

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“ESTUDIO Y DISEÑO PARA LA AMPLIACIÓN DE LA UNIDAD
EDUCATIVA RÉPLICA EUGENIO ESPEJO EN LA CIUDAD DE
BABAHOYO”

PROYECTO INTEGRADOR

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

JORGE LUIS ARÉVALO MUÑOZ.

CARLOS ANDRÉS BRIONES PINCAY.

GUAYAQUIL-ECUADOR

2016

AGRADECIMIENTO

A Dios por concederme la perseverancia necesaria, a mis padres por su apoyo constante durante esta etapa y a mis amigos que siempre fueron parte del proceso.

Jorge Luis Arévalo Muñoz

AGRADECIMIENTO

A mi madre por darme la oportunidad de estudiar en esta institución, a mis amigos con los que vivimos tantas experiencias durante la vida universitaria

Carlos Andrés Briones Pincay

DEDICATORIA

En especial a mis padres Luis Arévalo y Jaqueline Muñoz por su apoyo absoluto, a mis hermanos por su constante motivación, a toda mi familia y personas que formaron parte de este logro.

Jorge Luis Arévalo Muñoz.

DEDICATORIA

A mis padres, en especial a mi madre
Rocío Pincay Muñiz, quien me guio
siempre por el buen camino y me apoyo
en las buenas y en las malas.

Carlos Andrés Briones Pincay

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

PhD. Miguel Ángel Chávez
Moncayo

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Grado nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

Jorge Luis Arévalo Muñoz

Carlos Andrés Briones Pincay

RESUMEN

El presente documento busca mejorar en la comunidad de Babahoyo, el déficit en la infraestructura educativa actual, mediante la realización del estudio de prefactibilidad para la ampliación de la Unidad Educativa Réplica Eugenio Espejo, específicamente el diseño de un bloque de hormigón armado que cuenta con 12 aulas y sus baños respectivamente, y tres bloques de dos aulas cada uno, los cuales servirán para educación inicial.

Se partió de una visita al lugar para el reconocimiento del área disponible, y mediante criterios técnicos tanto ingenieriles como arquitectónicos encontrar la mejor implantación de las nuevas estructuras usando Autocad.

Se plantearon originalmente tres alternativas en cuanto al tipo de estructura a emplearse, obteniendo como mejor opción el hormigón armado después de un análisis de costos y beneficios.

Además del diseño estructural también se realizó un diseño hidrosanitario, el cual determinó la necesidad de construir una nueva cisterna para abastecer las edificaciones a construirse.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| AGRADECIMIENTO | II |
| DEDICATORIA | IV |
| TRIBUNAL DE GRADUACIÓN | VI |
| DECLARACIÓN EXPRESA | VII |
| RESUMEN | VIII |
| CAPITULO I | 1 |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Antecedentes..... | 3 |
| 1.1.1 Datos generales del proyecto | 3 |
| 1.2 Objetivos..... | 4 |
| 1.2.1 General..... | 4 |
| 1.2.2 Específicos | 4 |
| 1.3 Ubicación Geográfica | 5 |
| 1.4 Población..... | 6 |
| 1.5 Características Climáticas | 6 |
| 1.5.1 Clima | 6 |
| 1.5.2 Precipitación | 7 |
| CAPITULO II..... | 8 |
| 2. JUSTIFICACION | 8 |
| 2.1 Problemática..... | 8 |
| 2.2 Soluciones Requeridas..... | 9 |
| CAPITULO III..... | 11 |
| 3. TRABAJO DE CAMPO..... | 11 |
| 3.1 Reconocimiento de la estructura construida e identificación del área de ampliación | 11 |
| 3.2 Prospección Geotécnica..... | 17 |
| CAPITULO IV..... | 20 |
| 4. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS..... | 20 |
| 4.1 Planteamiento de alternativas | 20 |
| 4.2 Selección de la Alternativa | 21 |
| CAPITULO V..... | 25 |
| 5. DISEÑO ESTRUCTURAL | 25 |
| 5.1 Diseño en hormigón estructural | 25 |
| 5.2 Análisis de la estructura..... | 26 |
| 5.3 Cargas Utilizadas..... | 26 |
| 5.4 Carga muerta..... | 27 |
| 5.5 Carga viva | 28 |
| 5.6 Carga Sísmica | 29 |
| 5.6.1 Carga Sísmica Estática. | 29 |
| 5.6.2 Carga Sísmica Dinámica. | 38 |
| 5.7 Combinaciones de Carga. | 39 |
| 5.8 Prediseño de elementos estructurales (bloque 12 aulas). | 40 |

| | |
|--|-----|
| 5.8.1 Cálculo de Carga Muerta..... | 43 |
| 5.8.2 Cálculo de Carga Viva | 44 |
| 5.8.3 Cálculo de Carga Sísmica | 44 |
| 5.8.4 Distribución de fuerzas horizontales | 45 |
| 5.9 Modelo tridimensional SAP 2000..... | 47 |
| 5.10 Resultados del análisis SAP 2000 (bloque 12 aulas) | 49 |
| 5.10.1 Cálculo de refuerzo longitudinal en vigas | 52 |
| 5.10.2 Cálculo de refuerzo transversal en vigas..... | 59 |
| 5.10.3 Cálculo de refuerzo longitudinal para las columnas..... | 63 |
| 5.10.4 Cálculo de refuerzo transversal en columnas..... | 66 |
| 5.11 Diseño de Cimentación (bloque 12 aulas)..... | 67 |
| 5.12 Prediseño de elementos estructurales (bloque educación inicial) . | 70 |
| 5.12.1 Cálculo de Carga Muerta..... | 72 |
| 5.12.2 Cálculo de Carga Viva | 73 |
| 5.12.3 Cálculo de Carga Sísmica | 73 |
| 5.12.4 Distribución de fuerzas horizontales | 74 |
| 5.13 Resultados del análisis SAP 2000 (Educación Inicial)..... | 75 |
| 5.13.1 Cálculo de refuerzo longitudinal en vigas | 77 |
| 5.13.2 Cálculo de refuerzo transversal en vigas..... | 80 |
| 5.13.3 Cálculo de refuerzo longitudinal para las columnas..... | 82 |
| 5.13.4 Cálculo de refuerzo transversal en columnas..... | 84 |
| 5.14 Diseño de Cimentación (bloque educación inicial)..... | 84 |
| 5.15 Diseño de escalera | 86 |
| CAPITULO VI..... | 91 |
| 6. DISEÑO HIDROSANITARIO..... | 91 |
| 6.1 Diseño Hidrosanitario | 91 |
| 6.2 Sistema de agua potable | 91 |
| 6.2.1 Cisterna | 92 |
| 6.2.2 Sistema de bombeo..... | 94 |
| 6.2.3 Estimación de caudales..... | 95 |
| 6.2.4 Cálculo de caudales (Bloque 12 aulas) | 100 |
| 6.2.5 Cálculo de pérdidas de carga (Bloque 12 aulas) | 101 |
| 6.2.6 Sistema de Bombeo (bloque 12 aulas)..... | 103 |
| 6.2.7 Cálculo de caudales (Bloque Educación Inicial) | 107 |
| 6.2.8 Cálculo de pérdidas de carga (Bloque Educación Inicial)..... | 108 |
| 6.2.9 Sistema de Bombeo (bloque educación inicial) | 108 |
| 6.3 Sistema de aguas servidas..... | 109 |
| 6.3.1 Elementos del sistema de aguas servidas..... | 110 |
| 6.3.2 Procedimiento de Diseño de las tuberías sanitarias | 113 |
| 6.3.3 Cálculo de descargas | 116 |
| CAPITULO VII..... | 118 |
| 7. PRESUPUESTO | 118 |
| CAPITULO VIII..... | 122 |
| 8. EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL | 122 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| CONCLUSIONES | 127 |
| RECOMENDACIONES..... | 128 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 130 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 Ubicación Geográfica de Babahoyo..... | 5 |
| Figura 1.2. Mapa De Temperatura Media Multianual | 6 |
| Figura 1.3 Tabla de Precipitación Máxima | 7 |
| Figura 1.4. Porcentaje de Variación de la Precipitación Junio 2016 | 7 |
| Figura 3.1. Bloque de 12 aulas | 11 |
| Figura 3.2. Bloque de Administración | 11 |
| Figura 3.3. Casa de Maquinas | 12 |
| Figura 3.4. Bloque de Biblioteca | 12 |
| Figura 3.5. Estacionamiento..... | 13 |
| Figura 3.6. Canchas de uso Múltiple..... | 13 |
| Figura 3.7. Canchas Césped Sintético..... | 14 |
| Figura 3.8. Implantación sin Ampliación..... | 15 |
| Figura 3.9. Implantación con Ampliación | 17 |
| Figura 3.10. Tabla de Perforación 1..... | 18 |
| Figura 3.11. Tabla de Perforación 2..... | 18 |
| Figura 3.12. Tabla de Perforación 3..... | 18 |
| Figura 3.13. Tabla de Perforación 4..... | 18 |
| Figura 5.1. Zonas sísmicas y valor del factor de zona Z. | 30 |
| Figura 5.2. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura..... | 30 |
| Figura 5.4. Configuraciones estructurales recomendadas | 31 |
| Figura 5.5. Tipo de suelo y Factores de sitio Fa | 33 |
| Figura 5.6. Tipo de suelo y Factores de sitio Fd | 33 |
| Figura 5.7. Tipo de suelo y Factores de sitio Fs..... | 34 |
| Figura 5.8. Espectro sísmico elástico de aceleraciones..... | 34 |
| Figura 5.9. Coeficientes que dependen del tipo de estructura. | 36 |
| Figura 5.10. Gráfico de espectros de diseño (T vs Sa) | 39 |
| Figura 5.11. Valores de espesores de losa | 42 |
| Figura 5.12. Sección tipo de losa..... | 43 |
| Figura 5.13. Fuerzas horizontales pórtico X..... | 46 |
| Figura 5.14. Fuerzas horizontales pórtico Y..... | 46 |
| Figura 5.15. Modelo tridimensional bloque 12 aulas SAP 2000..... | 49 |
| Figura 5.16. Armado longitudinal Viga Faldón. | 54 |
| Figura 5.17. Armado longitudinal vigas de entrepiso sentido X | 56 |
| Figura 5.18. Armado longitudinal vigas de cubierta sentido X | 56 |
| Figura 5.19. Armado longitudinal vigas de entrepiso sentido Y. | 57 |
| Figura 5.20. Armado longitudinal vigas de cubierta sentido Y. | 57 |
| Figura 5.21. Armado longitudinal vigas secundarias..... | 59 |
| Figura 5.22. Armado longitudinal de nervios..... | 59 |

