
- $A_g$ : Área bruta de la sección =  $b \cdot h$
- $A_c$ : Área del hormigón

Para zonas sísmicas, la Norma Ecuatoriana de la Construcción establece una cuantía mínima de armado principal en columnas de 0,01 y una máxima más restrictiva de 0,06 (Marcelo Romo Proaño, M. Sc, 2008)

**Tabla 84.** Evaluación de las columnas de Hormigón Armado de los bloques de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Referencia
Altura columna (L)	Hn =	335,00	cm	Obtenida in situ
Peralte long Y	ly =	40,00	cm	Obtenida in situ
Ancho long X	lx =	33,00	cm	Obtenida in situ
Área Geométrica de la Sección	Ag =	1320,00	cm <sup>2</sup>	Cálculos
Área del Acero	As =	13,20	cm <sup>2</sup>	NEC -15
Área Neta del Concreto	Ae =	1306,80	cm <sup>2</sup>	Cálculos
Cuantía mínima	ρ <sub>min</sub> =	1,00	%	NEC -15
Nro. de Varillas mínimo	Nro =	4,00	u.	Calculado
Diámetro Varillas	φ =	16,00	mm	NEC -15

Fuente: Autor

**Tabla 85.** Calculo de esfuerzos en columnas de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

#### FUNDAMENTOS BÁSICOS

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Observaciones
Módulo de elasticidad del acero	E =	2039477,76	Kg/cm <sup>2</sup>	29x10 <sup>6</sup> ASTM A36
Resistencia del Concreto	F'c =	180,00	Kg/cm <sup>2</sup>	Por edad de Edificación
Densidad del Concreto	ρ <sub>c</sub> =	2400,00	Kg/m <sup>3</sup>	Hormigón armado
Limite Fluencia Acero Ref.	Fy =	4200,00	Kg/cm <sup>2</sup>	Catalogo
Factor de Resistencia	φ =	0,70	s.u.	ACI 14
				$Pu_{max} = 0,8 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f'c \cdot Ac + As \cdot fy)$
<b>Resistencia max</b>	<b>Pu =</b>	<b>143013,02</b>	<b>Kg</b>	
Resistencia de Calculo	Ru =	143,01	Ton.	
Fuerza CORTE calculada	Vu =	16052,87	Kg	$\phi Vn \geq Vu$
Resistencia Nominal a CORTE	Vn =	17836,52	Kg	$Vn = Vc + Vs$
Resistencia N a CORTE por F'c	Vc =	9386,12	Kg	$Vc = 0,53\lambda\sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d$
Resistencia N a CORTE por Acero	Vs =	8450,40	Kg	$\geq 3,5 \frac{bw \cdot S}{fy \cdot t} \leq \frac{Av \cdot fyt \cdot d}{S}$
Área Acero min Estribos	Avmin =	0,55	cm	

Fuente: Autor

Para verificar el esfuerzo de la columna más crítica, en cada bloque, se selecciona el mayor valor tanto en x para sismo como en y para cortante, como podemos ver en la siguiente tabla los valores con la combinación de carga respectivas:

**Tabla 86.** Máximas reacciones del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
3	COMB5_Y	Combination		492,62	-31046,3	-18636,5
5	COMB1	Combination		-296,85	-345,29	90789,33
5	COMB2	Combination		-313,65	-561,58	86152,34
5	COMB3	Combination		-286,41	-440,83	85580,06
23	COMB5_Y_D	Combination	Max	-146,02	1285,58	44460,79
23	COMB5_Y_D	Combination	Min	-1498,42	1256,2	42475,49
23	COMB5_X	Combination		-64117,1	1091,21	137971,9
23	COMB5_Y	Combination		345,28	-1820,41	34573,64
25	COMB1	Combination		148,68	-119,82	86982,94

Fuente: Sap2000

**Tabla 87.** Máximas reacciones del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
94	COMB5 X_D	Combination	Min	-747,7	833,45	64103,44
94	COMB5 Y_D	Combination	Max	10,25	841,32	65382,27
94	COMB5 Y_D	Combination	Min	-747,7	833,45	64103,44
94	COMB5_X	Combination		-34290,2	854,95	124070,01
94	COMB5_Y	Combination		-526,67	-2061,42	59193,62
98	COMB1	Combination		-120,6	-1123,03	53050,19

Fuente: Sap2000

**Tabla 88.** Máximas reacciones del bloque 3 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arizaga, Brummel”

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
166	COMB3	Combination		-374,65	2383,46	121097,4
166	COMB4	Combination		-373,8	2380,48	118878,3
166	COMB5 X_D	Combination	Max	-114,89	2381,27	118489,5
166	COMB5 X_D	Combination	Min	-632,37	2378,54	118402,4
166	COMB5 Y_D	Combination	Max	-114,89	2381,27	118489,5
166	COMB5 Y_D	Combination	Min	-632,37	2378,54	118402,4
166	COMB5_X	Combination		-29008,99	2455	113149,9
166	COMB5_Y	Combination		-369,22	-992,86	107535,1

Fuente: Sap2000

**Tabla 89.** Máximas reacciones del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arizaga, Brummel”

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf
163	COMB5 Y_D	Combination	Min	-1061,17	768,22	62432,02
163	COMB5_X	Combination		-15642,56	4737,76	98882,73
163	COMB5_Y	Combination		-839,22	-8609,28	43352,82
164	COMB1	Combination		1072,51	702,86	72777,73
164	COMB2	Combination		898,50	566,43	65961,76
164	COMB3	Combination		910,38	584,12	65723,02
164	COMB4	Combination		906,89	580,55	64779,73

Fuente: Sap2000

**Tabla 90.** Evaluación de las columnas de Hormigón Armado de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Parámetro	Variable	Valor	Unidad	Formulación	Referencia
Altura columna (L)	Hn =	280,00	cm		Obtenida in situ
Peralte long Y	ly =	22,00	cm		Obtenida in situ
Ancho long X	lx =	30,00	cm		Obtenida in situ
Área Geométrica de la Sección	Ag =	660,00	cm <sup>2</sup>	$Ag = ly \cdot lx$	Cálculos
Área del Acero	As =	6,60	cm <sup>2</sup>	$As = Ag \cdot 0.01$	NEC -15
Área Neta del Concreto	Ae =	653,40	cm <sup>2</sup>	$Ae = Ag \cdot As$	Cálculos
Cuantía mínima	$\rho_{min} =$	1,00	%		NEC -15
Nro. de Varillas mínimo	Nro =	4,00	u.		Calculado
Diámetro Varillas	$\phi =$	16,00	mm		NEC -15
Cuantía Calculada	$\rho =$	1,22	%		Calculado

Fuente: Autor

**Tabla 91.** Calculo de esfuerzos en columnas de los Bloques de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

FUNDAMENTOS BÁSICOS				
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Observaciones
Módulo de elasticidad del acero	E =	2039477,76	Kg/cm <sup>2</sup>	29x10 <sup>6</sup> ASTM A36
Resistencia del Concreto	F'c =	180,00	Kg/cm <sup>2</sup>	Por edad de Edificación
Densidad del Concreto	$\rho_{cr} =$	2400,00	Kg/m <sup>3</sup>	Hormigón armado
Limite Fluencia Acero Ref.	Fy =	4200,00	Kg/cm <sup>2</sup>	Catalogo
Factor de Resistencia	$\phi =$	0,70	s.u.	ACI 14
$Pu \max = 0,8 \cdot \phi \cdot (0,85 \cdot f'c \cdot Ac + As \cdot fy)$				
<b>Resistencia max</b>	<b>Pu =</b>	<b>71506,51</b>	<b>Kg</b>	

Resistencia de Calculo	$R_u =$	71,51	Ton.	
Fuerza CORTE calculada	$V_u =$	11829,11	<b>Kg</b>	$\emptyset V_n \geq V_u$
Resistencia Nominal a CORTE	$V_n =$	13143,46	Kg	$V_n = V_c + V_s$
Resistencia N a CORTE por F'c	$V_c =$	4693,06	Kg	$V_c = 0,53\lambda\sqrt{f_c}.b.w.d$
Resistencia N_a CORTE por Acero	$V_s =$	8450,40	Kg	$\geq 3,5 \frac{b.w.s}{f_{yt}} s = \frac{A_v.f_{yt}.d}{s}$
Área Acero min Estribos	$A_{vmin} =$	0,28	cm	

Fuente: Autor

**Tabla 92.** Máximas reacciones del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Joint Text	OutputCase Text	F1 Kgf	F2 Kgf	F3 Kgf
29	COMB2	421,51	-28,88	51691,23
29	COMB3	411,83	-22,44	49037,91
29	COMB5X	-1041,12	30,78	48690,37
29	COMB4	390,6	-22,01	47168,94
29	COMB5Y	442,92	-332,89	45999,31
29	COMB1	384,33	-12,07	45245,98

Fuente: Sap2000

**Tabla 93.** Máximas reacciones del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Joint Text	OutputCase Text	F1 Kgf	F2 Kgf	F3 Kgf
11	COMB2	-85,98	-92,7	44365,25
19	COMB2	-107,77	-117,39	43754,48
15	COMB2	-106,72	-103,6	43542,62
23	COMB2	-106,18	-115,25	43527,93
11	COMB3	-84,26	-138,11	42307,62
19	COMB3	-100,27	-172,34	41997,86
15	COMB3	-95,08	-155,85	41709,07
1	COMB5X	-5939,89	22507,79	5579,69
1	COMB2	-405,36	2280,68	15960,22

Fuente: Sap2000

#### 2.8.4 Desplazamientos ortogonales en las propuestas

Los desplazamientos de las estructuras en estudio según el programa Sap2000 en los ejes x, y y z son los siguientes:

**Tabla 94.** Desplazamiento en los nudos del bloque 1 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 m	U2 m	U3 m
27	Ex	LinStatic	0,000	0,000	0,000
27	Ey	LinStatic	0,000	0,000	0,000
28	Ex	LinStatic	0,021	-0,001	-0,001
28	Ey	LinStatic	-0,001	0,020	0,000
63	Ex	LinStatic	0,031	0,001	-0,001
63	Ey	LinStatic	-0,001	0,036	-0,001
42	Ex	LinStatic	0,034	0,013	-0,001
42	Ey	LinStatic	0,004	0,053	-0,002
26	Ex	LinStatic	0,023	-0,001	-0,001
26	Ey	LinStatic	0,004	0,020	-0,001

Fuente: Sap2000

**Tabla 95.** Desplazamiento en los nudos del bloque 2 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 m	U2 m	U3 m
103	Ex	LinStatic	0,03172	-0,005772	-0,001366
103	Ey	LinStatic	0,000212	0,028937	-0,00129
101	Ex	LinStatic	0,022033	-0,003205	-0,000954
101	Ey	LinStatic	0,000096	0,020902	-0,000896
100	Ex	LinStatic	0,000	0,000	0,000
100	Ey	LinStatic	0,000	0,000	0,000
102	Ex	LinStatic	0,036245	-0,005797	-0,000767
102	Ey	LinStatic	0,000201	0,028916	-0,000905
99	Ex	LinStatic	0,025054	-0,003198	-0,000524
99	Ey	LinStatic	-0,00015	0,020919	-0,000632

Fuente: Sap2000

**Tabla 96.** Desplazamiento en los nudos del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 m	U2 m	U3 m
121	Ex	LinStatic	0,052234	-0	-0,002429
121	Ey	LinStatic	0,000618	0,033	-0,002353
119	Ex	LinStatic	0,031977	-0	-0,002013
119	Ey	LinStatic	0,000121	0,027	-0,001947
118	Ex	LinStatic	0,017975	-0	-0,001024
118	Ey	LinStatic	0,000061	0,015	-0,000974
166	Ex	LinStatic	0	0	0

166	Ey	LinStatic	0	0	0
120	Ex	LinStatic	0,060661	-0	-0,001484
120	Ey	LinStatic	0,000914	0,033	-0,001728
117	Ex	LinStatic	0,041107	-0	-0,001231
117	Ey	LinStatic	0,000379	0,027	-0,00145
116	Ex	LinStatic	0,023436	-0	-0,00069
116	Ey	LinStatic	0,000144	0,015	-0,000821

Fuente: Sap2000

**Tabla 97.** Desplazamiento en los nudos del bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 m	U2 m	U3 m
147	Ex	LinStatic	0,06733	-0,00111	-0,00083
147	Ey	LinStatic	0,00013	0,01834	-0,00098
145	Ex	LinStatic	0,04831	0,00082	-0,00067
145	Ey	LinStatic	0,00012	0,01479	-0,00082
144	Ex	LinStatic	-0,00012	-0,00036	-0,00058
144	Ey	LinStatic	0,00020	-0,00029	-0,00057
164	Ex	LinStatic	0,00000	0,00000	0,00000
164	Ey	LinStatic	0,00000	0,00000	0,00000
154	Ex	LinStatic	0,04831	-0,00388	-0,00145
154	Ey	LinStatic	0,00013	0,01489	-0,00080
152	Ex	LinStatic	0,04831	-0,00388	-0,00145
152	Ey	LinStatic	0,00013	0,01489	-0,00080
151	Ex	LinStatic	0,01937	-0,00340	-0,00082
151	Ey	LinStatic	0,00004	0,00853	-0,00041

Fuente: Sap2000

**Tabla 98.** Desplazamiento en los nudos del bloque 1 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 cm	U2 cm	U3 cm
29	Ex	LinStatic	0,000	0,000	0,000
29	Ey	LinStatic	0,000	0,000	0,000
30	Ex	LinStatic	1,068	-0,078	-0,004
30	Ey	LinStatic	-0,045	0,428	0,001
32	Ex	LinStatic	1,068	0,084	0,004
32	Ey	LinStatic	-0,045	0,419	0,000
56	Ex	LinStatic	1,681	-0,094	-0,004
56	Ey	LinStatic	-0,051	0,663	0,001
57	Ex	LinStatic	1,539	0,111	0,005

57	Ey	LinStatic	-0,048	0,703	0,000
----	----	-----------	--------	-------	-------

Fuente: Sap2000

**Tabla 99.** Desplazamiento en los nudos del bloque 2 de la Unidad Educativa “Nuestra Familia”

Joint Text	OutputCase Text	CaseType Text	U1 cm	U2 cm	U3 cm
10	COMB5 X	LinStatic	1,067	-0,186	-0,060
10	COMB5 Y	LinStatic	0,124	0,049	-0,061
11	COMB5 X	LinStatic	0,00	0,00	0,00
11	COMB5 Y	LinStatic	0,00	0,00	0,00
12	COMB5 X	LinStatic	0,989	-0,186	-0,094
12	COMB5 Y	LinStatic	0,105	0,050	-0,093
47	COMB5 X	LinStatic	1,329	-0,282	-0,068
47	COMB5 Y	LinStatic	0,156	0,260	-0,069
48	COMB5 X	LinStatic	1,175	-0,601	-0,102
48	COMB5 Y	LinStatic	0,150	-0,064	-0,102

Fuente: Sap2000

## 2.9 Cortante basal estático y dinámico en las propuestas

Como ya se mencionó anteriormente la norma (NEC\_SE\_DS ( Diseño Sismo Resistente), 2015), pide que la cortante basal dinámica (calculada por Sap2000) debe ser al menos el 80% de la cortante basal estática (calculada manualmente).

Para lo cual se procede a comparar los resultados de la cortante basal tanto estática como dinámica de cada bloque de cada Unidad Educativa.

- Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

### Bloque 1

El valor calculado de la cortante basal estática es 83000,45 Kg.

El valor calculado de la cortante basal dinámica es 90044,2Kg.

En este bloque cumple con la norma ya que la cortante basal dinámica nos da el 108% de la cortante basal estática.

**Bloque 2**

El valor calculado de la cortante basal estática es 35037,70 Kg.

El valor calculado de la cortante basal dinámica es 32354,6 Kg.

En este bloque cumple con la norma ya que la cortante basal dinámica nos da el 108% de la cortante basal estática.

**Bloque 3**

El valor calculado de la cortante basal estática es 36744,60 Kg.

El valor calculado de la cortante basal dinámica es 30867,84 Kg.

En este bloque se cumple con la norma ya que la cortante basal dinámica nos da el 84% de la cortante basal estática.

**Bloque 4**

El valor calculado de la cortante basal estática es 9440,57 Kg.

El valor calculado de la cortante basal dinámica es 9488,01 Kg.

En este bloque no se cumple con la norma ya que la cortante basal dinámica nos da el 100% de la cortante basal estática.

- Unidad Educativa “Nuestra Familia”

**Bloque 1**

El valor calculado de la cortante basal estática es 13674,58 Kg.

El valor calculado de la cortante basal dinámica es 18869,98 Kg.

En este bloque se cumple con la norma ya que la cortante basal dinámica nos da el 137% de la cortante basal estática.

**Bloque 2**

El valor calculado de la cortante basal es 14934,33 Kg.

El valor calculado de la cortante basal dinámica es 21162,47 Kg.

En este bloque se cumple con la norma ya que la cortante basal dinámica nos da el 141% de la cortante basal estática.

### **3 CAPITULO: POSIBILIDAD DE REFUERZO Y ENSAYOS DE ELEMENTOS**

#### **3.1 Refuerzo de elementos estructurales**

##### **3.1.1 Posibilidad de refuerzo en columnas**

En el estudio de las dos Unidades Educativas ya mencionadas anteriormente, al ocurrir un sismo, las derivas de piso de cada planta de las estructuras en los diferentes bloques no cumplen, por lo tanto, se debería reforzar.

Como nuestro material de refuerzo es la Fibra de Carbono por lo tanto se debería reforzar estos elementos estructurales con el mismo.

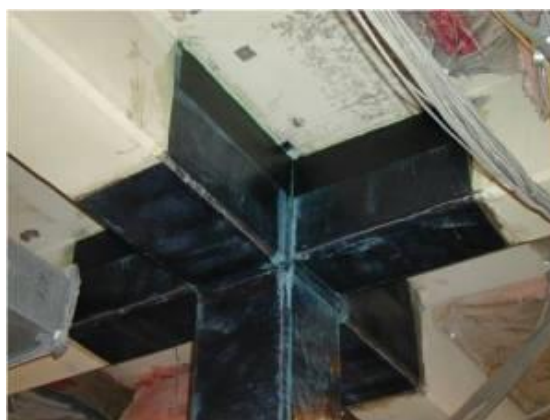


**Figura: 69.** Aplicación de CFRP en columnas

*Fuente:* ( RB Conspro – Productos químicos para construcción, s.f.)

Según, (Flores Tantaleán, Reforzando Edificaciones con Fibras de Carbono), “Una de sus aplicaciones más usuales está en incrementar la resistencia a la flexión y transmitir mayor confinamiento a las columnas. Este es un sistema de bajo costo en comparación a tener que agrandar la sección de la columna, con la consecuente pérdida del tipo arquitectónico original. Una vez reforzada y recubierta la columna, el cambio en la apariencia es nulo, pero muy significativo en resistencia.

### 3.1.2 Posibilidad de refuerzo en vigas existentes



**Figura: 70.** Aplicación de CFRP en vigas

*Fuente:* ( RB Conspro – Productos químicos para construcción, s.f.)

Al emplearse en vigas, el sistema CFRP incrementa sensitivamente la capacidad de resistencia a la flexión y al corte en estos elementos. La resistencia adicional es tal, que una viga

agrietada por las cargas a las que ha sido sometida, reforzada de extremo a extremo posteriormente con este sistema, puede conseguir superar su capacidad de carga adicional.

Al aplicar este sistema en la cara del fondo de la viga, en su longitud, incrementamos su resistencia a la flexión, controlando mejor su deflexión, mientras que, si se aplica en las caras laterales, aumentamos su resistencia al corte.

### 3.1.3 Posibilidad de refuerzo en mampostería



**Figura: 71.** Aplicaciones de CFRP en muros y albañilería  
**Fuente:** (Fibrwrap Peru, s.f.)

El uso de este método en muros de concreto o de albañilería ayuda a absorber las cargas de compresión o laterales (flexión) que se puedan presentar. Se puede usar en placas, muros de sostenimiento, paredes cilíndricas de los reservorios, cajas de ascensor, estructuras industriales sujetas a posibles presiones de explosiones, etc.



**Figura: 72.** Aplicación de CFRP en vigas

*Fuente:* ( RB Conspro – Productos químicos para construcción, s.f.)

También se puede utilizar en losas, al emplear este sistema de reforzamiento en losas aligeradas o macizas armadas en una o dos direcciones, las cargas de servicio pueden ser sustancialmente incrementadas, manteniendo un control de su deflexión.

Otras estructuras que pueden ser reforzadas son tableros de puentes, losas de piso de concreto, losas de estacionamiento, losas industriales, etc.”.

### 3.2 Verificación del cumplimiento debido al esfuerzo flexionante y cortante

#### 3.2.1 Especificaciones Código ACI 318-14 en caso de hormigón

Para comprobar que se cumplan de acuerdo a la normativa mencionada los elementos estructurales tanto a flexión como a cortante, se realiza un resumen de los parámetros calculados anteriormente.

Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”

#### **Bloque 1**

La deflexión en la viga crítica que está entre los apoyos 26 y 28, obtenida de Modelo por Sap2000 nos da  $d = 0,57\text{cm}$

Deflexión máxima admisible  $d_m = 1,29\text{cm}$

Aplicando la formula según la normativa  $d_m > d_c$  CUMPLE

La columna crítica que está sobre el apoyo 23 tiene la capacidad de soporte máximo de 143,01 toneladas.

La carga máxima a la que está sometida en este momento la columna crítica de 137,97 toneladas.

Aplicando la normativa,  $143,01 > 137,97$  la columna CUMPLE

La fuerza horizontal debido al sismo tiene la capacidad de soporte máximo de 16,24 toneladas.

La fuerza horizontal máxima debido al sismo a la que soporta la estructura en este momento es de 64,12 toneladas.

Aplicando la normativa,  $16,24 > 64,12$  la columna NO CUMPLE

## **Bloque 2**

La deflexión en la viga crítica que está entre los apoyos 99 y 101, obtenida de Modelo por Sap2000 nos da  $d = 0,57\text{cm}$

Deflexión máxima admisible  $d_m = 1,29\text{cm}$

Aplicando la formula según la normativa  $d_m > d_c$  CUMPLE

La columna que esta sobre el apoyo 94 tiene la capacidad de soporte máximo de 143,01 toneladas.

La carga máxima a la que está sometida en este momento la columna crítica de 124,07 toneladas.

Aplicando la normativa,  $143,01 > 124,07$  la columna CUMPLE

La fuerza horizontal debido al sismo tiene la capacidad de soporte máximo de 16,24 toneladas.

La fuerza horizontal máxima debido al sismo a la que soporta la estructura en este momento es de 34,29 toneladas.

Aplicando la normativa,  $16,24 > 34,29$  la columna CUMPLE

### **Bloque 3**

La deflexión en la viga crítica que está entre los apoyos 117 y 119, obtenida de Modelo por Sap2000 nos da  $d = 0,50\text{cm}$

Deflexión máxima admisible  $d_m = 1,29\text{cm}$

Aplicando la fórmula según la normativa  $d_m > d_c$  CUMPLE

Esta columna que está sobre el apoyo 166 tiene la capacidad de soporte máximo de 143,01 toneladas.

La carga máxima a la que está sometida en este momento la columna crítica de 118,88 toneladas.

Aplicando la normativa,  $143,01 > 118,88$  la columna si NO CUMPLE

La fuerza horizontal debido al sismo tiene la capacidad de soporte máximo de 16,24 toneladas.

La fuerza horizontal máxima debido al sismo a la que soporta la estructura en este momento de 29,01 toneladas.

Aplicando la normativa,  $16,24 > 29,01$  la columna NO CUMPLE

### **Bloque 4**

La deflexión en la viga crítica que está entre los apoyos 145 y 152, obtenida de Modelo por Sap2000 nos da  $d = 0,33\text{cm}$

Deflexión máxima admisible  $d_m = 0,94\text{cm}$

Aplicando la formula según la normativa  $d_m > d_c$  CUMPLE

Esta columna que esta sobre el apoyo 163 tiene la capacidad de soporte máximo de 143,01 toneladas.

La carga máxima a la que está sometida en este momento la columna critica de 98,883 toneladas.

Aplicando la normativa,  $143,01 > 98,88$  la columna si CUMPLE

La fuerza horizontal debido al sismo tiene la capacidad de soporte máximo de 16,24 toneladas.

La fuerza horizontal máxima debido al sismo a la que soporta la estructura en este momento es de 15,64toneladas.

Aplicando la normativa,  $16,24 > 15,64$  la columna CUMPLE

## **Unidad Educativa “Nuestra Familia”**

### **Bloque 1**

La deflexión en la viga crítica que está entre los apoyos 30 y 32, obtenida de Modelo por Sap2000 nos da  $d = 0,10\text{cm}$

Deflexión máxima admisible  $d_m = 0,98\text{cm}$

Aplicando la formula según la normativa  $d_m > d_c$  CUMPLE

La columna que esta sobre el apoyo 29 tiene la capacidad de soporte máximo de 71,51 toneladas.

La carga máxima a la que está sometida en este momento la columna crítica de 51,69 toneladas.

Aplicando la normativa,  $71,51 > 51,69$  la columna CUMPLE

La fuerza horizontal debido al sismo tiene la capacidad de soporte máximo de 11,45 toneladas.

La fuerza horizontal máxima debido al sismo a la que soporta la estructura en este momento de 1.04 toneladas.

Aplicando la normativa,  $11,45 > 1,04$  la columna CUMPLE

## **Bloque 2**

La deflexión en la viga crítica que está entre los apoyos 10 y 12, obtenida de Modelo por Sap2000 nos da  $d = 1,27\text{cm}$

Deflexión máxima admisible  $d_m = 1,28\text{cm}$

Aplicando la formula según la normativa  $d_m > d_c$  CUMPLE

La columna que esta sobre el apoyo 1 tiene la capacidad de soporte máximo de 71,51 toneladas.