| | |
|---|----|
| Figura 5.23. Diagrama de flujo para revisión de los elementos sometidos a esfuerzos cortantes..... | 60 |
| Figura 5.24. Diagrama interacción. Columna nivel 2 (50x50). Bloque 12 aulas. | 64 |
| Figura 5.25. Sección transversal columna nivel 2..... | 65 |
| Figura 5.26. Diagrama interacción. Columna nivel 1 (50x50). Bloque 12 aulas. | 65 |
| Figura 5.27. Sección transversal columna nivel 1..... | 66 |
| Figura 5.28. Sección tipo de la cimentación. Bloque 12 aulas. | 69 |
| Figura 5.31. Espesores mínimos de losa. | 71 |
| Figura 5.32. Sección losa tipo. Bloque educación inicial..... | 72 |
| Figura 5.33. Fuerzas horizontales pórtico X. Bloque educación inicial. | 75 |
| Figura 5.34. Fuerzas horizontales pórtico Y. Bloque educación inicial. | 75 |
| Figura 5.35. Modelo tridimensional bloque educación inicial. SAP 2000 | 76 |
| Figura 5.36. Diagrama de interacción. Columna (45x45). Bloque educación inicial..... | 83 |
| Figura 5.37. Sección transversal columna. Bloque educación inicial..... | 83 |
| Figura 5.38. Vista en planta de escalera..... | 86 |
| Figura 5.39. Armado de la escalera | 90 |
| Figura 6.1. Dotaciones para edificaciones según su uso..... | 93 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla I.- Ventajas y Desventajas de las Alternativas | 21 |
| Tabla II.- Carga muerta permanente (kg/m ²) | 27 |
| Tabla III.- Peso de losa (ton/m ²) | 28 |
| Tabla IV.- Sobrecargas vivas para Instituciones Educativas | 28 |
| Tabla V.- Período fundamental de la estructura | 36 |
| Tabla VI.- Cálculo de espectro de respuesta..... | 37 |
| Tabla VII.- Carga sísmica reactiva..... | 37 |
| Tabla VIII.- Valores de espectros de diseño | 38 |
| Tabla IX.- Combinaciones de carga | 40 |
| Tabla X.- Valores dimensionales para vigas | 41 |
| Tabla XI.- Valores dimensionales para columnas..... | 41 |
| Tabla XII.- Cálculo de carga muerta de elementos estructurales. Bloque 12 aulas | 42 |
| Tabla XIII.- Carga muerta permanente | 43 |
| Tabla XIV.- Sobrecargas vivas para Instituciones Educativas..... | 44 |
| Tabla XV.- Peso sísmico efectivo (toneladas) | 44 |
| Tabla XVI.- Distribución de fuerzas horizontales | 46 |
| Tabla XVII.- Deriva sentido X del bloque 12 aulas | 50 |
| Tabla XVIII.- Deriva sentido Y del bloque 12 aulas | 50 |
| Tabla XIX.- Acero longitudinal de viga Faldón. Bloque 12 aulas | 53 |
| Tabla XX.- Acero longitudinal de vigas sentido X. Bloque 12 aulas | 55 |
| Tabla XXI.- Acero longitudinal de vigas sentido Y. Bloque 12 aulas | 56 |
| Tabla XXII.- Acero longitudinal de Vigas Secundarias. Bloque 12 aulas..... | 58 |
| Tabla XXIII.- Acero longitudinal de nervios. Bloque 12 aulas. | 59 |
| Tabla XXIV.- Espaciamiento refuerzo transversal vigas sentido X. Bloque 12 aulas. | 61 |
| Tabla XXV.- Espaciamiento refuerzo transversal vigas sentido Y. Bloque 12 aulas. | 62 |
| Tabla XXVI.- Espaciamiento refuerzo transversal vigas secundarias. Bloque 12 aulas. | 63 |
| Tabla XXVII.- Resistencia a cortante del concreto en columnas. Bloque 12 aulas. | 67 |
| Tabla XXVIII.- Carga muerta de elementos estructurales. Bloque educación inicial..... | 71 |
| Tabla XXIX.- Cálculo carga muerta. Bloque educación inicial..... | 73 |
| Tabla XXX.- Carga viva. Bloque educación inicial..... | 73 |
| Tabla XXXI.- Peso sísmico efectivo (ton). Bloque educación inicial | 74 |
| Tabla XXXII.- Fuerza sísmica lateral. Bloque educación inicial..... | 75 |

| | |
|--|-----|
| Tabla XXXIII.- Acero longitudinal de viga Faldón. Bloque educación inicial. | 78 |
| Tabla XXXIV.- Acero longitudinal de vigas sentido X. Bloque educación inicial..... | 78 |
| Tabla XXXV.- Acero longitudinal de vigas sentido Y. Bloque educación inicial..... | 79 |
| Tabla XXXVI.- Acero longitudinal de vigas secundarias. Bloque educación inicial..... | 79 |
| Tabla XXXVII.- Acero longitudinal de nervios. Bloque educación inicial..... | 80 |
| Tabla XXXVIII.- Espaciamiento refuerzo transversal vigas sentido X. Bloque educación inicial..... | 80 |
| Tabla XXXIX.- Espaciamiento refuerzo transversal vigas sentido Y. Bloque educación inicial..... | 81 |
| Tabla XL.- Espaciamiento refuerzo transversal vigas secundarias. Bloque educación inicial..... | 82 |
| Tabla XLI.- Resistencia a cortante del concreto. Bloque educación inicial... | 84 |
| Tabla XLIII.- Predimensionamiento de escalera..... | 87 |
| Tabla XLIIII.- Calculo de cargas | 87 |
| Tabla XLIV.- Volumen de agua necesario (m3)..... | 94 |
| Tabla XLV.- Unidades de gasto según aparato sanitario. | 95 |
| Tabla XLVI.- Valores A y B según el accesorio. | 99 |
| Tabla XLVII.- Hoja de cálculo de caudales y diámetros de tuberías. Bloque 12 aulas, planta alta..... | 100 |
| Tabla XLVIII.- Hoja de cálculo de caudales y diámetros de tuberías. Bloque 12 aulas, planta baja..... | 101 |
| Tabla XLIX.- Hoja de cálculo de pérdidas de carga. Bloque 12 aulas, sección izquierda. | 102 |
| Tabla L.- Hoja de cálculo de pérdidas de carga. Bloque 12 aulas, sección derecha..... | 103 |
| Tabla LI.- Potencia de la bomba. Bloque 12 aulas | 104 |
| Tabla LII.- Valores de ciclos para bombas | 106 |
| Tabla LIII.- Hoja de cálculo de caudales y diámetros de tuberías. Bloque educación inicial..... | 107 |
| Tabla LIV.- Hoja de cálculo de pérdidas de carga. Bloque educación inicial..... | 108 |
| Tabla LV.- Potencia de la bomba. Bloque educación inicial..... | 109 |
| Tabla LVI.- Unidades de descarga..... | 113 |
| Tabla LVII.- Valores de rugosidad..... | 114 |
| Tabla LVIII.- Velocidades y Caudales por diámetro de tubería. | 115 |
| Tabla LIX.- Velocidades y Caudales límites para bajantes por diámetro. .. | 116 |
| Tabla LX.- Diámetros de tuberías escogidos según aparato sanitario. | 116 |
| Tabla LXI.- Presupuesto de ampliación estructural e hidrosanitario..... | 118 |

| | |
|---|-----|
| Tabla LXII.- Evaluación de impacto ambiental para las distintas actividades. | |
| | 122 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|-----|
| [Ecuación 1] Cortante Basal de diseño..... | 21 |
| [Ecuación 2] Espectro elástico en el rango de periodo límite de vibración.... | 35 |
| [Ecuación 3] Espectro elástico fuera de periodo límite de vibración..... | 35 |
| [Ecuación 4] Período límite de vibración..... | 35 |
| [Ecuación 5] Período límite de vibración para espectro de respuesta en desplazamientos..... | 35 |
| [Ecuación 6] Período fundamental de vibración de la estructura..... | 35 |
| [Ecuación 7] Carga reactiva por sismo..... | 37 |
| [Ecuación 8] Espectro inelástico..... | 38 |
| [Ecuación 9] Fuerzas horizontales..... | 45 |
| [Ecuación 10] Momento nominal para vigas sometidas a flexión..... | 53 |
| [Ecuación 11] Relación entre el esfuerzo de fluencia y resistencia a la compresión..... | 53 |
| [Ecuación 12] Cuantía de acero..... | 60 |
| [Ecuación 13] Resistencia nominal a cortante en vigas..... | 61 |
| [Ecuación 14] Espaciamiento de refuerzo transversal en vigas..... | 66 |
| [Ecuación 15] Resistencia a cortante del concreto en columnas..... | 69 |
| [Ecuación 16] Resistencia a cortante del concreto en columnas..... | 69 |
| [Ecuación 17] Acero mínimo en vigas de cimentación..... | 97 |
| [Ecuación 18] Velocidad del flujo en función del diámetro..... | 97 |
| [Ecuación 19] Velocidad del flujo en función del caudal..... | 98 |
| [Ecuación 20] Pérdidas de cargas longitudinales..... | 98 |
| [Ecuación 21] Potencia de una bomba..... | 103 |
| [Ecuación 22] Ecuación de Manning..... | 114 |
| [Ecuación 23] Caudal de descargas..... | 116 |

ABREVIATURAS

| | |
|--------|---|
| INAMHI | Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología |
| H.A. | Hormigón Armado |
| H.S. | Hormigón Simple |
| IGM | Instituto Geográfico Militar |
| INEC | Instituto Nacional de Estadística y Censos |
| PVC | Policloruro de vinilo |
| NEC | Norma Ecuatoriana de la Construcción |
| ACI | American Concrete Institute |
| UD | Unidades de Descarga |
| UC | Unidad de Carga |

SIMBOLOGIA

| | |
|----------------|----------------------|
| % | Porcentaje |
| °C | Grado Centígrado |
| Ha | Hectárea |
| hab | Habitantes |
| Kg | Kilogramos |
| Ton | Toneladas |
| L | Litros |
| H | Altura |
| L | Longitud |
| M | Metro |
| m ³ | Metro cúbico |
| min | Minuto |
| mm | Milímetro |
| Q | Caudal |
| s | Segundo |
| T | Período de vibración |

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

La educación en los últimos años ha tenido un cambio con este gobierno, dentro del cual a partir del año 2005 se ha planificado la construcción de varias unidades educativas las cuales entran en el formato de Unidades del Milenio, éstas consisten en edificaciones de última tecnología situadas en varias ciudades del país, con el fin de mejorar la calidad de la educación pública y estar al nivel de cualquier institución privada.