La carga máxima a la que está sometida en este momento la columna crítica es de 44,36 toneladas.

Aplicando la normativa,  $71,51 > 44,36$  la columna CUMPLE

La fuerza horizontal debido al sismo tiene la capacidad de soporte máximo de 11,83 toneladas.

La fuerza horizontal máxima debido al sismo a la que soporta la estructura en este momento de 5.94 toneladas.

Aplicando la normativa,  $11,83 > 5,94$  la columna CUMPLE

### 3.2.2 Especificaciones NEC SE HM

Según la NEC SE HM (Estructuras de Hormigón Armado), que trata de que las estructuras tengan una resistencia adecuada, con cargas mayoradas para su correcto funcionamiento

Para verificar esta norma se toma las mismas vigas críticas elegidas anteriormente.

#### **Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel”**

##### **Bloque 1**

$1733431,29 \text{ Kg.cm} > 543572,85 \text{ Kg.cm}$

El momento calculado por la sección en la viga crítica **DEBERIA** ser mayor que el obtenido de Sap2000 por lo tanto **CUMPLE**.

La disposición de los estribos deberían estar colocados para garantizar la fuerza de corte por lo tanto **NO CUMPLE**.

##### **Bloque 2**

$1733431,29 \text{ Kg.cm} > 11795,21 \text{ Kg.cm}$

El momento calculado por la sección **DEBERIA** ser mayor que el obtenido de Sap2000 por lo tanto **CUMPLE**.

La disposición de los estribos deberían estar colocados para garantizar la fuerza de corte por lo tanto **NO CUMPLE**.

##### **Bloque 3**

1733431,29 Kg.cm > 12165,79 Kg.cm

El momento calculado por la sección **DEBERIA** ser mayor que el obtenido de Sap2000 por lo tanto **CUMPLE**.

La disposición de los estribos deberían estar colocados para garantizar la fuerza de corte por lo tanto **NO CUMPLE**.

#### **Bloque 4**

873849,11 Kg.cm > 9203,86 Kg.cm

El momento calculado por la sección **DEBERIA** ser mayor que el obtenido de Sap2000 por lo tanto **CUMPLE**.

La disposición de los estribos deberían estar colocados para garantizar la fuerza de corte por lo tanto **NO CUMPLE**.

#### **Unidad Educativa “Nuestra Familia”**

##### **Bloque 1**

342406,18 Kg.cm > 3402,93 Kg.cm

El momento calculado por la sección **DEBERIA** ser mayor que el obtenido de Sap2000 por lo tanto **CUMPLE**.

La disposición de los estribos deberían estar colocados para garantizar la fuerza de corte por lo tanto **NO CUMPLE**.

##### **Bloque 2**

342406,18 Kg.cm > 3875,65 Kg.cm

El momento calculado por la sección **DEBERIA** ser mayor que el obtenido de Sap2000 por lo tanto **SI CUMPLE**.

La disposición de los estribos deberían estar colocados para garantizar la fuerza de corte por lo tanto **NO CUMPLE**.

### 3.2.3 Especificaciones NEC SE DS

Para cumplir con esta norma NEC SE DS (Diseño Sismo resistente), se debería verificar los siguientes parámetros:

- Las derivas de piso, como se realizó el cálculo anteriormente la mayoría de las columnas sobrepasan lo establecido, por lo tanto, no cumplen con esta pauta.
- Los periodos de diseño, excepto el bloque 4 de la Unidad Educativa “Alberto Andrade Arízaga, Brummel” están dentro del rango aceptable.
- Las cortantes basales tanto estáticas como dinámicas están dentro de la norma.

## 3.3 Ensayo visual practico aplicando materiales de refuerzo y sin ellos

### 3.3.1 Elementos de Hormigón simple

#### **Informe de Diseño de Vigas Para la parte Practica del Proyecto en Estudio**

La parte práctica de este proyecto está basado en comparar la deflexión al aplicar cargas iguales de dos vigas a escala de características similares, pero con refuerzo y sin refuerzo respectivamente.

Las vigas de base =8cm x altura = 10 cm, con estribos en forma de rectangular de 5 x 7 cm según consta en la tabla adjunta.

Para saber la longitud de las vigas a construirse, se aplica la fórmula:

$$L=3,5b$$

$$L=3,5(8)$$

$$L=28\text{cm}$$



**Figura: 73.** Sección de las vigas a construir

*Fuente:* Autor

En donde:

L = Longitud de la viga

b = Base de la viga

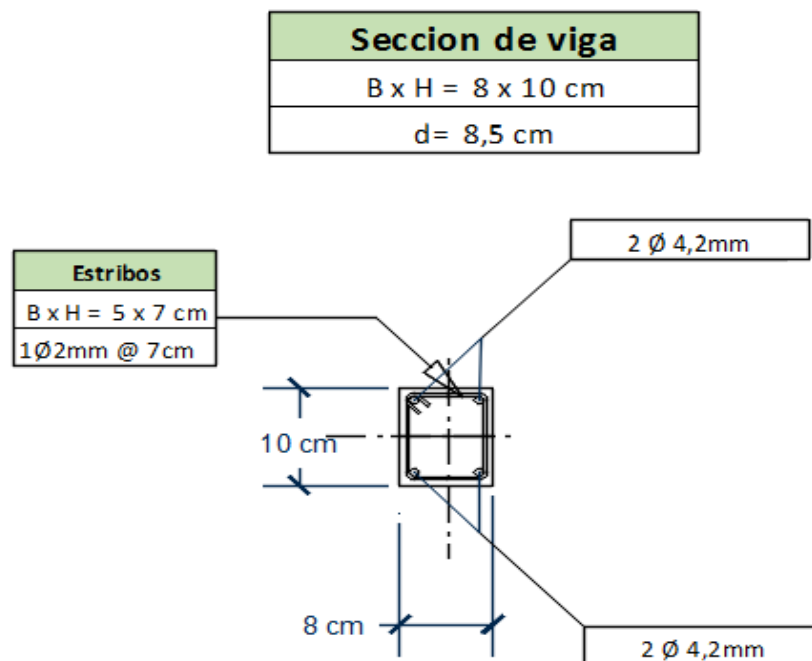
**Tabla 100.** Cálculos para el diseño de la viga para la parte práctica del proyecto

Diseño de la Viga				
Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad	Observación
Longitud	l =	28	cm	Criterio
Base	b =	8	cm	Criterio
Altura	h =	10	cm	Criterio
Resistencia de Hormigón	f'c =	210	Kg/cm <sup>2</sup>	Hormigón diseñado

Fluencia del acero	$f_y =$	4200	Kg/cm <sup>2</sup>	Norma
Recubrimiento	$r =$	1,5	cm	Criterio
Peralte efectivo	$d =$	8,5	cm	$d = h - r$
Peso específico del Hormigón	$\rho_h =$	0,0024	Kg/cm <sup>3</sup>	Norma
Carga Viva	$L =$	1	Kg/cm	Carga puntual
Carga Muerta	$D =$	0,192	Kg/cm	Cálculos
Carga total	$u =$	1,969	Kg/cm	Carga mayorada
Momento	$M_u =$	192,9	Kg*cm	$M = (u * l^2) / 8$
Cuantía máxima	$p_{max} =$	0,01594		Cálculos
Cuantía mínima	$p_{min} =$	0,00333		Cálculos
Cuantía del acero de refuerzo	$p =$	0,00333		Escogida para calculo
Área del acero inferior	$A_s =$	0,23	cm <sup>2</sup>	$A_s = p * b * d$
<b>Acero Inferior</b>	<b>#v =</b>	<b>0,113</b>	cm <sup>2</sup>	<b>2φ4,2mm</b>
Área del acero superior	$A'_s =$	0,05	cm <sup>2</sup>	$A'_s = 20\% A_s$
<b>Aceros Superior</b>	<b>#v =</b>	<b>0,02</b>	cm <sup>2</sup>	<b>2φ4,2mm</b>
<b>Diseño del estribo mínimo</b>				
Reacción de viga derecha	$R_A =$	27,56	Kg	$R_A = u l / 2$
Reacción de viga izquierda	$R_B =$	27,56	Kg	$R_B = u l / 2$
<b>Triangulo de tensiones</b>				
Tensión máxima V1	$V_u =$	0,477	Kg	$V_u = R_A / 0,85 * b * d$
Tensión critica V2	$V_{ud} =$	0,187	Kg	$V_{ud} = (R_A (u * d)) / (0,85 * b * d)$
Tensión del concreto V3	$V_c =$	7,970	Kg	$V_c = v f' c$
Tensión mínima V4	$V_c / 2 =$	3,985	Kg	$V_c / 2$
<b>Condiciones a comprobar</b>				
<b>Vud-Vc</b>		<b>1.06 v f'c</b>	<b>S (cm)</b>	
-7,783	mayor	15,361	2,125	
-7,783	menor	15,361	4,25	Espaciamiento calculado
-7,783	mayor	30,722		cambiar sección
<b>Diseño del estribo mínimo</b>				
Área de acero	$A_v =$	0,014	cm	$A_v = (3,5 * (b * S / f_y)) / 2$
Radio	$r =$	0,067152	cm	$r = \sqrt{A_v / \pi}$
Diámetro	$D =$	0,13	mm	$D = 2r$
<b>Probar</b>				
Separación	$S =$	9,3	cm	No cumple con φ 2 mm
Separación	$S =$	7	cm	se necesita bajar sección por lo tanto asumo esta separación para mantener φ 2 mm

## RESUMEN DEL DISEÑO DE VIGA A CONSTRUIRSE

Ubicación	Especificaciones	Área del Acero	Estribos	Sección de viga
Acero long. a tracción	2 $\varnothing$ 4,2mm	0,278 cm <sup>2</sup>	B x H = 5 x 7 cm	B x H = 8 x 10 cm
Acero long. de confinam.	2 $\varnothing$ 4,2mm	0,278 cm <sup>2</sup>	1 $\varnothing$ 2mm @ 7cm	d= 8,5 cm



Fuente: Autor

Respetando las cuantías del acero de las vigas como indica su diseño, se empieza a armar.



**Figura: 73.** Armado de Vigas para ensayo  
*Fuente:* Autor

La resistencia del hormigón es de  $210 \text{ kg/cm}^2$ , este hormigón a utilizarse para el ensayo de las vigas es de la Hormigonera Holcim que abastecía para una obra privada, el mismo que está certificado su diseño con la resistencia antes mencionada como lo indica la siguiente figura:



**Figura: 74.** Hormigonera Holcim lista para vertir hormigón para la fundición de las vigas para el ensayo  
*Fuente:* Autor

Luego de encofrar las vigas se procede a la fundición de las mismas con el hormigón de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .



**Figura: 75.** Encofrado y función de vigas para el ensayo  
*Fuente:* Autor

Para poder verificar que la resistencia de hormigón sea de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , se toma 2 cilindros de hormigón como muestra para luego comprobar en el laboratorio de suelos de la Universidad Católica de Cuenca.



**Figura: 76.** Toma de muestra de hormigón para verificar su resistencia  
*Fuente:* Autor

Transcurridos más de 28 días después de la fundición de las vigas, para que alcancen su resistencia adecuada del hormigón, se procede a reforzar a una de las vigas con Fibra de Carbono en este caso como ya lo mencionamos anteriormente se utiliza SikaWrap 600 C más el pegante del tejido que es el Sikadur 300.

Como indica la norma ACI 4402r\_08 (Guía para el diseño y la construcción de sistemas de FRP unidos externamente para el Fortalecimiento de las Estructuras de Concreto), se refuerza una cara que sería la base de la viga, al aplicar cierta carga viva a estos elementos las fibras inferiores tienden a traccionarse y como se hizo mención anteriormente este refuerzo trabaja a tracción, ya que se va a verificar la deflexión de la viga, razón por la cual se refuerza solamente la base de dicho elemento.

Siguiendo las instrucciones de la aplicación de SikaWrap, según la hoja técnica de la empresa Sika, se procede de la siguiente manera:

- Con un cepillo de pulir se elimina toda la lechada superficial de la viga hasta que se pueda observar los áridos del elemento, para así evitar que al momento del ensayo se desprenda el tejido con la capa más fina del hormigón.



**Figura: 77.** Preparado de la superficie de la viga a reforzar

*Fuente:* Autor

- Luego de pulida la cara a reforzar del elemento se pasa una esponja con disolvente para pinturas sintéticas (nitrocelulósico), para limpiar los restos de hormigón sueltos y polvo.
- Al estar ya preparada la superficie del elemento se coloca con una brocha el pegante SikaDur 300, el mismo que debe estar preparado anteriormente como indica la hoja técnica.



**Figura: 78.** Aplicación del epoxico SikaDur 300 al elemento a reforzar

*Fuente:* Autor

- De igual manera limpiar el tejido SikaWrap para eliminar polvos y colocar con un rodillo el pegante.
- Pegar el tejido a la superficie del elemento a reforzar cuidando de que no queden bolsas de aire atrapadas.
- Después de 10 minutos pasar el rodillo con pegante nuevamente sobre la superficie de la viga a la que esta adherida la fibra para sellar.



**Figura: 79.** Aplicación de epoxico SikaDur 300 sobre SikaWrap 600C

*Fuente:* Autor

- Esperar 12 horas aproximadamente para que se seque completamente en un lugar seco.



**Figura: 80.** Viga reforzada con Fibra de Carbono (SikaWrap 600C)

*Fuente:* Autor

- Como indica la hoja técnica de Sika para este tipo de refuerzo, transcurridos 7 días de realizado el refuerzo, el elemento estructura alcanzará su resistencia adecuada, por lo tanto, para realizar el ensayo hay que tener presente esta información.



**Figura: 81.** Rotura de los cilindros de hormigón en la prensa hidráulica del Laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca

*Fuente:* Autor



**Figura: 82.** Resultados del ensayo a compresión del cilindro 1.

*Fuente:* Autor



**Figura: 83.** Resultados del ensayo a compresión del cilindro 2.

*Fuente:* Autor

Los resultados del ensayo a compresión para comprobar la resistencia de hormigón obtenida en el laboratorio de Suelos de la Universidad Católica de Cuenca como se indica en las figuras, son los siguientes:

**Tabla 101.** Comprobación de la Resistencia del Hormigón

Descripción	Nomenclatura	Valor	Unidad	Observación
CILINDRO 1				
Peso	P =	122930	g	Tomada en laboratorio
Altura	h =	30	cm	Tomada en laboratorio

Diámetro	d =	15	cm	Tomada en laboratorio
Área	A =	176,72	cm <sup>2</sup>	Formula
Carga máxima	Cm =	441508,00	KN	Dato de la prensa
Resistencia del Hormigón	f'c =	254,68	Kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia en el momento de rotura
<b>CILINDRO 2</b>				
Peso	P =	125330	g	Tomada en laboratorio
Altura	h =	29	cm	Tomada en laboratorio
Diámetro	d =	15,2	cm	Tomada en laboratorio
Área	A =	181,46	cm <sup>2</sup>	Formula
Carga máxima	Cm =	406318,00	KN	Dato de la prensa
Resistencia del Hormigón	f'c =	228,25	Kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia en el momento de rotura
<b>Resistencia Final del Hormigón</b>	<b>f'c =</b>	<b>241,47</b>	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Resistencia Promedio en el momento de rotura</b>

Fuente: Autor

Por lo tanto, se cumple con el diseño ya que nuestro hormigón está diseñado para  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> y el valor que nos da la prensa hidráulica, al romper los dos cilindros es de promedio  $f'c=240$  Kg/cm<sup>2</sup>.

Luego de que se ha comprobado la resistencia del hormigón, procedemos a realizar el ensayo de las respectivas vigas con refuerzo y sin él, como se indica en las siguientes figuras:



**Figura: 84.** Ensayo a compresión de la viga sin refuerzo

Fuente: Autor



**Figura: 85.** Ensayo a compresión de la viga reforzada con CFRP

*Fuente:* Autor

Como resultado de las vigas sometidas a compresión tenemos las siguientes tablas:

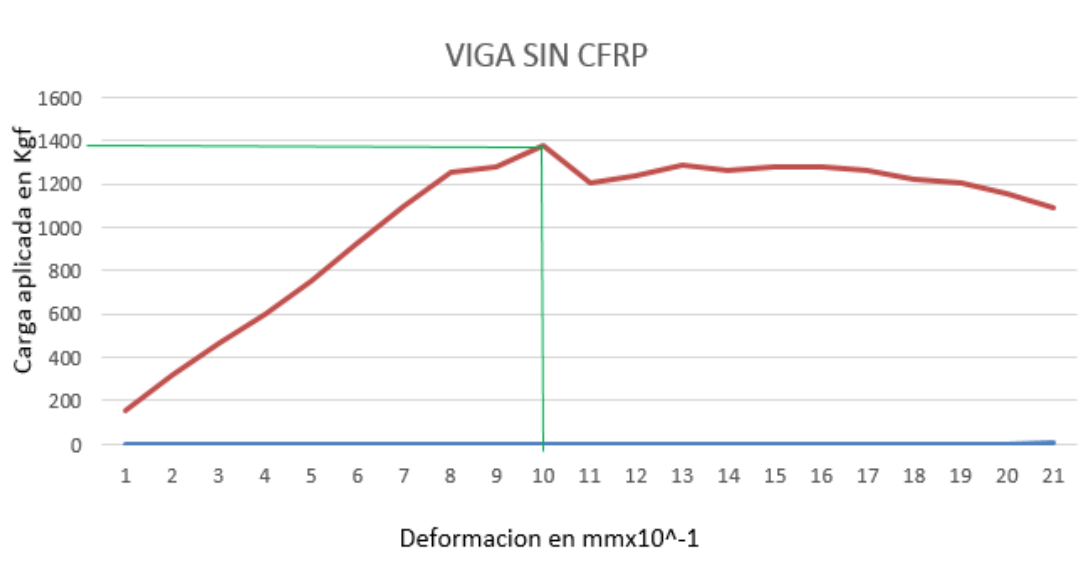
**Tabla 102.** Resultado del ensayo a compresión de la viga sin CFRP.

**VIGA SIN CFRP**

Prensa	Deformación			Carga		Esfuerzo
	pulgadas	cm	mm	Kgf	kn	Kg/cm <sup>2</sup>
5	0,005	0,0127	0,127	150,92	1,48	1,89
10	0,01	0,0254	0,254	322,23	3,16	4,03
15	0,015	0,0381	0,381	462,94	4,54	5,79
20	0,02	0,0508	0,508	594,49	5,83	7,43
25	0,025	0,0635	0,635	754,58	7,4	9,43
30	0,03	0,0762	0,762	922,83	9,05	11,54
35	0,035	0,0889	0,889	1097,20	10,76	13,71
40	0,04	0,1016	1,016	1257,29	12,33	15,72
45	0,045	0,1143	1,143	1276,66	12,52	15,96
50	0,05	0,127	1,27	1374,56	13,48	17,18
55	0,055	0,1397	1,397	1209,36	11,86	15,12
60	0,06	0,1524	1,524	1234,86	12,11	15,44
65	0,065	0,1651	1,651	1284,82	12,6	16,06
70	0,07	0,1778	1,778	1262,39	12,38	15,78
75	0,075	0,1905	1,905	1276,66	12,52	15,96
80	0,08	0,2032	2,032	1279,72	12,55	16,00
85	0,085	0,2159	2,159	1262,39	12,38	15,78

90	0,09	0,2286	2,286	1225,68	12,02	15,32
95	0,095	0,2413	2,413	1203,25	11,8	15,04
100	0,1	0,254	2,54	1153,28	11,31	14,42
105	0,105	0,2667	2,67	1091,08	10,7	13,64

Fuente: Autor



**Figura: 86.** Grafica de la carga vs la deformación de la Viga sin CFRP.

*Fuente:* Autor

Como se observa en la tabla y en la figura anterior esta viga sin refuerzo llega a su máxima deflexión que es 1,27mm al aplicar una carga de 1374,56 kg.

La figura a continuación indica cual es el resultado visual de la viga sin refuerzo con CFRP, como se observa la falla en esta viga presenta grietas a 45°, lo que nos indica que está fallando a corte.



**Figura: 87.** Resultado visual de la viga sin CFRP.

*Fuente:* Autor

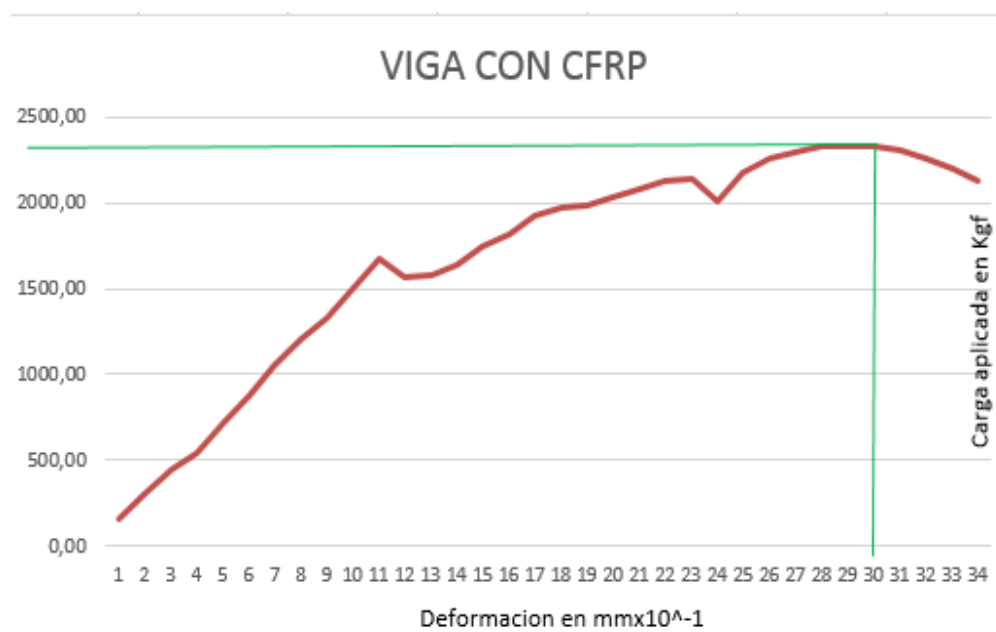
**Tabla 103.** Resultado del ensayo a compresión de la viga con CFRP.

**VIGA CON CFRP**

Prensa	Deformación			Carga		Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>
	pulgadas	cm	mm	Kgf	kn	
5	0,005	0,0127	0,127	157,03	1,54	1,96
10	0,01	0,0254	0,254	302,85	2,97	3,79
15	0,015	0,0381	0,381	440,51	4,32	5,51
20	0,02	0,0508	0,508	545,54	5,35	6,82
25	0,025	0,0635	0,635	706,65	6,93	8,83
30	0,03	0,0762	0,762	874,90	8,58	10,94
35	0,035	0,0889	0,889	1049,27	10,29	13,12
40	0,04	0,1016	1,016	1206,31	11,83	15,08
45	0,045	0,1143	1,143	1329,69	13,04	16,62
50	0,05	0,127	1,27	1497,94	14,69	18,72
55	0,055	0,1397	1,397	1676,39	16,44	20,95
60	0,06	0,1524	1,524	1568,30	15,38	19,60
65	0,065	0,1651	1,651	1582,57	15,52	19,78
70	0,07	0,1778	1,778	1634,58	16,03	20,43
75	0,075	0,1905	1,905	1738,59	17,05	21,73
80	0,08	0,2032	2,032	1813,03	17,78	22,66
85	0,085	0,2159	2,159	1918,06	18,81	23,98
90	0,09	0,2286	2,286	1970,06	19,32	24,63
95	0,095	0,2413	2,413	1988,42	19,5	24,86
100	0,1	0,254	2,54	2026,14	19,87	25,33
105	0,105	0,2667	2,67	2079,17	20,39	25,99
110	0,11	0,2794	2,79	2128,11	20,87	0,26

115	0,115	0,2921	2,92	2133,21	20,92	0,26
120	0,12	0,3048	3,05	2008,81	19,70	0,25
125	0,125	0,3175	3,18	2167,88	21,26	0,27
130	0,13	0,3302	3,30	2255,58	22,12	0,28
135	0,135	0,3429	3,43	2295,34	22,51	0,28
140	0,14	0,3556	3,56	2326,96	22,82	0,29
145	0,145	0,3683	3,68	2332,05	22,87	0,29
150	0,15	0,381	3,81	2328,99	22,84	0,29
155	0,155	0,3937	3,94	2301,46	22,57	0,28
160	0,16	0,4064	4,06	2261,69	22,18	0,28
165	0,165	0,4191	4,19	2197,45	21,55	0,27
170	0,17	0,4318	4,32	2131,17	20,90	0,26

Fuente: Autor



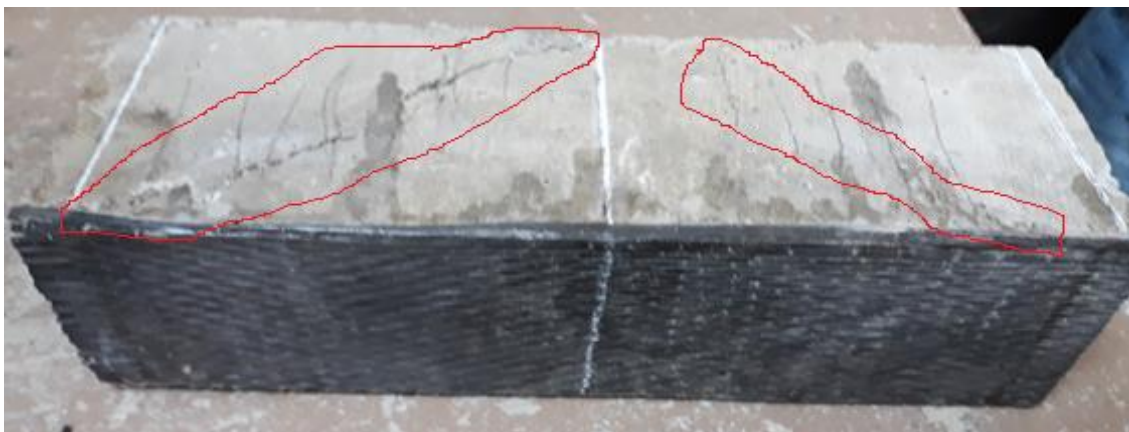
**Figura: 88.** Grafica de la carga vs la deformación de la Viga con CFRP.