Mejorar la infraestructura de las instituciones educativas es uno de los 7 ejes establecidos en las metas 2015 del Ministerio de Educación que propone “unidades educativas con servicios dignos y de calidad para todos”, para de esta manera generar espacios óptimos de aprendizaje.

La Unidad Educativa Replica Eugenio Espejo, situada en el cantón Babahoyo de la provincia de Los Ríos, cuenta actualmente con:

- Bloque de 12 aulas. Con baños en planta baja y superior.
- Edificio Administrativo.

- Sala de Profesores.
- Biblioteca.
- Laboratorio de CCNN, Física, Química, Cómputo.
- Vestidores y baños para área de Educación Física.
- Cuarto de Bombas y Generador Eléctrico.
- Planta de Tratamiento Aguas Servidas.
- Cancha de futbol.
- Canchas de juegos múltiples.
- Patio Cívico.
- Portal de Acceso
- Áreas exteriores.
- Parqueaderos.

Todo este conjunto de edificaciones alberga un máximo de 570 estudiantes por eso se la conoce como de tipología menor, pero debido al incremento poblacional en la zona, su capacidad requiere ser aumentada.

El presente proyecto propone realizar una ampliación para transformar la Unidad Educativa Réplica Eugenio Espejo de una Unidad Educativa del

Milenio Tipo Menor a Tipo Mayor (1140 estudiantes por jornada), esto comprende diseñar para luego construir:

- 1 Bloque de 12 aulas. Con baños en planta baja y superior.
- 3 Bloques de Educación Inicial: cada bloque tiene dos aulas y baterías sanitarias. (2 bloques de Educación Inicial y 1 bloque para 1° Año de Educación Básica).

1.1 Antecedentes

1.1.1 Datos generales del proyecto

El estudio y diseño que se va a realizar en el proyecto de titulación, busca atender un déficit en la construcción de infraestructura escolar de la ciudad de Babahoyo, ciudad en la cual se está llevando a cabo un reordenamiento territorial debido al crecimiento poblacional, es por esta razón que el presidente constitucional de la república del Ecuador en uno de sus enlaces a la nación, dio a conocer que esta Unidad Educativa debía albergar más estudiantes, tanto por la mañana como por la tarde, y la única forma de que esto se pudiera llevar a cabo es convirtiéndola en una unidad de Tipología mayor.

La Unidad Educativa Replica Eugenio Espejo fue entregada en el año 2014, para que soporte una capacidad de 570 estudiantes, con la problemática mencionada se debe ampliar para que pueda acoger 1140.

Como es de conocimiento público el estado ecuatoriano tiene un déficit en su presupuesto, y más aun con el desastre natural ocurrido, los fondos están siendo utilizados prioritariamente para reconstruir las ciudades afectadas por el terremoto del 16 de abril del 2016, entonces mediante nuestro conocimiento adquirido en los años de estudiamos planteamos ayudar directamente al Ministerio de Educación, zona 5, mediante los estudios de pre factibilidad para la ampliación de esta Unidad Educativa del milenio.

Este trabajo consiste en analizar los espacios y finalmente encontrar la mejor ubicación de las edificaciones y el mejor diseño basado en materiales, tiempo de construcción y tipo de estructura adecuada para este lugar.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

- Diseñar las edificaciones para la ampliación de la Unidad Educativa Replica Eugenio Espejo en la ciudad de Babahoyo.

1.2.2 Específicos

- Encontrar la alternativa que sea la más viable en el aspecto económico y ambiental.

- Implantar las nuevas edificaciones de tal forma que no afecten a la armonía de lo que está construido.
- Diseñar un sistema hidrosanitario para las nuevas edificaciones

1.3 Ubicación Geográfica

La Unidad Educativa Replica Eugenio Espejo está ubicada en el cantón Babahoyo, en el km 3 1/2 vía Montalvo en la provincia de Los Ríos, esta ciudad limita al norte por los cantones Baba, Pueblo Viejo y Urdaneta, al sur por la provincia del Guayas, y al este por la Montalvo, y la provincia de Bolívar.

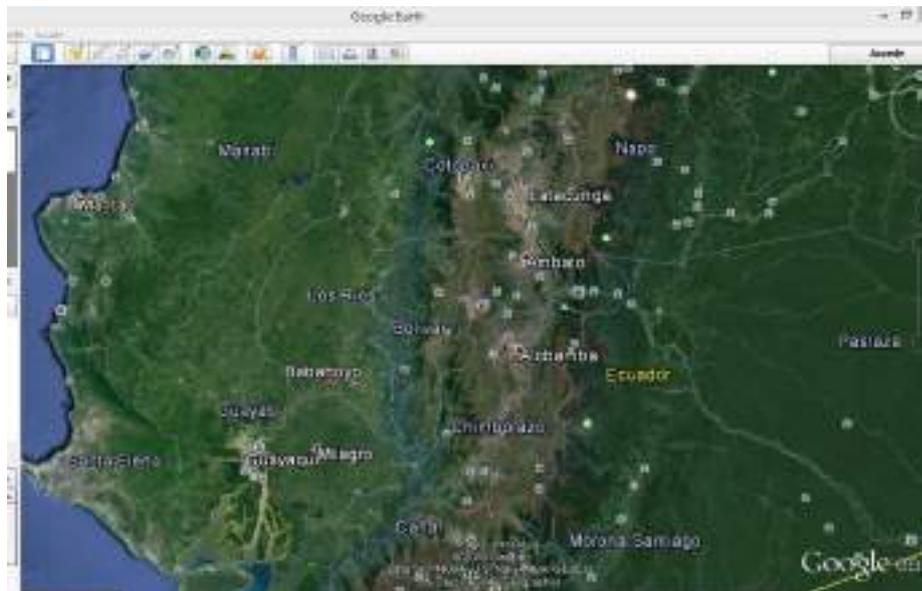


Figura 1.1 Ubicación Geográfica de Babahoyo.
Fuente. Google Earth

1.4 Población

El cantón Babahoyo cuenta con una población de 153.776 habitantes según el censo INEC 2010, la gran mayoría se dedica al cultivo de arroz y banano, es una ciudad completamente agrícola.

1.5 Características Climáticas

1.5.1 Clima

Esta ciudad posee un clima cálido lluvioso en los meses de enero a mayo, con temperaturas medias anuales de 24°C hasta 30°C, mientras que en los meses de junio a diciembre las temperaturas bajan un poco entre los 18°C y 20°C, los vientos en este sector se deben a la corriente de Humboldt.

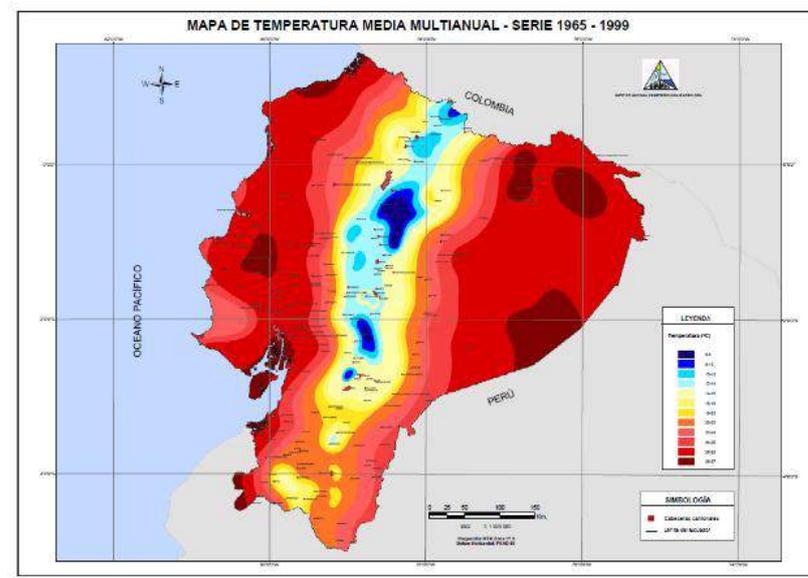


Figura 1.2. Mapa De Temperatura Media Multianual
Fuente. INAMHI

1.5.2 Precipitación

Babahoyo presenta una precipitación normal anual acumulada de 2114,9 mm, se encuentran registros del año 2015 del INAMHI el cual muestra que el mes de máxima precipitación fue abril con 142,6 mm.

Tabla No. 5. Precipitación Máxima en 24 horas en el Ecuador. Año 2015.

| LOCALIDADES | Precipitación Máxima en 24 horas | Mes precipitación máxima 24 horas |
|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| REGION LITORAL E INSULAR | | |
| ESMERALDAS A. | 93,0 | MAYO |
| LA CONCORDIA | 140,0 | MARZO |
| STO. DOMINGO A. | 122,0 | FEBRERO |
| PUERTO ILA | 124,9 | ENERO |
| CHONE | 51,8 | ABRIL |
| PORTOVIEJO | 96,5 | MARZO |
| PICHILINGUE | 139,9 | FEBRERO |
| BABAHOYO | 142,6 | ABRIL |
| MILAGRO | 97,9 | MARZO |
| GUAYAQUIL A. | 112,0 | ABRIL |
| SANTA ROSA A. | 67,0 | MAYO |
| ZARUMA | 74,0 | ABRIL |
| S. CRISTOBAL-GAL. | 33,2 | MAYO |

Figura 1.3 Tabla de Precipitación Máxima
Fuente. INAMHI

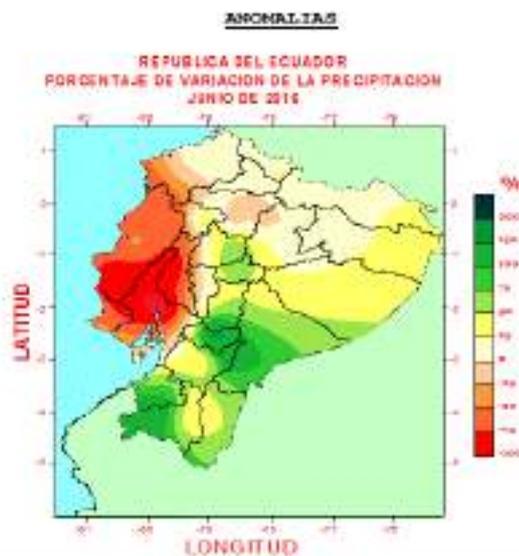


Figura 1.4. Porcentaje de Variación de la Precipitación Junio 2016
Fuente. INAMHI

CAPITULO II

2. JUSTIFICACION

2.1 Problemática

La Presidencia de la Republica, con el propósito de ayudar a personas que viven en muros, balsas, malecón de la parroquia El Salto, terraplenes, vía pública además quienes se encuentran asentados en el “muro de las cabras”, sector Barreiro Nuevo, declaradas zonas de vulnerabilidad y riesgo decidió reubicarlas en zonas seguras, razón por la cual surge la problemática de que en los alrededores de la Unidad Educativa Replica Eugenio Espejo se dé un incremento en la población estudiantil, provocando una mayor demanda en la misma.

El Ministerio de Educación tomó el desafío de realizar la consultoría para la ampliación de la Unidad Educativa y de esta manera poder acoger una mayor cantidad de estudiantes, sin embargo, por no contar con los recursos necesarios y al existir un acercamiento directo de parte nuestra con esta institución, fue posible llegar a un acuerdo y obtener los permisos necesarios para realizar los estudios y el diseño. Los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería civil serán aplicados en la consecución de la consultoría, la cual finalmente será presentada como proyecto de grado.

2.2 Soluciones Requeridas

Al momento de realizar la visita al sitio, fueron facilitados los planos as built, los mismos que fueron verificados con mediciones para poder implantar sobre este las nuevas edificaciones que permitirán albergar más estudiantes. Se deberá tener en cuenta los espacios necesarios y espacios disponibles, terminando con la correcta disposición de las aulas de clases.

Sabiendo que se necesita de un bloque de 12 aulas de dos pisos, y tres bloques de dos aulas cada uno para educación inicial entra en discusión el diseño estructural, el arquitectónico es provisto por el Ministerio de Educación porque se trata de edificaciones estandarizadas para ser implantadas en todo el país.

La propuesta consiste en implantarlo en el área de parqueadero existente, debido a que es de mayor facilidad y de menor costo el retiro del adoquín por ser ornamental ya que el suelo donde se asientan los adoquines existe una cama de arena fina, además el espacio está a nivel de plataforma general de implantación.

Junto al parqueadero se encuentran dos canchas de uso múltiple las cuales obstaculizan la implantación del bloque de 12 aulas, éstas deberán ser desplazadas de tal manera que se puedan optimizar los espacios. Los

escombros generados podrán ser utilizados en el relleno del contrapiso del bloque de aulas, reduciendo gastos de maquinaria en desalojos.

Debido a toda la reorganización, se tendrá que mover postes eléctricos y suprimir sumideros de aguas lluvias, los cuales también serán detallados en la respectiva implantación.

Para los bloques de educación inicial se deberá remover parte de los adoquines de una caminera, los cuales podrán volver a ser usados en los ingresos a cada bloque de aulas, y en esa misma dirección se encuentran unos juegos infantiles los cuales serán removidos y reubicados entre la biblioteca y la cancha de césped sintético.

La solución expuesta se ha dictaminado en base a análisis y criterios técnico arquitectónicos, de tal forma que se agreda la menor parte posible de las instalaciones existentes, sin tener que expropiar o comprar predios contiguos.

Como parte de los lineamientos a los cuales tiene que estar basado el diseño, se tiene un presupuesto referencial de un millón quinientos mil dólares, el cual no puede ser sobrepasado, tomando en cuenta las demoliciones, cambios de instalaciones eléctricas y sanitarias, y la construcción de los nuevos bloques de aulas, por lo que este será un gran impedimento al momento de sugerir soluciones.

CAPITULO III

3. TRABAJO DE CAMPO

3.1 Reconocimiento de la estructura construida e identificación del área de ampliación

Se refiere a todo lo que está implantado en el lugar donde se implementara las nuevas edificaciones antes de comenzar con estos trabajos:

1. 1 bloque de 12 aulas



Figura 3.1. Bloque de 12 aulas
Fuente. Tomada por el autor

2. 1 bloque de administración



Figura 3.2. Bloque de Administración
Fuente. Tomada por el autor

3. 1 bloque de laboratorios de ciencias naturales
4. 1 bloque de laboratorios de idiomas
5. Casa de maquinas



Figura 3.3. Casa de Maquinas
Fuente. Tomada por el autor

6. 1 bloque de biblioteca



Figura 3.4. Bloque de Biblioteca
Fuente. Tomada por el autor

7. Área de estacionamiento



Figura 3.5. Estacionamiento
Fuente. Tomada por el autor

8. 2 canchas de uso múltiple



Figura 3.6. Canchas de uso Múltiple
Fuente. Tomada por el autor

9. 1 cancha de césped sintético



Figura 3.7. Canchas Césped Sintético
Fuente. Tomada por el autor

10. 1 comedor
11. 1 planta de tratamiento de aguas residuales

DESCRIPCIÓN

En la Unidad Educativa Replica Eugenio Espejo, existe construida la primera fase en la que fueron construidos, un bloque de 12 aulas distribuidas en dos plantas, un bloque de administración, laboratorios de tecnologías e idiomas, un cuarto destinado al almacenamiento de agua con su respectivo sistema de bombeo para el lugar, así como los transformadores para el generador de energía, también hay un laboratorio de química y de ciencias naturales, un bloque de inspección y sala de profesores, un área central para los eventos cívicos debidamente adoquinada, un amplio comedor y la biblioteca para los

estudiantes. En cuanto a áreas de recreación, tiene 2 canchas de uso múltiple de hormigón, un estacionamiento adoquinado, una cancha de césped sintético y un baño cerca de estas instalaciones, también existen varias camineras.

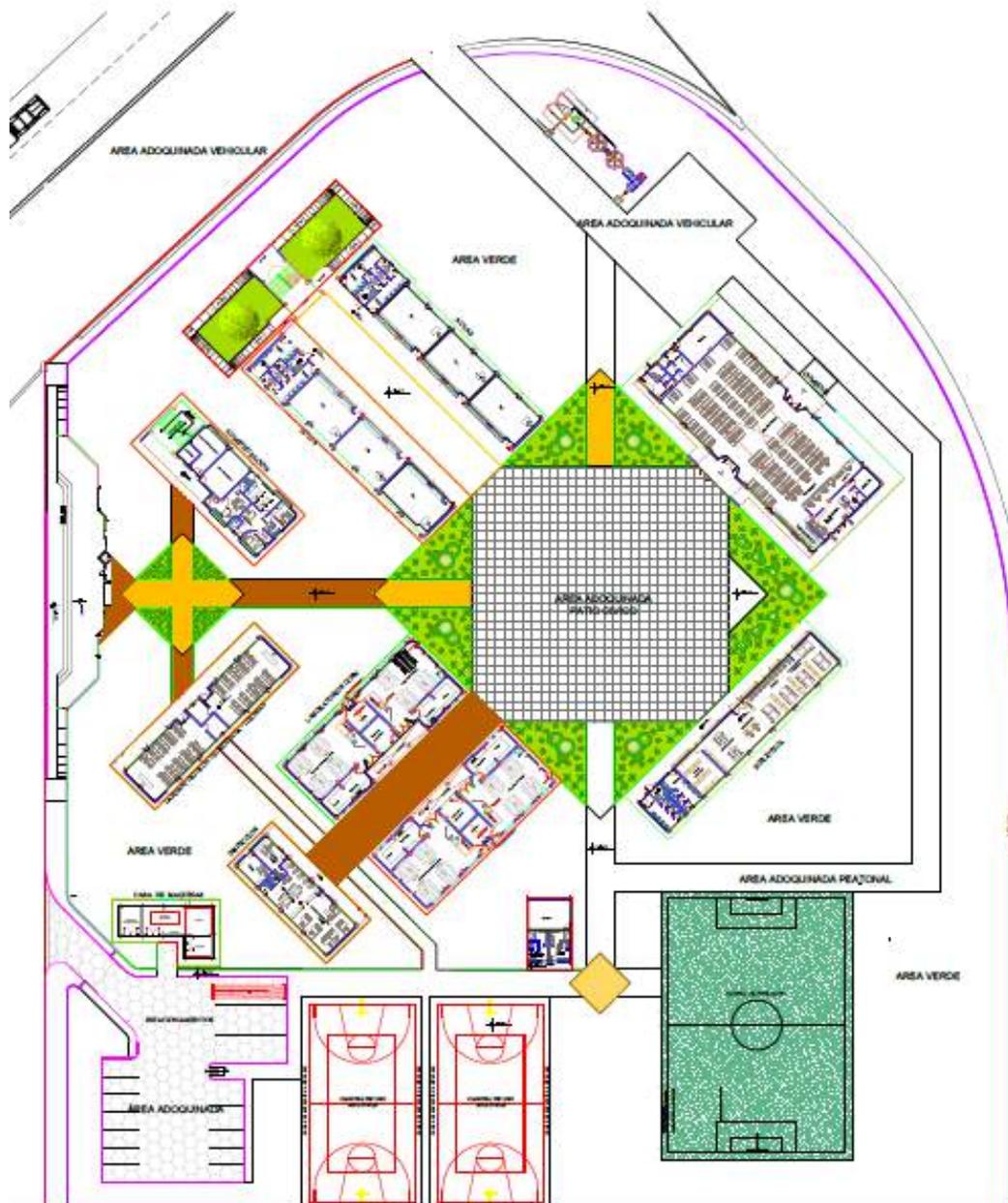


Figura 3.8. Implantación sin Ampliación
Fuente. Ministerio de Educación

Para la ampliación se busca optimizar los espacios sin tener que adquirir nuevos terrenos con el fin de abaratar costos, por lo que se propone realizar parte de la ampliación en la zona del parqueadero adoquinado, aquí se implantará el bloque de dos plantas, para lo que habrá que remover el adoquín con toda la estructura para rellenar y cimentar, en esta área; como este espacio no es suficiente será necesario demoler las dos canchas de uso múltiple con el fin de generar espacio para el bloque de 12 aulas. Las normas indican que debe haber lugares para hacer deporte dentro de la escuela, por esta razón se las tendrá que construir de nuevo con dimensiones menores en el mismo sector.

Para los bloques de educación inicial no será necesario la demolición de alguna estructura en particular ya que será implantados a un costado de la cancha de césped sintético, solo se quitará una caminera de adoquines que se considera como un trabajo menor.