Fuente: Autor

De la misma forma como se observa en la tabla y grafico anterior esta viga reforzada llega a su máxima deflexión que es 3,68 mm al aplicar una carga de 2332,05 kg.

De igual manera a continuación se indica con la siguiente figura cual es el resultado visual de la viga sin refuerzo con CFRP, como se observa la falla en esta viga también presenta grietas a

45°, lo que nos indica que está fallando a corte, asimismo se puede observar que hay una pequeña falla a la adherencia entre la Fibra de Carbono y el elemento estructural, lo que disminuye su resistencia.



**Figura: 89.** Resultado visual de la viga con CFRP.

*Fuente:* Autor

Al terminar este ensayo para poder conocer cuál es el aporte que brinda la Fibra de Carbono, en este caso SikaWrap 600C, a nuestras vigas experimentadas, se procede a comparar puntos en los cuales las dos vigas con y sin refuerzo tienen las mismas deflexiones, pero diferentes cargas, como se ve en la siguiente tabla:

**Tabla 104.** Aporte de la Fibra de Carbono en Vigas De Hormigón Armado

Deformación mm	Carga con CFRP Kgf	Carga sin CFRP Kgf	Aporte %	Conclusión
0,127	157,03	150,92	0,96	No existe
0,508	594,49	545,54	0,92	Es mínimo
1,27	1374,56	1497,94	1,09	9%
1,905	1276,66	1738,59	1,36	36%
2,54	1153,28	2026,14	1,76	75%

*Fuente:* Autor

En cada punto se tienen un aporte diferente, como consta en la tabla según va aumentando la carga, la deflexión al igual aumenta y por ende también aumenta el aporte de la Fibra de Carbono que va desde nada, hasta un 75%.

#### 4 CONCLUSIONES

- Luego de analizar los resultados que nos da el programa Sap2000 de cada estructura de las Unidades Educativas en estudio, se determina que las derivas de piso para la Unidad Educativa "Alberto Andrade Arizaga, Brummel" no cumplen, pero para la Unidad Educativa "Nuestra Familia" si cumplen, las deflexiones en vigas son menores que las admisibles, pero para la cortante en vigas en la mayoría de los casos no cumplen en las dos Unidades Educativas, según la normativa, por lo tanto se debería reforzar los elementos estructurales que sean necesarios, porque están vulnerables ante una eventualidad sísmica de gran magnitud.
- Los sistemas de reforzamiento para estructuras de hormigón armado que están siendo más utilizados son los que están formados por Fibra de Carbono, por sus características y propiedades mecánicas.
- Posteriormente al ensayo de vigas, se evidencia que en las vigas con y sin refuerzo la falla es a cortante, por lo cual produce fisuras de 45°.
- Se comprueba que el refuerzo con Fibra de Carbono aumenta la resistencia en los elementos de hormigón armado que están sometidos a flexión, cumpliendo con todos los requerimientos de la normativa vigente.
- En los ensayos se demuestran que la Fibra de Carbono se mantiene sana, pero existe la pérdida de adherencia entre la Fibra de Carbono y la viga, para evitar este efecto, se debería pulir toda la lechada de la superficie del elemento a reforzar.
- La viga con refuerzo de Fibra de Carbono resiste considerablemente los esfuerzos a flexión, mientras que en la viga sin refuerzo la resistencia es menor.

- El aporte que nos brinda la Fibra de Carbono a la flexión va en aumento en una viga de hormigón armado, de acuerdo a la magnitud de carga aplicada.

## 5 RECOMENDACIONES

- Se recomienda el reforzamiento usando Fibra de Carbono en las diferentes estructuras de hormigón armado, ya que es cierto que el costo del material es mayor que cualquier otro método de refuerzo, pero en costos indirectos y mano de obra es mínimo, además tomando en cuenta los beneficios que nos brinda es excelente.
- Antes de reforzar los elementos estructurales de debe preparar minuciosamente las superficies, porque ello depende su garantía en el funcionamiento de la Fibra de Carbono.
- Al trabajar con sistemas de refuerzo con CFRP (Fibra de Carbono) se debe conocer a detalle toda la normativa ACI 4402r\_02 (Guía para el diseño y la construcción de sistemas de FRP unidos externamente para el Fortalecimiento de las Estructuras de Concreto).
- Además de reforzar a flexión una viga, se debería reforzar a cortante para evitar fallas.

## 6 BIBLIOGRAFIA

(s.f.).

Beltrán Riveros, A. A. (2011). *USO DE FIBRAS DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO A FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO REFORZADO*. Bogota.

Cuñez Uvidía, J. A. (2015). “*COMPORTAMIENTO DE LA RESISTIVIDAD ELÉCTRICA DE LOS SUELOS ANTE VARIACIONES DE HUMEDAD Y GRADO DE COMPACTACIÓN*”. Cuenca, Azuar, Ecuador.

DC (Ingenieria &Proyectos). (2016). *Medicion de la Resistencia del Hormigon en Elementos Estructurales de las Escuelas Alberto Andrade Arizaga, ‘Brummel’ y Nuestra Familia en la Ciudad de Cuenca*. Cuenca.

Flores Tantaleán , L. (s.f.). *REFORZANDO EDIFICACIONES CON FIBRAS DE CARBONO*.

Recuperado el 24 de 02 de 2017, de Constructora RF SA:

[http://www.institutoconstruir.org/centrocivil/concreto%20armado/fibras\\_carbono.pdf](http://www.institutoconstruir.org/centrocivil/concreto%20armado/fibras_carbono.pdf)

RB Conspro – Productos quimicos para construccion. (s.f.). *Reforzamiento Estructural Con Fibras De Carbono*. Recuperado el 14 de 05 de 2017, de RB Conspro – Productos quimicos para la construccion:

<https://rbconspro.wordpress.com/2009/11/14/reforzamiento-estructural-con-fibras-de-carbono/>

Riquetti Morales., J. P. (2010). *dspace*. Obtenido de “DIMENSIONAMIENTO GEOTÉCNICO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES EN LAS UNIDADES GEOTÉCNICAS DE LA CIUDAD DE CUENCA.”:

[https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0ahUKewiWxru\\_kuzWAhWCLSYKHRwJBjgQFgg1MAY&url=http%3A%2F%2Fdspace.uc](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=7&ved=0ahUKewiWxru_kuzWAhWCLSYKHRwJBjgQFgg1MAY&url=http%3A%2F%2Fdspace.uc)

uena.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F2582%2F1%2Ftm4351.pdf&usg=AOvVa  
w0DBgRK5S4lZnmWCvJkz\_7t

ACI-318S-05. (s.f.). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural*.

ADELCA. (2013). ADELCA (Acería del Ecuador). *Memoria de Sostenibilidad*, 6.

*American Concrete Institute ACI 318S-14 y ACI 318R-14*. (2014). Estados Unidos.

Archdaily. (Teja de Fibrocemento Ondulada). *Teja de Fibrocemento Ondulada*. Recuperado el

23 de 05 de 2017, de [http://www.archdaily.co/catalog/co/products/5526/teja-de-](http://www.archdaily.co/catalog/co/products/5526/teja-de-fibrocemento-ondulada-perfil-3-eternit)

[fibrocemento-ondulada-perfil-3-eternit:](http://www.archdaily.co/catalog/co/products/5526/teja-de-fibrocemento-ondulada-perfil-3-eternit)

[http://www.archdaily.co/catalog/co/products/5526/teja-de-fibrocemento-ondulada-perfil-](http://www.archdaily.co/catalog/co/products/5526/teja-de-fibrocemento-ondulada-perfil-3-eternit)

[3-eterni](http://www.archdaily.co/catalog/co/products/5526/teja-de-fibrocemento-ondulada-perfil-3-eternit)

Beltran Riveros, A. A. (2011). *USO DE FIBRAS DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO A*

*FLEXION EN VIGAS DE CONCRETO REFORZADO*. BOGOTÁ D.C.

*Bloques livianos*. (s.f.). Obtenido de OLX:

<https://www.google.com.ec/search?q=bloques+livianos&source=lnms&tbm=isch&sa=X>

[&ved=0ahUKEwjxtLn-](https://www.google.com.ec/search?q=bloques+livianos&source=lnms&tbm=isch&sa=X)

[na\\_UAhWG7iYKHYwqDM4Q\\_AUIBigB&biw=1280&bih=645#imgrc=hE6O92qycP4](https://www.google.com.ec/search?q=bloques+livianos&source=lnms&tbm=isch&sa=X)

[R9M:](https://www.google.com.ec/search?q=bloques+livianos&source=lnms&tbm=isch&sa=X)

*BRUMMEL*. (s.f de s.f de Guia BBB). Recuperado el 20 de 04 de 2017, de Guia BBB:

<https://guiabbb.ec/043567/Brummel>

BUSTOS , J. D. (14 de Julio de 2010). *“LOS MOVIMIENTOS TELÚRICOS EN LA CIUDAD*

*DE CUENCA, ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN NO CONVENCIONALES”*.

Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec>.

Cargas No Sísmicas, NEC. (2015). *NEC*. Dirección de Comunicación Social.

Carta geológica Cuenca PSAD56\_Z17S. (s.f.).

CELEC EP, T. (10 de 05 de Velocidad Media del Viento Ecuador,2010). Velocidad Media del Viento Ecuador.

*Código de Soldadura Estructural\_Acero.* (2010).

El Telegrafo. (13 de 05 de 2016). El Municipio de Jama funciona en mercado.

El Universo. (31 de 01 de 2010). Terremotos: Mas destructivos. *El país registra alto riesgo de vulnerabilidad sísmica.*

Ferreteria Multicomercio. (s.f.). *Multicomercio Ferreteria.* Obtenido de Multicomercio:

<http://www.multicomercio.com.ec/producto/628-Techo-eternit-1,80mm-2,40m--3m>

*Fibrwrap Peru.* (s.f.). Recuperado el 27 de 06 de 2017, de

<http://www.fibradecarbono.com.pe/portafolio.html>

Flores Tantaleán, L. (s.f.). *Reforzando Edificaciones con Fibras de Carbono.*

Garcia Garcia , D. G. (2016). “*CÁLCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL COMPARATIVO ENTRE ACERO ESTRUCTURAL Y HORMIGÓN ARMADO DE LA “CASA COMUNAL ” PARA LA JUNTA PARROQUIAL DE SAYAUSI*”. Cuenca.

Google Maps. (s.f.). Recuperado el 3 de 03 de 2017

H.NILSON, A. ( Tipos de cemento, 2001). *Tipos de cemento.*

*Hoja Tecnica.* (s.f.). Obtenido de

<https://www.google.com.ec/search?q=espesor+y+ancho+de+eternit&tbm=isch&imgil=KXRNzoYM7I0POM%253A%253Brczl167A-t8dBm%253Bhttps%25253A%25252F%25252Fwww.scribd.com%25252Fdoc%25252F186208109%25252FInstalacion-de-Teja-Andina-Eternit&source=iu&pf=m&fir=KXRNzoYM>

IG-EPN. (s.f.). *Un día como hoy*. Obtenido de Instituto Geofísico EPN:

<http://www.igepn.edu.ec/un-dia-como-hoy?tmpl=component%E2%80%A6>

INAMHI. (2017).

La Opinión. (25 de Mayo de 2016). 5 razones por las que los edificios se derrumban (sin que haya un sismo). *5 razones por las que los edificios se derrumban (sin que haya un sismo)*.

Maldonado Changoluisa, E. J. (2014). “*INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN ESTRUCTURAL SEGÚN LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN NEC 11 (FORMATO 12A), PARA ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS, SITUADOS EN EL DISTRITO 6: CIRCUITO 6 (GRUPOS A, B Y C), DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, SUBSECRETARÍA DE EDUCA*. Quito.

Marcelo Romo Proaño, M.Sc. (2008). CAPÍTULO X. COMPRESION AXIAL EN LOS ELEMNTOS DE HORMIGON ARMADO. En M. Marcelo Romo Proaño, *TEMAS DE HORMIGÓN ARMADO* (pág. 9). Quito.

(2015). *NEC*.

NEC\_SE\_CG. (Cargas No Sísmicas, 2015). *Cargas y Materiales*.

NEC\_SE\_CG. (Cargas No Sísmicas, 2015). *Cargas y Materiales*.

NEC\_SE\_DS ( Diseño Sísmo Resistente). (2015). *Diseño Sísmo Resistente*.

NEC\_SE\_HM. (s.f.). *NEC\_SE\_HM*.

NEC-SE-CG(Cargas No Sísmicas). (2015).

*NTE INEN 638, Bloques de Hormigon Armado, Definiciones*. (2014). Quito.

Nuestra Familia. (2005). Una historia que contar.... *Unidad Educativa Bilingue “Nuestra Familia”*; 3.

Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. (2005). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (ACI 318S-05) (Versión en español y en sistema métrico)*. USA.

Rosero Landeta, L. F. (2013). *Reforzamiento de estructuras de hormigon armado con FRP (Fiber Reinforced Polymers). Aplicacion al caso de refuerzo de una losa y columnas de un salon de audiovisuales y un auditorio*. Sangolqui.

Saenz Campos, W. E. (s.f.). *Vulnerabilidad de la Infraestructura Fisica Educativa*.

SAP 2000 v16.0.0 Advanced. (s.f.).

Sika. (2014). *SikaWrap 600 C*.

Sika. (2015). *Sika® CarboDur® S512*.

Sika. (2015). *Sikadur 300*.

Sika Peru. (s.f.). Obtenido de [http://per.sika.com/es/group/noticias\\_sika/News/sismos-peru-2016.html](http://per.sika.com/es/group/noticias_sika/News/sismos-peru-2016.html).

*Tecnología de los Plásticos*. (2011). Recuperado el 27 de junio de 2017, de <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/11/fibra-de-carbono.html>

## **7 ANEXOS**

### **7.1 ANEXO 1: MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LAS ESCUELAS ALBERTO ANDRADE ARIZAGA, "BRUMMEL" Y NUESTRA FAMILIA EN LA CIUDAD DE CUENCA.**

## MEDICION DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE LAS ESCUELAS ALBERTO ANDRADE ARIZAGA “BRUMEL” Y “U.E.P. NUESTRA FAMILIA” EN LA CIUDAD DE CUENCA

Los ensayos no-destructivos para la medición de la resistencia del hormigón se realizaron con el empleo de ultrasonido y el martillo de rebote, según se detalla a continuación:

### 1.1. Determinación de la resistencia mediante ultrasonido

El ensayo no-destructivo para la determinación de la resistencia del hormigón mediante la medición de la velocidad de pulso ultrasónico a través del hormigón con la ayuda del equipo “PULSAR 2.1”, consiste en la determinación de la velocidad de propagación de los impulsos longitudinales de ondas de tensión a través del hormigón, generadas y recibidas respectivamente por los transductores que dispone el mencionado equipo, de acuerdo a las normas GOST 17624-2012 (*Concrete. Ultrasonic method of strength determination*) y ASTM C597 (*Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete*).



Figura 1. Equipo y formas de transmisión.  
(fuente: [www.dcproy.com](http://www.dcproy.com))

### 1.2. Determinación de la resistencia mediante esclerómetro

La medición aproximada de la resistencia a compresión de los hormigones en las columnas indicadas por el solicitante mediante el empleo del martillo de rebote “Esclerómetro Mecánico SM, 11L001690 SOUTH” se realizó de acuerdo a la norma ASTM C805. Las mediciones con esclerómetro se realizaron el 17/11/2017 en la escuela “BRUMMEL” y el 20/11/2017 en la escuela “NUESTRA FAMILIA”.



Figura 2. Esclerómetro Mecánico SM.

Los resultados encontrados se detallan a continuación:

EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO  
ENSAYO DE ULTRASONIDO

PROYECTO: Tesis de grado  
LOCALIZACIÓN: Cuenca  
EDIFICIO: Escuela "BRUMMEL"  
UBICACIÓN DEL ENSAYO: Pórticos  
NORMA: ASTM C597; GOST 17624-2012  
ORDEN No.: US-017

SOLICITADO POR: Ma. Fernanda Espinoza  
FISCALIZACIÓN: ----  
CONTRATISTA: ----  
HOJA: 1/1  
FECHA DE ENSAYO: 17/11/2017  
FECHA DE EMISIÓN: 27/11/2017

EQUIPO UTILIZADO: Medidor de tiempo y velocidad de propagación del ultrasonido "PULSAR 2.1". Permite evaluar las propiedades y la detección de defectos de materiales sólidos en función del tiempo y la velocidad de propagación de los impulsos ultrasónicos generados y recibidos por los transductores de manera transversal o superficial.

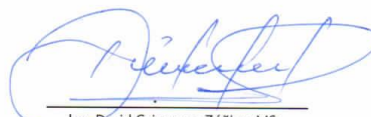
Elemento	Tipo de transmisión	Nivel	Distancia entre transductores, (mm)	Numero de lecturas	Velocidad promedio, (m/s)	Tiempo promedio de transmisión (mcs)	Resistencia corregida, (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia corregida, (MPa)
Columna	Superficial	N=±0.00	120	5	3114	38.53	251	24.6
Columna	Superficial	N=±0.00	120	5	2938	40.84	215	21.1
Viga	Superficial	N=+3.00	120	5	2896	41.43	207	20.3

HC U-B35-B60(kc) IN#0002	HC U-B35-B60(kc) IN#0003	HC U-B35-B60(kc) IN#0004
L= 120 mm T=38.53 mcs Concr. class Bf B.15	L= 120 mm T=40.84 mcs Concr. class Bf B.15	L= 120 mm T=41.43 mcs Concr. class Bf B.15
Archive: V=3114 m/s R̄=251 kg/cm <sup>2</sup> W= 0.3 % H= 0.2 % Surface	Archive: V=2938 m/s R̄=215 kg/cm <sup>2</sup> W= 0.4 % H= 0.2 % Surface	Archive: V=2896 m/s R̄=207 kg/cm <sup>2</sup> W= 0.0 % H= 0.0 % Surface

OBSERVACIONES:

- La información y datos que contiene este informe de ensayo NO DEBE ser reproducida o modificada total o parcialmente sin la aprobación del especialista que suscribe el informe.
- El solicitante determinará el valor de resistencia (mínimo o promedio) que utilizará según sus requerimientos.

Cuenca, 27 de noviembre de 2017.

  
Ing. David Cajamarca Zúñiga, MSc.  
ESPECIALISTA ESTRUCTURAL

EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO  
ENSAYO DE ULTRASONIDO

PROYECTO: Tesis de grado  
LOCALIZACIÓN: Cuenca  
EDIFICIO: Escuela "NUESTRA FAMILIA"  
UBICACIÓN DEL ENSAYO: Pórticos  
NORMA: ASTM C597; GOST 17624-2012  
ORDEN No.: US-018

SOLICITADO POR: Ma. Fernanda Espinoza  
FISCALIZACIÓN: ----  
CONTRATISTA: ----  
HOJA: 1/1  
FECHA DE ENSAYO: 24/11/2017  
FECHA DE EMISIÓN: 27/11/2017

EQUIPO UTILIZADO: Medidor de tiempo y velocidad de propagación del ultrasonido "PULSAR 2.1". Permite evaluar las propiedades y la detección de defectos de materiales sólidos en función del tiempo y la velocidad de propagación de los impulsos ultrasónicos generados y recibidos por los transductores de manera transversal o superficial.

Elemento	Tipo de transmisión	Nivel	Distancia entre transductores, (mm)	Numero de lecturas	Velocidad promedio, (m/s)	Tiempo promedio de transmisión (mcs)	Resistencia corregida, (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia corregida, (MPa)
Columna	Superficial	N=±0.00	120	5	2873	41.76	202	19.8
Columna	Transversal	N=±0.00	350	5	3090	113.26	247	24.2
Columna	Transversal	N=±0.00	350	5	3088	113.34	246	24.1

HC U-B35-B60(kc) N°0005	HC U-B35-B60(kc) N°0006	HC U-B35-B60(kc) N°0007
L= 120 mm T=41.76 mcs Concr. class Bf B.15	L= 350 mm T=113.23 mcs Concr. class Bf B.15	L= 350 mm T=113.34 mcs Concr. class Bf B.15
Archive: V=2873 m/s R=202 kg/cm <sup>2</sup> W= 9.5 % H= 5.2 % Surface	Archive: V=3090 m/s R=247 kg/cm <sup>2</sup> W= 1.6 % H= 1.0 % Through	Archive: V=3088 m/s R=246 kg/cm <sup>2</sup> W= 0.4 % H= 0.3 % Through

OBSERVACIONES:

- La información y datos que contiene este informe de ensayo NO DEBE ser reproducida o modificada total o parcialmente sin la aprobación del especialista que suscribe el informe.
- El solicitante determinará el valor de resistencia (mínimo o promedio) que utilizará según sus requerimientos.

Cuenca, 27 de noviembre de 2017.



Ing. David Cajamarca Zúñiga, MSC.  
ESPECIALISTA ESTRUCTURAL



Diseño, Consultoría e Interventoría

## PRUEBA NO DESTRUCTIVA DE HORMIGON BAJO NORMA (ASTM C805)

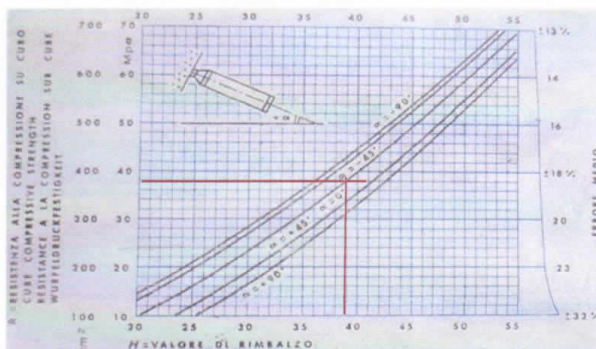
PROYECTO: ESCUELA ALBERTO ANDRADE ARIZAGA BRUMEL GRAL.TORRES - AV. DE LAS AMERICAS Telf: (07)2821001  
 SOLICITADO POR: FERNANDA ESPINOZA  
 MUESTRA: ELEMENTOS ESTRUCTURALES  
 FECHA: 17 DE NOVIEMBRE DEL 2017

## EQUIPO UTILIZADO

Esclerómetro 11L001690 SOUTH GEOSYSTEMS fabricado en Italia

## UBICACIÓN

El elemento de de análisis es una columna perimetral del bloque 2



Fecha	Ident	Tipo Elemento	Edad	Color	Lectura de Rebote	Lectura consideradas	Resistencia a la compresión cubo estándar	Resistencia corregida	Observaciones
							Mpa	Mpa	
17/11/2017	1	Columna	50 años	gris	38	38	38	30	Elemento viga a condiciones ambientales
17/11/2017	2	Columna	50 años	gris	35	35			
17/11/2017	3	Columna	50 años	gris	48	48			
17/11/2017	4	Columna	50 años	gris	40	40			
17/11/2017	5	Columna	50 años	gris	35	35			
17/11/2017	6	Columna	50 años	gris	38	38			
17/11/2017	7	Columna	50 años	gris	39	54			
17/11/2017	8	Columna	50 años	gris	34	34			
17/11/2017	9	Columna	50 años	gris	33	33			
17/11/2017	10	Columna	Desconocida	gris	34	35			

Media Aritmética 38.94  
 Mediana 38.00

Ing. Mauricio Vallejo Cedillo



**PRUEBA NO DESTRUCTIVA DE HORMIGON BAJO NORMA (ASTM C805)**

Diseño, Consultoría e Interventoría

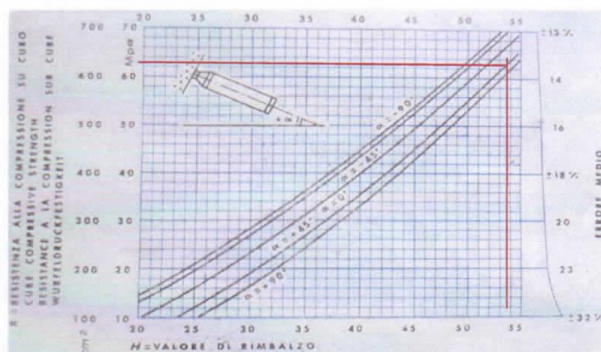
PROYECTO: ESCUELA ALBERTO ANDRADE ARIZAGA BRUMEL GRAL.TORRES - AV. DE LAS AMERICAS Telf: (07)2821001  
 SOLICITADO POR: FERNANDA ESPINOZA  
 MUESTRA: ELEMENTOS ESTRUCTURALES  
 FECHA: 17 DE NOVIEMBRE DEL 2017

**EQUIPO UTILIZADO**

Esclerómetro 11L001690 SOUTH GEOSYSTEMS fabricado en Italia

**UBICACIÓN**

El elemento de de análisis se encuentra viga de pasillo Bloque 1



Fecha	Ident	Tipo Elemento	Edad	Color	Lectura de Rebote	Lectura consideradas	Resistencia a la compresión cubo estándar	Resistencia corregida	Observaciones
							Mpa	Mpa	
17/11/2017	1	Viga	50 años	Blanco	60		62	50	Elemento columna en condiciones ambientales
17/11/2017	2	Viga	50 años	Blanco	54	54			
17/11/2017	3	Viga	50 años	Blanco	54	54			
17/11/2017	4	Viga	50 años	Blanco	56	56			
17/11/2017	5	Viga	50 años	Blanco	56	56			
17/11/2017	6	Viga	50 años	Blanco	44				
17/11/2017	7	Viga	50 años	Blanco	54	54			
17/11/2017	8	Viga	50 años	Blanco	62				
17/11/2017	9	Viga	50 años	Blanco	48	48			

Media Aritmética 53.60  
 Mediana 54.00

Ing. Mauricio Vallejo Cedillo



**PRUEBA NO DESTRUCTIVA DE HORMIGON BAJO NORMA (ASTM C805)**

Diseño, Consultoría e Interventoría

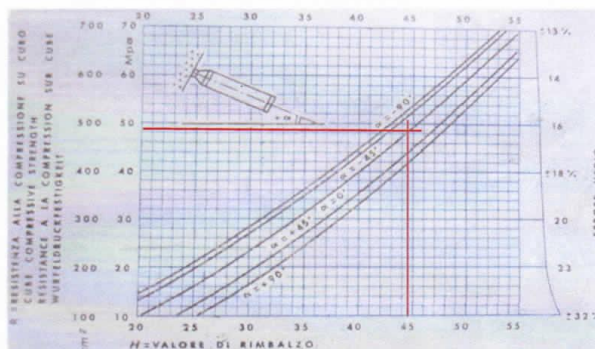
PROYECTO: ESCUELA ALBERTO ANDRADE ARÍZAGA BRUMEL GRAL.TORRES - AV. DE LAS AMERICAS Telf: (07)2821001  
 SOLICITADO POR: FERNANDA ESPINOZA  
 MUESTRA: ELEMENTOS ESTRUCTURALES  
 FECHA: 17 DE NOVIEMBRE DEL 2017

**EQUIPO UTILIZADO**

Esclerómetro 11L001690 SOUTH GEOSYSTEMS fabricado en Italia

**UBICACIÓN**

El elemento de de análisis se encuentra bajo la grada de la escuela ALBERTO ANDRADE ARÍZAGA BRUMEL.