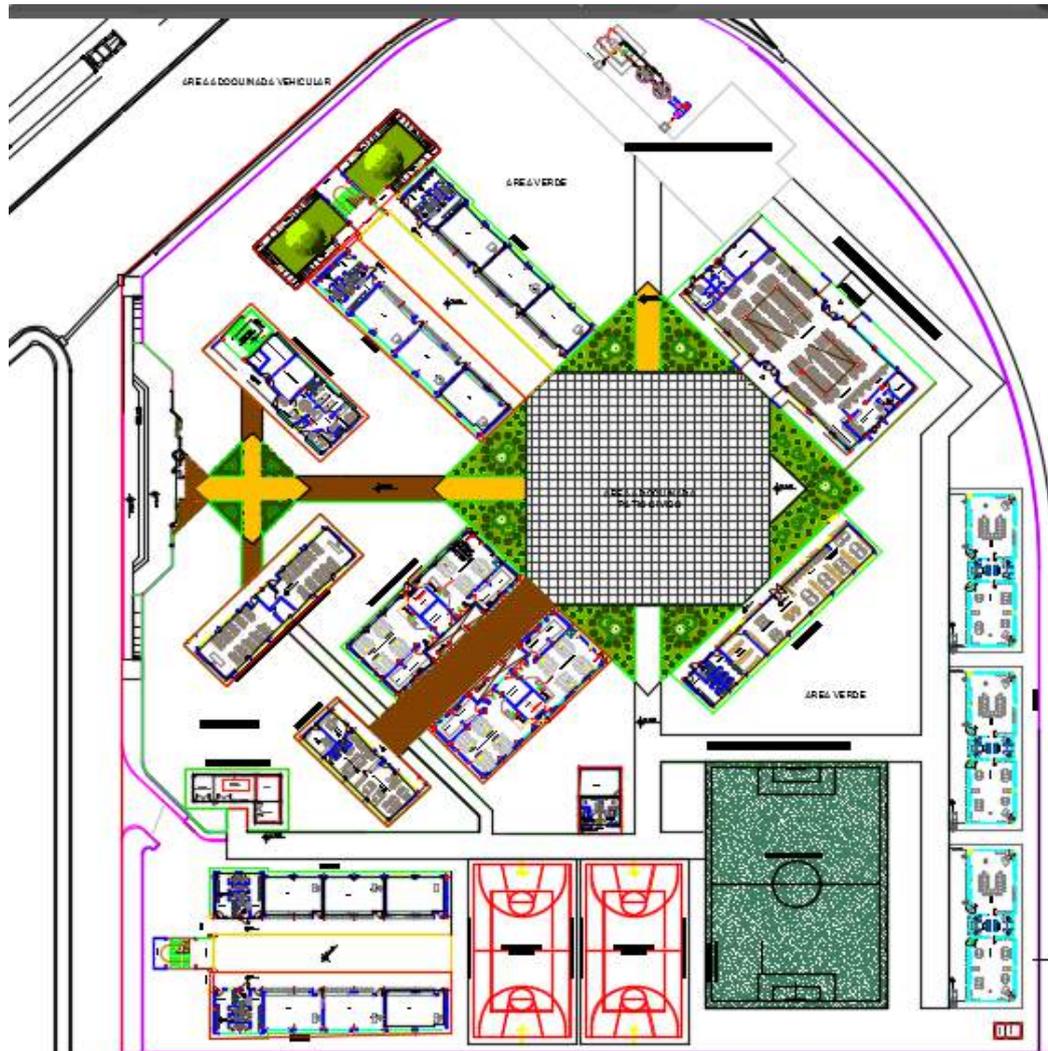


Figura 3.9. Implantación con Ampliación
Fuente. Ministerio de Educación

3.2 Prospección Geotécnica

La prospección del terreno se la realiza mediante sondeos, calicatas, ensayos de penetración o métodos geofísicos.

Para este caso se obtuvo a través de los ensayos proporcionados por la entidad los siguientes resultados de las cuatro perforaciones:

PERFORACION # 1.-

| MUESTRA | PROFUNDIDAD | ESTRATIGRAFIA m. | DESCRIPCION VISUAL | S.P.T. N | ESTRATIGRAFIA | S.U.C.S. | W _n | ANALISIS GRANULOMETRICO | | | COMPRESION SIMPLE | | P.U. | LIMITES DE ATTERBERG | | |
|---------|---------------|------------------|--|----------|---------------|----------|----------------|-------------------------|--------|---------|-------------------|-------|-------|----------------------|----------------|----------------|
| | | | | | | | | No. 4 | No. 40 | No. 200 | qu | E | | W _L | W _p | I _p |
| | | | | | | | | % | % | % | T/m2 | % | Kg/m3 | % | % | % |
| 1 | 0,00 - 1,50 | -1,50 | Arena gruesa arcillosa color café oscuro | 16 | | SG | 21,39 | 55,58 | 32,02 | 20,54 | — | — | — | 67 | 33 | 34 |
| 2 | 2,50 - 3,00 | | Arcilla color negro | — | | CH | 42,50 | 100,00 | 98,25 | 96,82 | 7,42 | 8,47 | 1767 | 74 | 36 | 38 |
| 3 | 4,00 - 4,50 | -4,50 | | CH | 54,96 | 100,00 | 98,60 | 97,59 | 11,02 | 11,64 | 1694 | 111 | 37 | 74 | | |
| 4 | 5,50 - 6,00 | -6,00 | Arcilla color amarillo | — | | CH | 90,99 | 100,00 | 100,00 | 99,76 | 5,62 | 10,58 | 1503 | 142 | 43 | 99 |
| 5 | 7,00 - 7,50 | -7,50 | Arcilla color gris | — | | CH | 100,45 | 100,00 | 99,21 | 98,31 | 7,14 | 9,17 | 1464 | 137 | 40 | 97 |
| 6 | 8,50 - 9,00 | | Arcilla color gris verdosa | — | | CH | 92,38 | 100,00 | 98,32 | 96,64 | 4,45 | 8,47 | 1480 | 119 | 36 | 83 |
| 7 | 10,00 - 10,50 | -10,50 | | CH | 104,26 | 100,00 | 98,73 | 96,82 | 4,46 | 10,94 | 1491 | 120 | 36 | 84 | | |

Figura 3.10. Tabla de Perforación 1
Fuente. Conseees laboratorio

PERFORACION # 2.-

| MUESTRA | PROFUNDIDAD | ESTRATIGRAFIA m. | DESCRIPCION VISUAL | S.P.T. N | ESTRATIGRAFIA | S.U.C.S. | W _n | ANALISIS GRANULOMETRICO | | | PROCTOR | | COMPRESION SIMPLE | | P.U. | LIMITES DE ATTERBERG | | |
|---------|---------------|------------------|----------------------------|----------|---------------|----------|----------------|-------------------------|--------|---------|---------|------------------|-------------------|-------|-------|----------------------|----------------|----------------|
| | | | | | | | | No. 4 | No. 40 | No. 200 | Humedad | δ _{max} | qu | E | | W _L | W _p | I _p |
| | | | | | | | | % | % | % | % | Kg/m3 | T/m2 | % | Kg/m3 | % | % | % |
| 1 | 0,00 - 1,50 | -1,50 | Grava arenosa color café | 16 | | G-SM | 16,92 | 59,94 | 25,88 | 16,07 | 13,10 | 1769 | — | — | — | NO PLASTICO | | |
| 2 | 2,50 - 3,00 | -3,00 | Arcilla color negro | — | | CH | 44,91 | 99,96 | 97,39 | 95,95 | — | — | 11,40 | 13,76 | 1757 | 78 | 32 | 46 |
| 3 | 4,00 - 4,50 | -4,50 | Arcilla color amarilla | — | | CH | 59,79 | 100,00 | 99,34 | 98,55 | — | — | 9,91 | 13,05 | 1660 | 100 | 33 | 67 |
| 4 | 5,50 - 6,00 | | Arcilla color gris | — | | CH | 64,68 | 100,00 | 98,81 | 98,47 | — | — | 5,87 | 8,82 | 1491 | 125 | 40 | 85 |
| 5 | 7,00 - 7,50 | -7,50 | | CH | 94,94 | 100,00 | 99,18 | 96,36 | — | — | 2,37 | 8,82 | 1492 | 100 | 36 | 64 | | |
| 6 | 8,50 - 9,00 | | Arcilla color gris verdosa | — | | CH | 96,40 | 100,00 | 99,04 | 97,12 | — | — | 6,49 | 9,93 | 1523 | 105 | 35 | 70 |
| 7 | 10,00 - 10,50 | -10,50 | | CH | 106,81 | 100,00 | 97,47 | 94,55 | — | — | 5,64 | 10,94 | 1477 | 132 | 44 | 88 | | |

Figura 3.11. Tabla de Perforación 2
Fuente. Conseees laboratorio

PERFORACION # 3.-

| MUESTRA | PROFUNDIDAD | ESTRATIGRAFIA m. | DESCRIPCION VISUAL | S.P.T. N | ESTRATIGRAFIA | S.U.C.S. | W _n | TAMIZ | PROCTOR | COMPRESION SIMPLE | | P.U. | LIMITES DE ATTERBERG | | | |
|---------|---------------|------------------|--|----------|---------------|----------|----------------|---------|---------|-------------------|-------|-------|----------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | | | | | | No. 200 | Humedad | δ _{max} | qu | | E | W _L | W _p | I _p |
| | | | | | | | | % | % | Kg/m3 | T/m2 | % | % | % | | |
| 1 | 0,00 - 1,50 | -1,50 | Gravilla arenosa color roja con algo de arcilla. | 14 | | G-SM | 12,03 | 12,36 | 11,40 | 1838 | — | — | — | 41 | 24 | 17 |
| 2 | 2,50 - 3,00 | -3,00 | Arcilla color negro | — | | CH | 43,13 | 97,80 | — | — | 10,59 | 12,70 | 1746 | 77 | 30 | 47 |
| 3 | 4,00 - 4,50 | -4,50 | Arcilla color amarilla | — | | CH | 65,86 | 99,03 | — | — | 10,89 | 8,82 | 1602 | 112 | 35 | 77 |
| 4 | 5,50 - 6,00 | -6,00 | Arcilla color gris | — | | CH | 100,00 | 92,92 | — | — | 5,11 | 8,02 | 1457 | 122 | 32 | 90 |
| 5 | 7,00 - 7,50 | | Arcilla color gris verdosa | — | | CH | 100,00 | 97,53 | — | — | 2,55 | 7,41 | 1437 | 128 | 36 | 92 |
| 6 | 8,50 - 9,00 | | | CH | 93,83 | 97,36 | — | — | 4,71 | 9,53 | 1495 | 110 | 38 | 72 | | |
| 7 | 10,00 - 10,50 | -10,50 | | CH | 115,46 | 98,74 | — | — | 6,65 | 8,47 | 1423 | 128 | 40 | 68 | | |