Fecha	Ident	Tipo Elemento	Edad	Color	Lectura de Rebote	Lectura consideradas	Resistencia a la compresión cubo estándar	Resistencia corregida	Observaciones
							Mpa	Mpa	
17/11/2017	1	Columna	50 años	gris	50		48	38	Elemento protegido dentro de grada
17/11/2017	2	Columna	50 años	gris	48	48			
17/11/2017	3	Columna	50 años	gris	49	49			
17/11/2017	4	Columna	50 años	gris	46	46			
17/11/2017	5	Columna	50 años	gris	40	40			
17/11/2017	7	Columna	50 años	gris	47	47			
17/11/2017	8	Columna	50 años	gris	51	47			
17/11/2017	9	Columna	50 años	gris	40	40			
17/11/2017	10	Columna	50 años	gris	44	44			

Media Aritmética 44.73  
 Mediana 46.00

*(Handwritten Signature)*  
 Ing. Mauricio Vallejo Cedillo



Diseño, Consultoría e Interventoría

**PRUEBA NO DESTRUCTIVA DE HORMIGON BAJO NORMA (ASTM C805)**

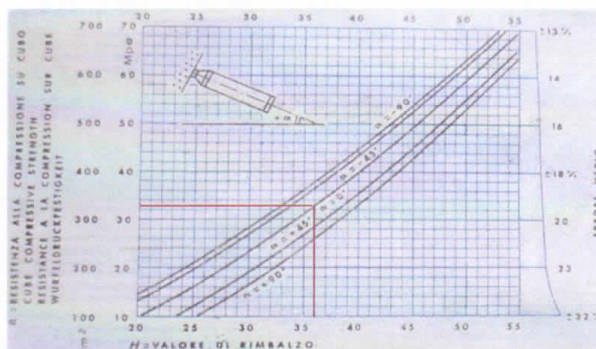
PROYECTO: ESCUELA NUESTRA FAMILIA  
 SOLICITADO POR: FERNANDA ESPINOZA  
 MUESTRA: ELEMENTOS ESTRUCTURALES  
 FECHA: 20 DE NOVIEMBRE DEL 2017

**EQUIPO UTILIZADO**

Esclerómetro 11L001690 SOUTH GEOSYSTEMS fabricado en Italia

**UBICACIÓN**

El elemento columna perimetral junto a patio de niños de inicial



Fecha	Ident	Tipo Elemento	Edad	Color	Lectura de Rebote	Lectura consideradas	Resistencia a la compresión cubo estándar	Resistencia corregida	Observaciones
							Mpa	Mpa	
20/11/2017	1	Columna	Desconocida	blanca	40	40	32	26	Elemento Columna
20/11/2017	2	Columna	Desconocida	blanca	35	35			
20/11/2017	3	Columna	Desconocida	blanca	36	36			
20/11/2017	4	Columna	Desconocida	blanca	36	36			
20/11/2017	5	Columna	Desconocida	blanca	34	34			
20/11/2017	6	Columna	Desconocida	blanca	36	36			
20/11/2017	7	Columna	Desconocida	blanca	35	35			
20/11/2017	8	Columna	Desconocida	blanca	38	38			
20/11/2017	9	Columna	Desconocida	blanca	38	38			

Media Aritmética 36.40  
 Mediana 36.00

  
 Ing. Mauricio Vallejo Cedillo



**PRUEBA NO DESTRUCTIVA DE HORMIGON BAJO NORMA (ASTM C805)**

Diseño, Consultoría e Interventoría

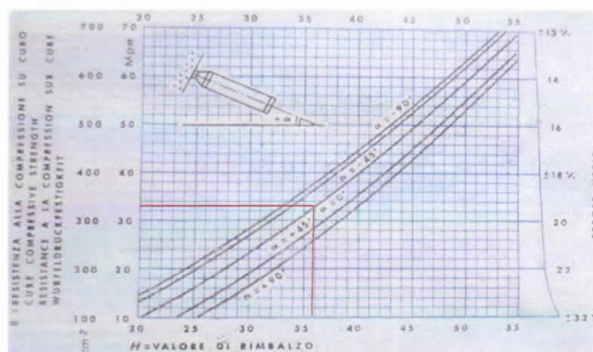
PROYECTO: ESCUELA NUESTRA FAMILIA  
 SOLICITADO POR: FERNANDA ESPINOZA  
 MUESTRA: ELEMENTOS ESTRUCTURALES  
 FECHA: 20 DE NOVIEMBRE DEL 2017

**EQUIPO UTILIZADO**

Esclerómetro 11L001690 SOUTH GEOSYSTEMS fabricado en Italia

**UBICACIÓN**

El elemento analizado es una columna bajo la grada



Fecha	Ident	Tipo Elemento	Edad	Color	Lectura de Rebote	Lectura consideradas	Resistencia a la compresión cubo estándar	Resistencia corregida	Observaciones
							Mpa	Mpa	
20/11/2017	1	Columna	Desconocida	gris	40	40	32	26	Elemento Columna
20/11/2017	2	Columna	Desconocida	gris	40	40			
20/11/2017	3	Columna	Desconocida	gris	39	39			
20/11/2017	4	Columna	Desconocida	gris	32	32			
20/11/2017	5	Columna	Desconocida	gris	40	40			
20/11/2017	6	Columna	Desconocida	gris	32	32			
20/11/2017	7	Columna	Desconocida	gris	45				
20/11/2017	8	Columna	Desconocida	gris	38	38			
20/11/2017	9	Columna	Desconocida	gris	35	35			

Media Aritmética 36.85  
 Mediana 38.50

*(Handwritten signature)*  
 Ing. Mauricio Vallejo Cedillo



**PRUEBA NO DESTRUCTIVA DE HORMIGON BAJO NORMA (ASTM C805)**

Diseño, Consultoría e Interventoría

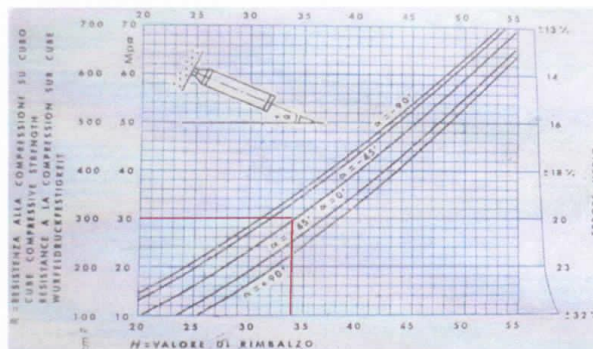
PROYECTO: ESCUELA NUESTRA FAMILIA  
 SOLICITADO POR: FERNANDA ESPINOZA  
 MUESTRA: ELEMENTOS ESTRUCTURALES  
 FECHA: 24 DE NOVIEMBRE DEL 2017

**EQUIPO UTILIZADO**

Esclerómetro 11L001690 SOUTH GEOSYSTEMS fabricado en Italia

**UBICACIÓN**

El elemento analizado es una columna bloque 1



Fecha	Ident	Tipo Elemento	Edad	Color	Lectura de Rebote	Lectura consideradas	Resistencia a la compresión cubo estándar	Resistencia corregida	Observaciones
							Mpa	Mpa	
24/11/2017	1	Columna	Desconocida	blanco	33	33	30	24	Elemento Columna
24/11/2017	2	Columna	Desconocida	blanco	36	36			
24/11/2017	3	Columna	Desconocida	blanco	33	33			
24/11/2017	4	Columna	Desconocida	blanco	34	34			
24/11/2017	5	Columna	Desconocida	blanco	34	34			
24/11/2017	6	Columna	Desconocida	blanco	34	34			
24/11/2017	7	Columna	Desconocida	blanco	35	35			
24/11/2017	8	Columna	Desconocida	blanco	35	35			
24/11/2017	9	Columna	Desconocida	blanco	33	33			

Media Aritmética 34.10  
 Mediana 34.00

Ing. Mauricio Vallejo Cedillo



## 2. Conclusiones.

Los resultados obtenidos corresponden a lo solicitado (3 columnas por cada escuela) y no necesariamente representan la cantidad de elementos que la norma dispone analizar.

Los resultados obtenidos a través de los ensayos realizados corresponden a los valores experimentales determinados expresamente para cada elemento en particular.

El uso y procesamiento de los datos obtenidos está sujeto al criterio técnico del especialista que utilice los mismos.

Por criterio técnico del especialista que procese los resultados, se podría utilizar un valor promedio de las resistencias obtenidas.

Por criterio de seguridad, debido al bajo porcentaje de la cantidad de elementos ensayados de cada estructura, se recomienda emplear en los cálculos posteriores valores conservadores de la resistencia, es decir, la menor resistencia obtenida para los elementos ensayados.

Escuela "BRUMMEL"
$\bar{R}_{\min} = 20.3 \text{ MPa}$

Escuela "Nuestra Familia"
$\bar{R}_{\min} = 19.8 \text{ MPa}$

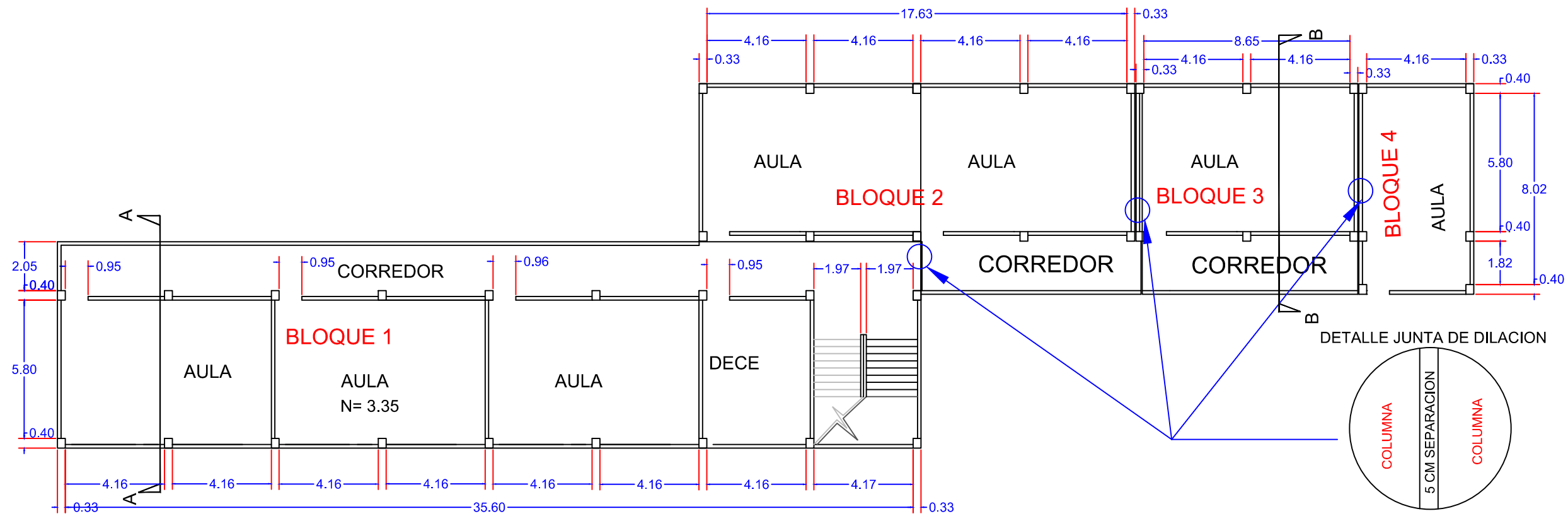
Cuenca, noviembre de 2017.