Figura 3.12. Tabla de Perforación 3
Fuente. Conseees laboratorio

PERFORACION # 4.-

| MUESTRA | PROFUNDIDAD | ESTRATIGRAFIA m. | DESCRIPCION VISUAL | S.P.T. N | ESTRATIGRAFIA | S.U.C.S. | W _n | ANALISIS GRANULOMETRICO | | | COMPRESION SIMPLE | | P.U. | LIMITES DE ATTERBERG | | |
|---------|---------------|------------------|---|----------|---------------|----------|----------------|-------------------------|--------|---------|-------------------|------|-------|----------------------|----------------|----------------|
| | | | | | | | | No. 4 | No. 40 | No. 200 | qu | E | | W _L | W _p | I _p |
| | | | | | | | | % | % | % | T/m2 | % | Kg/m3 | % | % | % |
| 1 | 0,00 - 1,50 | -1,50 | Grava arenosa color roja con algo de arcilla. | 11 | | G-SM | 11,15 | 38,36 | 19,49 | 13,88 | — | — | — | 83 | 38 | 28 |
| 2 | 2,50 - 3,00 | -3,00 | Arcilla color negro | — | | CH | 55,31 | 95,00 | 93,88 | 90,85 | 0,86 | 6,62 | 1740 | 74 | 29 | 46 |
| 3 | 4,00 - 4,50 | -4,50 | Arcilla color amarilla | — | | CH | 54,30 | 98,00 | 95,86 | 94,83 | 1,83 | 6,11 | 1693 | 114 | 36 | 58 |
| 4 | 5,00 - 6,00 | -6,00 | Arcilla color gris | — | | CH | 91,30 | 95,00 | 93,88 | 96,82 | 1,77 | 5,29 | 1642 | 118 | 37 | 61 |
| 5 | 7,00 - 7,50 | -7,50 | | CH | 99,01 | 95,00 | 93,88 | 97,36 | 1,80 | 4,94 | 1457 | 121 | 41 | 60 | | |
| 6 | 8,50 - 9,00 | | Arcilla color gris verdosa | — | | CH | 99,01 | 95,00 | 93,88 | 94,87 | 1,47 | 6,47 | 1428 | 114 | 39 | 55 |
| 7 | 10,00 - 10,50 | -10,50 | | CH | 105,11 | 95,00 | 93,88 | 97,34 | 3,82 | 11,29 | 1480 | 127 | 41 | 56 | | |

Figura 3.13. Tabla de Perforación 4
Fuente. Conseees laboratorio

Con estas perforaciones se puede apreciar que el primer estrato corresponde a un relleno que se encuentra ubicado desde la superficie hasta una profundidad de 1.5m, seguido de varios estratos de arcilla, desde los 2.5 hasta los 3.0m de color negra, de 4.0m a 5.0m de profundidad de color amarillo, una arcilla color gris, y finalmente una arcilla color gris verdosa desde los 7.0m hasta los 10.5m que fue hasta donde llegó la perforación.

En los anexos se detallará los demás detalles del estudio realizado por CONSEES, que fue el laboratorio encargado de realizar el estudio geotécnico para la construcción de la primera etapa de Unidad Educativa Replica Eugenio Espejo.

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS

4.1 Planteamiento de alternativas

Para plantear las alternativas de la ampliación de la unidad educativa se deben considerar tanto los aspectos constructivos como los costos de la inversión que requerirá el proyecto, asegurándose un correcto funcionamiento al menor costo posible.

Como restricción se tiene un presupuesto referencial, el cual lo impone el Ministerio de Educación, institución encargada de la ejecución del proyecto.

Las condiciones que se deben de considerar en el diseño son: el área disponible, el tipo de suelo, las edificaciones existentes.

Teniéndose como opciones de la estructura las siguientes:

- Estructura de hormigón armado
- Estructura metálica
- Estructura Mixta

Se deberá seleccionar la alternativa que se ajuste a la viabilidad económica del proyecto, en el menor tiempo posible de ejecución.

4.2 Selección de la Alternativa

Tabla I.- Ventajas y Desventajas de las Alternativas

| ALTERNATIVA | VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|--|---|
| <p>Estructura de hormigón armado</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de materiales, debido a que es la técnica constructiva más común. • Disponibilidad de mano de obra calificada, en el lugar del proyecto (Babahoyo). • El costo en comparación con las otras alternativas resulta ser el más económico. • El costo se ajusta al presupuesto con el que dispone la entidad encargada. • El mantenimiento en su vida útil es bajo en comparación con las otras alternativas. • El diseño en hormigón tiene armonía arquitectónica con lo ya construido en el sitio, | <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de ejecución ligeramente más retardado en comparación con las otras alternativas. • Estructura con mayor peso propio. |

| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| | <p>puesto que las edificaciones existentes son de este material.</p> | |
| <p>Estructura Metálica</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de ejecución favorable con respecto a las otras opciones. • El peso de la estructura es bajo en comparación con las otras alternativas, por lo tanto una cimentación más económica. | <ul style="list-style-type: none"> • Los perfiles, deben ser elaborados en talleres industriales. • No se dispone de mano de obra técnicamente calificada cerca del proyecto (Babahoyo). • El costo se ve afectado y se convierte en alto por el transporte y la mano de obra que se necesita. • El costo no se ajusta al presupuesto con el que dispone la entidad encargada. • El mantenimiento en su vida útil se vuelve indispensable para el |

| | | |
|-------------------------|---|---|
| | | <p>correcto funcionamiento de la estructura.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso de epóxicos altamente contaminantes. |
| Estructura Mixta | <ul style="list-style-type: none"> • Si se integran los dos materiales, puede resultar económico. • Es posible reducir el peso de la estructura al combinar los dos materiales. • Los tiempos de ejecución son aceptables. | <ul style="list-style-type: none"> • El diseño que requiere resulta ser complejo y más largo que las otras alternativas. • Se necesita personal calificado para emplear los materiales correctamente. • Las uniones entre los distintos materiales, requieren una supervisión técnica alta, para resistir los esfuerzos producidos en la estructura. • Los perfiles, deben ser elaborados en talleres industriales. |

El cuadro comparativo entre las 3 alternativas que existen, demuestra que la alternativa de hormigón armado prevalece sobre las otras. A pesar de ser una estructura con mayor peso propio, para la distribución de los esfuerzos al

suelo, se realizará una cimentación con vigas en las dos direcciones, como se recomienda en los estudios de suelos existentes.

La viabilidad económica y ambiental se cumple con la alternativa mencionada, dado esto se procederá a diseñar la estructura en hormigón armado.

CAPITULO V

5. DISEÑO ESTRUCTURAL

5.1 Diseño en hormigón estructural

El diseño en hormigón estructural consiste en la aplicación de dos materiales: hormigón y acero. El hormigón es un material durable y con muy buenas propiedades mecánicas, el cual resiste a esfuerzos de compresión considerables, sin embargo tiene una baja capacidad de resistencia a los esfuerzos de tensión. Por este motivo el acero es utilizado y cumple con los requerimientos para resistir los esfuerzos de tracción que aparecen en la estructura.

El acero influye en la ductilidad de los elementos, esto permite que se deformen apreciablemente antes de que se produzca la falla.

El acero longitudinal o armado principal que se necesita en vigas y columnas va a estar relacionado directamente con los momentos flectores y los esfuerzos axiales, mientras que la armadura transversal (estribos) va a estar condicionada por el momento torsor o esfuerzo cortante.

5.2 Análisis de la estructura

El plano arquitectónico que está basado en un estándar para escuelas del milenio ha sido adaptado en los espacios disponibles para la ampliación, en función de las longitudes de los vanos, se ha definido vigas principales, una viga secundaria y la losa nervada en una dirección cuyo espesor será de 25 cm.

El peso de la losa descansa sobre nervios que están conectados a las vigas secundarias y vigas principales. Los pórticos resistentes a momentos están formados por las vigas principales y las columnas, de secciones rectangulares en ambos casos, las cuales se apoyan sobre zapatas y vigas de cimentación de acuerdo a la capacidad admisible del suelo.

Para poder realizar los diseños de manera eficaz y que los elementos estructurales sean resistentes, los criterios y métodos de cálculo están basados en las normas emitidas por el Código y Normas Ecuatorianas de la Construcción, NEC 2015; y criterios del American Concrete Institute, ACI 318-14

5.3 Cargas Utilizadas

Las cargas se estiman según la norma ACI 318-14.

5.4 Carga muerta

Para el análisis se considera como carga muerta a todos los pesos de los elementos estructurales. Dentro de esta carga también se incluyen cargas permanentes adicionales (elementos no estructurales) tales como mampostería, recubrimientos de pisos, instalaciones y tumbados.

Tabla II.- Carga muerta permanente (kg/m²)

| CARGA MUERTA PERMANENTE | | | |
|--------------------------------|------------------------|------------------------|-----|
| | ENTRE PISO | CUBIERTA | |
| | W (kg/m ²) | W (kg/m ²) | |
| MAPOSTERIA | 220 | 100 | |
| MASILLADO y ENLUCIDOS | 100 | 100 | |
| CERAMICA | 80 | | |
| TOTAL CM. PERMANENTE | ✓ 400 | ✓ | 200 |

Las cargas de peso propio consideradas en el diseño están constituidas por el peso de la estructura y todo el material unido y soportado permanentemente por ella. Para el presente cálculo, las cargas de los elementos estructurales considerados en el modelo matemático serán incorporadas dentro del programa a ser utilizado.