Ing. David Cajamarca Zúñiga, M.Sc.  
CONSULTOR.  
ESPECIALISTA ESTRUCTURAL.

Consultoría Técnica en Ingeniería  
Cálculo, Diseño, Evaluación,  
Diagnóstico y Peritaje de Estructuras  
Traducción Ruso-Español

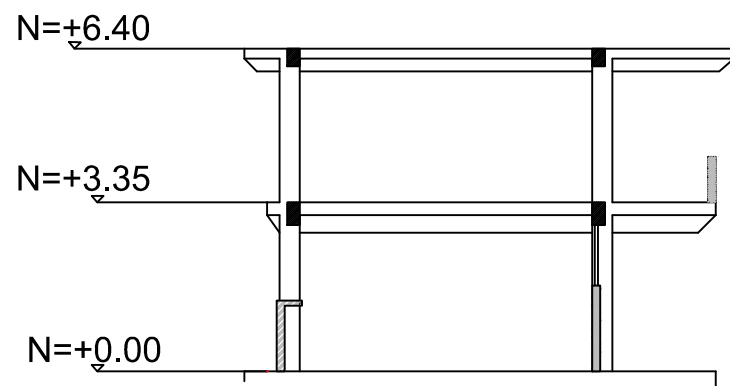
[www.dcproy.com](http://www.dcproy.com)





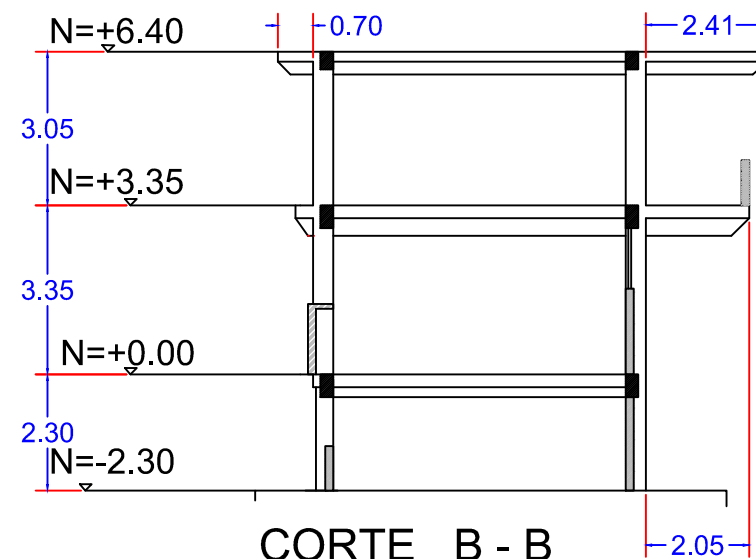
**PLANTA ALTA N= +3,35m**

Esc.: 1:200



**CORTE A - A**

Esc.: 1:150



**CORTE B - B**

Esc.: 1:150

ESCALA(S):

LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO  
DE LA PLANTA ALTA DE LA UNIDAD  
EDUCATIVA "ALBERTO ANDRADE  
ARIZAGA, BRUMMEL"

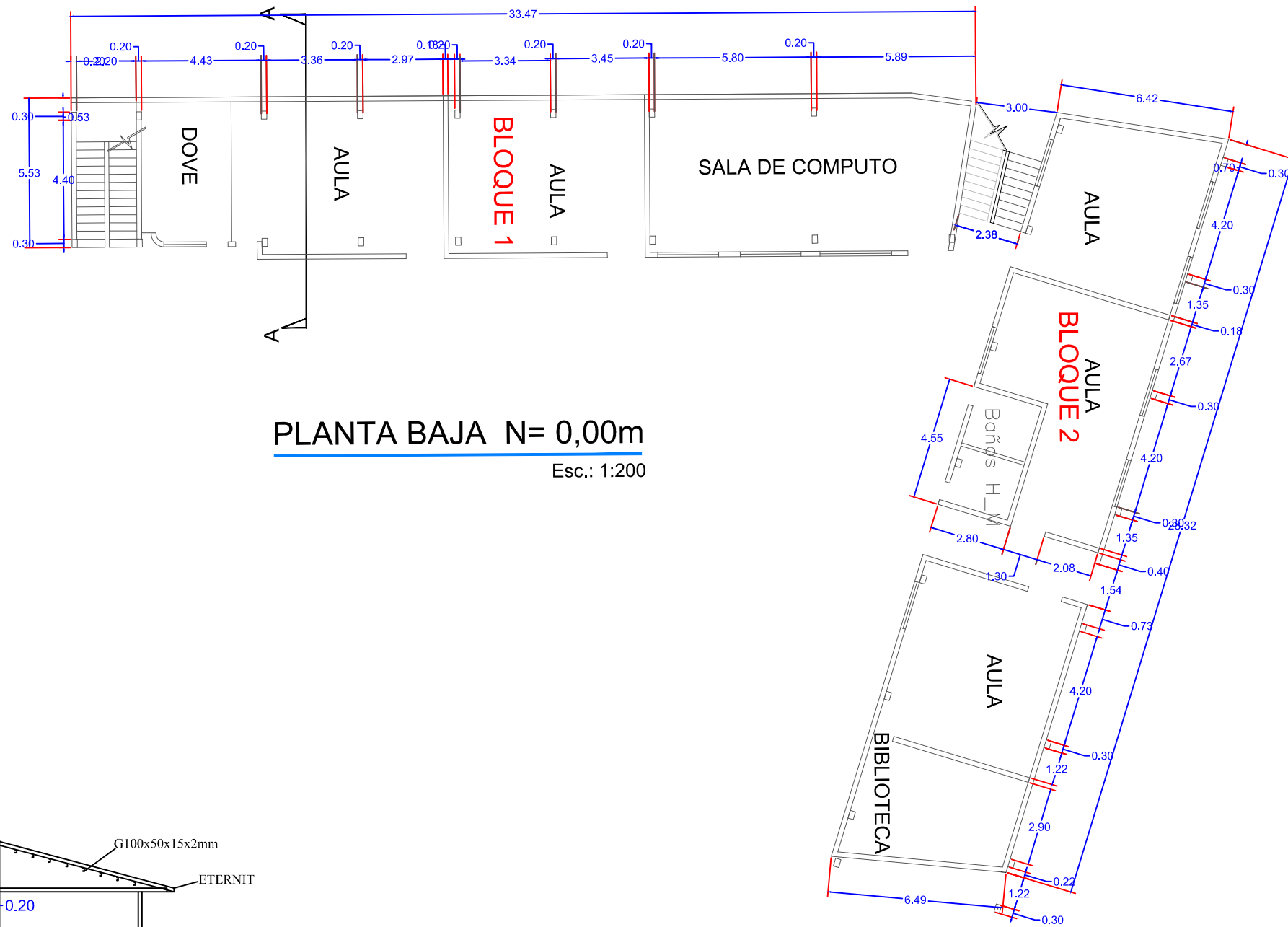
DIS.: Ma\_Fernanda Espinoza P.

DIB.: Ma\_Fernanda Espinoza P.

REV.: Ing. Juan Medardo Sola Q.

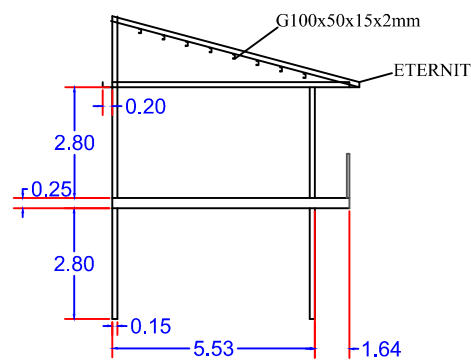
Nro Lamina: 2 de 2

Fecha: 25 - Enero - 2018



**PLANTA BAJA N= 0,00m**

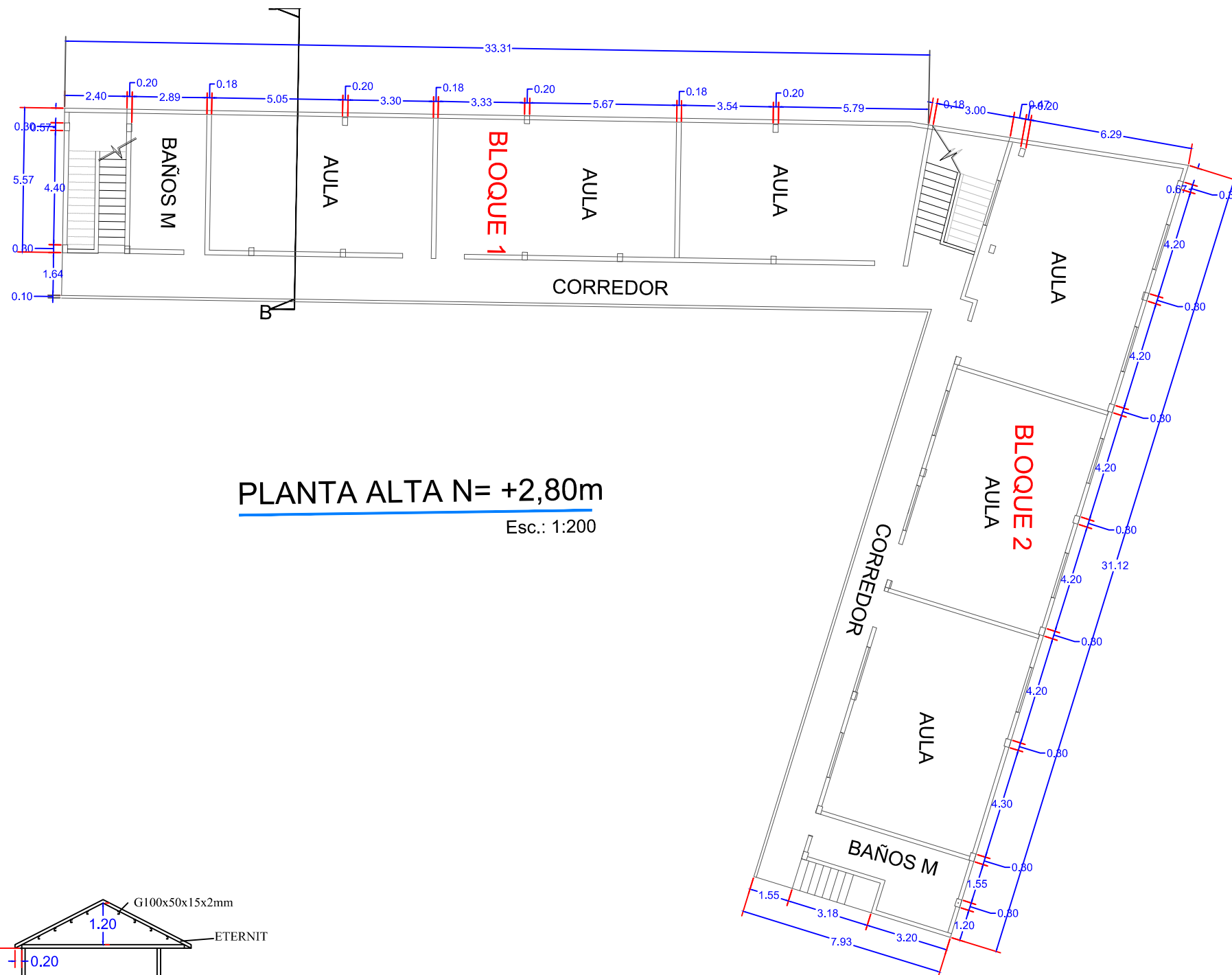
Esc.: 1:200



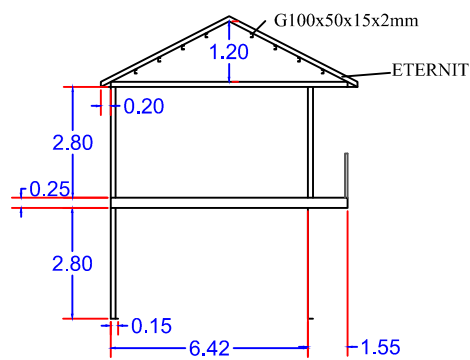
**CORTE A - A**

Esc.: 1:150

ESCALA(S):	
LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO DE LA PLANTA BAJA DE LA UNIDAD EDUCATIVA "NUESTRA FAMILIA"	DIS.: Ma_Fernanda Espinoza P.
	DIB.: Ma_Fernanda Espinoza P.
	REV.: Ing. Juan Medardo Sola Q.
	Nro Lamina: 1 de 2
	Fecha: 25 - Enero - 2018



**PLANTA ALTA N= +2,80m**  
Esc.: 1:200



**CORTE B - B**  
Esc.: 1:150

ESCALA(S):	
LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO DE LA PLANTA ALTA DE LA UNIDAD EDUCATIVA "NUESTRA FAMILIA"	DIS.: Ma_ Fernanda Espinoza P.
	DIB.: Ma_ Fernanda Espinoza P.
	REV.: Ing. Juan Medardo Sola Q.
	Nro Lamina: 2 de 2
	Fecha: 25 - Enero - 2018