Tabla III.- Peso de losa (ton/m²)

| CONDICIONES DE CARGAS | | | | | | | |
|---------------------------|----------|------|------|------|---------------------|-------------------------------|----------------|
| PESO DE LOSA (h= 20 cm) | | | | | | | |
| | Cantidad | L(m) | a(m) | h(m) | V (m ³) | Peso esp. (T/m ³) | Peso (T) |
| CAPA DE COMPRESIÓN | 1 | 1.0 | 1.0 | 0.05 | 0.05 | 2.4 | 0.120 |
| NERVIO | 2 | 1.0 | 0.1 | 0.20 | 0.04 | 2.4 | 0.096 |
| PESO TOTAL DE LOSA | | | | | | | ✓ 0.216 |

5.5 Carga viva

Las cargas vivas, son las que dependen de la ocupación a la que está destinada la edificación y están conformadas por pesos de personas, muebles, equipos, accesorios móviles, entre otras. Debido a la importancia de las estructuras y para determinar las cargas a ser asignadas en el modelo matemático, se ha realizado un análisis preliminar de las cargas permanentes y sobrecargas que actuarán sobre las edificaciones que se detalla en el siguiente cuadro y de acuerdo a la NEC-15 CAP.1.1.2.2.

Tabla IV.- Sobrecargas vivas para Instituciones Educativas

| CARGA VIVA | | |
|--------------------|-----|-------------------|
| AULAS | 200 | kg/m ² |
| CORREDORES | 480 | kg/m ² |
| CUBIERTA | 150 | kg/m ² |
| BIBLIOTECAS | 720 | kg/m ² |
| ESCALERAS | 480 | kg/m ² |
| BALCONES | 480 | kg/m ² |

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

5.6 Carga Sísmica

El cálculo sísmico para las diferentes estructuras que comprende la ampliación de la Unidad Educativa Réplica Eugenio Espejo, se hará según las Normas NEC 2015, ACI 318.

Las cargas sísmicas son fuerzas externas que se deben considerar por la magnitud de los daños que pueden generar. Estas cargas se generan por la deformación que sufre la estructura en el momento que se produce un sismo. Las magnitudes de las cargas dependen de la velocidad y tipo de aceleración del suelo, como también de la masa y rigidez que posee la estructura.

La estructura va a diseñarse para resistir los movimientos sísmicos, tomando en consideración la zona sísmica de influencia.

Para el análisis sísmico se definirá el espectro de respuesta con las recomendaciones de la NEC 15, capítulo 2.

5.6.1 Carga Sísmica Estática.

La consideración estática se determina mediante el Coeficiente de Cortante Basal descrito a continuación:

$$V = \frac{I \times S_a(T)}{R \times \phi_P \times \phi_E} \times W \quad \text{[Ecuación 1]}$$

Donde:

- **V**: Cortante Basal
- **I**: Factor de importancia de la edificación y según el numeral 4.1 del capítulo 2 de la norma, por ser un centro de educación se la considera de ocupación especial con un valor de **I= 1.3**

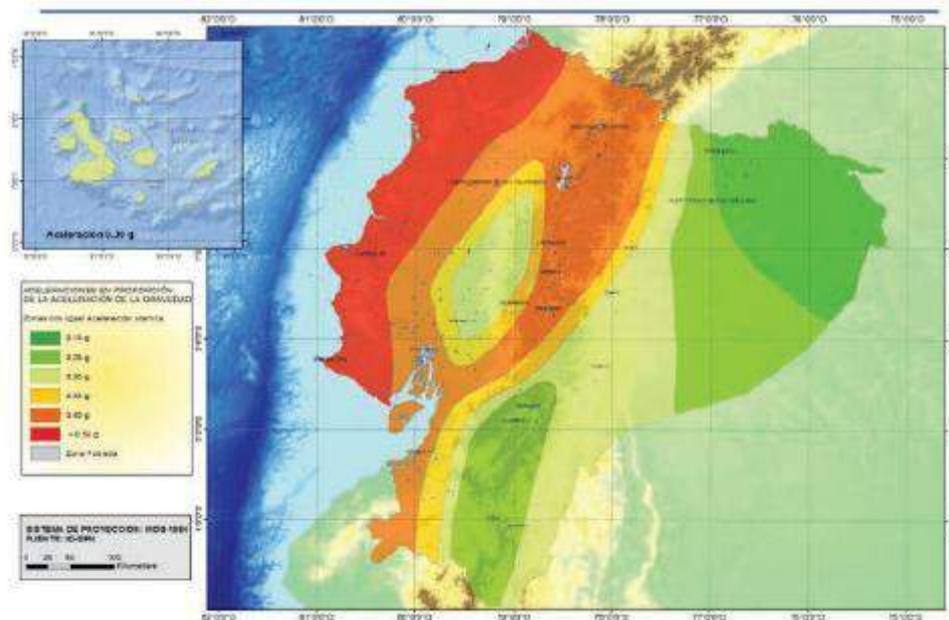


Figura 5.1. Zonas sísmicas y valor del factor de zona Z.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

| Categoría | Tipo de uso, destino e importancia | Coefficiente I |
|--|---|----------------|
| 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 |

Figura 5.2. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

- **R:** Factor de reducción de respuesta estructural, el proyecto en mención comprende pórticos resistentes a momentos, por lo tanto según la norma en el numeral 6.3.4 el valor de **R=8**

| Sistemas Estructurales Dúctiles | R |
|---|---|
| Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras. | 7 |
| Pórticos resistentes a momentos | |
| 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 |
| Otros sistemas estructurales para edificaciones | |
| Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado. | 5 |
| Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda. | 5 |

Figura 5.3. Coeficiente R para sistemas estructurales dúctiles.
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

- **ØP:** Irregularidades en planta que presenta la edificación, las estructuras consideradas dentro del proyecto no presentan irregularidades, se siguen las recomendaciones de la norma en el numeral 5.2.1, por lo cual **ØP=1**

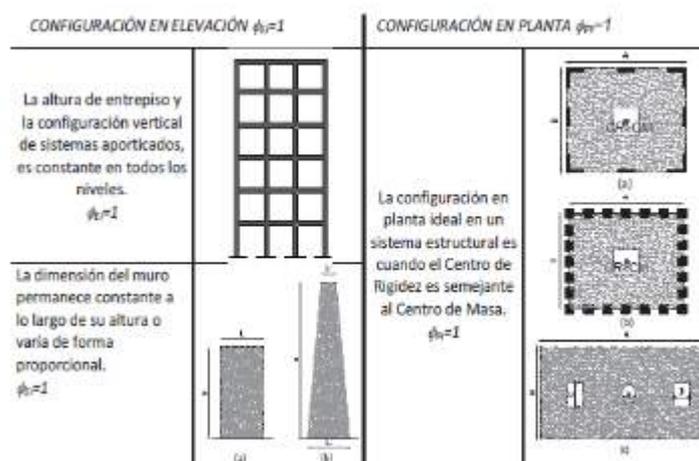


Figura 5.4. Configuraciones estructurales recomendadas
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

- **ØE:** Irregularidades en elevación que presenta la edificación, la configuración vertical de los pórticos analizados dentro del proyecto no presentan irregularidades, se siguen las recomendaciones de la norma en el numeral 5.2.1, por lo cual **ØE=1**

- **Sa:** Espectro de respuesta elástica de aceleraciones, expresado como fracción de la aceleración de la gravedad. Depende de 3 factores, descritos a continuación:

- **Z:** Para el presente proyecto, ubicado en la ciudad de Babahoyo y de acuerdo a la sección 10.2 de la norma, **Z=0.30**

- **Tipo de suelo:** El lugar de emplazamiento de la estructura, contiene un suelo de **tipo E**.

- **Fa, Fd, Fs:** Son los coeficientes de amplificación del suelo, y están directamente relacionados con el tipo de suelo y la zona sísmica. La norma en el numeral 3.2.2 establece los diferentes valores que serán usados para el análisis.

Fa: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto.

| 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 | 1.4 | 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 | 1.4 | 1.25 | 1.1 | 1.0 | 0.85 |
| F | Véase Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4 | | | | | |

Figura 5.5. Tipo de suelo y Factores de sitio Fa

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

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

| 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 Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4 | | | | | |

Figura 5.6. Tipo de suelo y Factores de sitio Fd

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Fs: Comportamiento no lineal de los suelos.

| 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 Tabla 2 : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4 | | | | | |

Figura 5.7. Tipo de suelo y Factores de sitio F_s
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Por lo tanto:

$$F_a = 1.25$$

$$F_d = 1.70$$

$$F_s = 1.70$$

$r = 1.5$ para tipo de suelo E

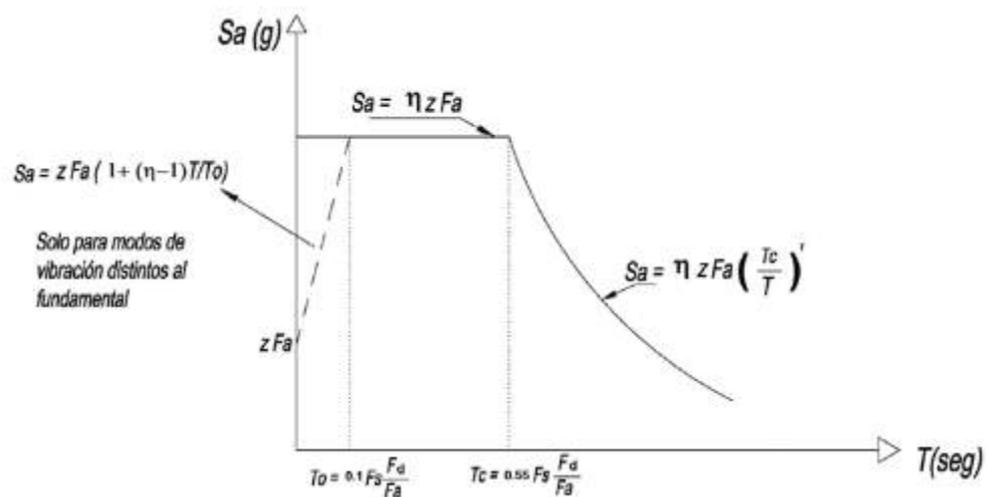


Figura 5.8. Espectro sísmico elástico de aceleraciones.
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

$$S_a = \eta Z F_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c \quad \text{[Ecuación 2]}$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c \quad \text{[Ecuación 3]}$$

El valor de η es la relación de amplificación espectral, que depende de la región en la que se encuentra la edificación en estudio. Para el caso de Babahoyo, $\eta=1.80$ por pertenecer a la región Costa.

- $\eta= 1.80$: Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas),
- $\eta= 2.48$: Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos
- $\eta= 2.60$: Provincias del Oriente

Cálculo de Tc y TL:

$$T_c = 0.55 F_s \left(\frac{F_d}{F_a} \right) \quad \text{[Ecuación 4]}$$

$$T_l = 2.4 F_d \quad \text{[Ecuación 5]}$$

Determinación del período fundamental de la estructura T

El período fundamental de la estructura es el tiempo que esta toma en dar un ciclo completo, cuando experimenta vibración no forzada. Su determinación es primordial porque del mismo depende la magnitud de la fuerza sísmica que experimentará la estructura. (BERMUDEZ, 2011)

El período se va estimar de acuerdo la sección 6.3.3 del capítulo 2 NEC-15, mediante el método 1, el cual es descrito a continuación:

$$T = C_t h_n^\alpha \quad \text{[Ecuación 6]}$$

h_n es la altura máxima del edificio medida desde la base de la estructura, para el proyecto se establece que es **7.50 m**.

Los coeficientes C_t y α dependen del tipo de estructura y están definidos en la norma.

| Tipo de estructura | C_t | α |
|--|-------|----------|
| Estructuras de acero | | |
| Sin arriostramientos | 0.072 | 0.8 |
| Con arriostramientos | 0.073 | 0.75 |
| Pórticos especiales de hormigón armado | | |
| 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 |

Figura 5.9. Coeficientes que dependen del tipo de estructura.
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Se obtienen los siguientes resultados:

Tabla V.- Período fundamental de la estructura

| | | |
|-----------|-------|---------------------|
| Ct | 0.055 | |
| A | 0.90 | |
| T | 0.337 | Período fundamental |

Tabla VI.- Cálculo de espectro de respuesta

| | | | |
|-----------------|-----------|------|----------------------------------|
| Cortante basal: | Z | 0.3 | Zona Sísmica III |
| | I | 1.30 | Centro Educativo |
| | ΦP | 1 | Sin irregularidades en planta |
| | ΦE | 1 | Sin irregularidades en elevación |
| | R | 8 | Factor de reducción |
| | η | 2.48 | Tipo de suelo E |
| | Fa | 1.25 | |
| | Fd | 1.70 | |
| | Fs | 1.70 | |
| | Sa | 0.93 | Espectro de respuesta |

V= 0.151 %W

- **W:** Es la carga reactiva por sismo, para el proyecto en estudio se seguirá las recomendaciones de la NEC-15 en la sección 6.1.7, usando el método general, definido por la siguiente expresión:

$$W = (C.M.Permanente)A.N. \quad \text{[Ecuación 7]}$$

Donde:

- c.m. permanente= **480 kg/m²**
- A= Área total de la estructura, **323 m²**
- N= Número de pisos, **2**

Tabla VII.- Carga sísmica reactiva

| | | |
|--------------------------------|--------|-------------------------|
| C.M. (kg/m²) | 480.00 | Carga muerta permanente |
| A (m²) | 323.00 | Área de la estructura |
| N | 2.00 | Número de pisos |
| W (ton) | 310.08 | Carga sísmica reactiva |

5.6.2 Carga Sísmica Dinámica.

Para poder obtener el espectro inelástico se usará la siguiente expresión:

$$Sa(\text{inelástico}) = Sa \times \frac{I}{\emptyset E \times \emptyset P \times R} \quad [\text{Ecuación 8}]$$

Tabla VIII.- Valores de espectros de diseño

| T(s) | Sa(g) | Sa(inelast) |
|-------------|--------------|--------------------|
| 0.00 | 0.930 | 0.151125 |
| 0.10 | 0.930 | 0.151125 |
| 0.20 | 0.930 | 0.151125 |
| 0.30 | 0.930 | 0.151125 |
| 0.40 | 0.930 | 0.151125 |
| 0.50 | 0.930 | 0.151125 |
| 0.60 | 0.930 | 0.151125 |
| 0.70 | 0.930 | 0.151125 |
| 0.80 | 0.930 | 0.151125 |
| 0.90 | 0.930 | 0.151125 |
| 1.00 | 0.930 | 0.151125 |
| 1.10 | 0.930 | 0.151125 |
| 1.20 | 0.930 | 0.151125 |
| 1.30 | 0.900 | 0.1462689 |
| 1.40 | 0.805 | 0.1308805 |
| 1.50 | 0.726 | 0.1180131 |
| 1.60 | 0.659 | 0.1071241 |
| 1.70 | 0.602 | 0.0978123 |
| 1.80 | 0.552 | 0.0897756 |
| 1.90 | 0.509 | 0.0827821 |
| 2.00 | 0.472 | 0.0766517 |
| 2.10 | 0.438 | 0.0712423 |
| 2.20 | 0.409 | 0.0664405 |
| 2.30 | 0.382 | 0.0621549 |
| 2.40 | 0.359 | 0.058311 |
| 2.50 | 0.338 | 0.0548475 |
| 2.60 | 0.318 | 0.0517139 |
| 2.70 | 0.301 | 0.0488676 |
| 2.80 | 0.285 | 0.0462732 |
| 2.90 | 0.270 | 0.0439006 |
| 3.00 | 0.257 | 0.0417239 |

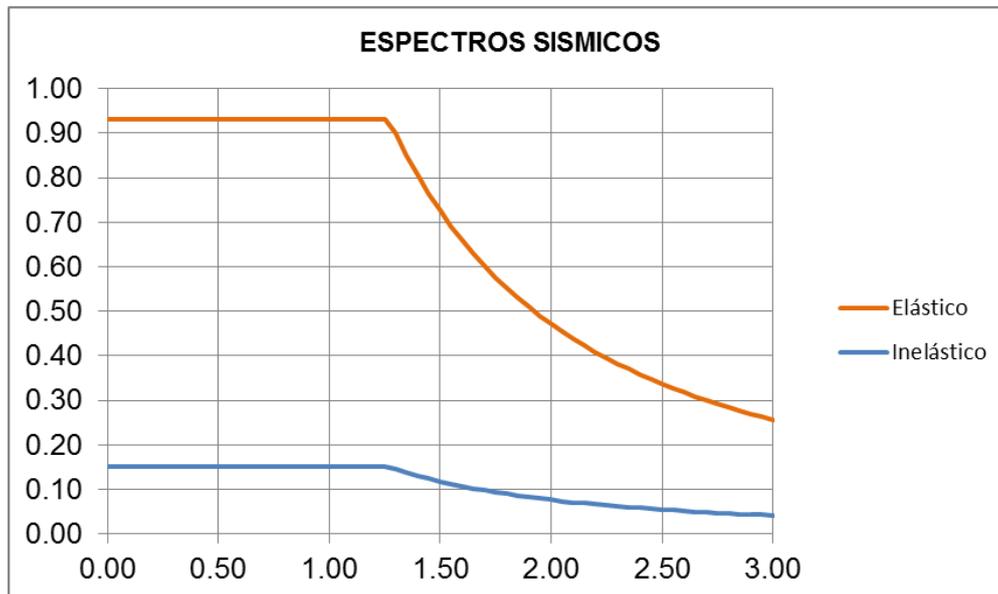


Figura 5.10. Gráfico de espectros de diseño (T vs Sa)

5.7 Combinaciones de Carga.

Las combinaciones de carga y su nomenclatura han sido tomadas de la sección 3.4.3 capítulo 1 de la NEC-15.

La zona donde será implantado el proyecto, no presenta efectos climáticos de viento y granizo que puedan ser considerables, y la carga de cubierta está incluida en las consideraciones de carga muerta permanente, por lo tanto, las cargas L_r , S y W no serán tomadas en cuenta.

Los elementos estructurales y la cimentación del proyecto se rigen a la norma, y por lo tanto su resistencia de diseño no debe exceder los efectos de las cargas incrementadas, de acuerdo a las siguientes combinaciones:

Tabla IX.- Combinaciones de carga

| |
|---------------------|
| Combinación 1: |
| 1.4 D |
| Combinación 2: |
| 1.2D + 1.6L |
| Combinación 3: |
| 1.2D + 1.0L ± 1.0EX |
| Combinación 4: |
| 1.2D + 1.0L ± 1.0EY |
| Combinación 5: |
| 0.9D ± 1.0EX |
| Combinación 6: |
| 0.9D ± 1.0EY |

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Para la combinaciones de carga presentadas, la carga de sismo E será positiva, cuando el sismo actúa de izquierda a derecha y negativa cuando actúa en el sentido contrario.

La revisión de los diseños de los elementos del proyecto se realizará utilizando un software computacional, especializado en análisis estructurales.

5.8 Prediseño de elementos estructurales (bloque 12 aulas).

Todos los elementos de pórticos o estructuras continuas deben diseñarse para resistir los efectos máximos producidas por las cargas mayoradas.

Para el estudio se usará el capítulo 4 de la NEC-15 y el capítulo 18 del ACI-318 en donde se establecen las dimensiones mínimas para elementos estructurales sismo-resistentes.

Tabla X.- Valores dimensionales para vigas

| Límites dimensionales para vigas | |
|----------------------------------|---------------------|
| Ln: Luz libre | bw: ancho de viga |
| $Ln > 4d$ | $bw > 250\text{mm}$ |

Fuente: ACI-318-14

Tabla XI.- Valores dimensionales para columnas

| Límites dimensionales para columnas | |
|-------------------------------------|---------------|
| a: lado 1 | a: lado menor |
| b: lado 2 | b: lado mayor |
| $a, b \geq 300\text{ mm}$ | $a/b > 0.4$ |

Fuente: ACI-318-14

Los cálculos en el prediseño en el bloque de 12 de aulas, nos dan la siguientes dimensiones, las cuales van a ser revisadas en el modelo estructural tridimensional.

- Vigas en la dirección "X" planta baja, **b=30 cm. h=50 cm.**
- Vigas en la dirección "Y" planta baja, **b=35 cm. h=60 cm.**
- Vigas en la dirección "X" planta alta, **b=30 cm. h=50 cm.**
- Vigas en la dirección "Y" planta baja, **b=30 cm. h=50 cm.**
- Columnas desde la cimentación a planta alta, **50x50 cm.**
- Viga secundaria planta baja, **b=25 cm. h=45 cm.**
- Viga secundaria planta alta, **b=25 cm. h=45 cm.**

Las dimensiones establecidas en el prediseño, sirven para establecer las cargas muertas por metro cuadrado de los elementos estructurales y posteriormente hallar el peso sísmico efectivo.

Tabla XII.- Cálculo de carga muerta de elementos estructurales. *Bloque 12 aulas*

| CARGA MUERTA ELEMENTOS ESTRUCTURALES | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|------|------|-------------|---------|-------------------------|------------------|
| | Cantidad | H(m) | b(m) | Longitud(m) | Vol(m3) | Peso específico (kg/m3) | w total(kg) |
| Vigas eje X planta baja | 18 | 0.50 | 0.30 | 4.95 | 13.37 | 2400.00 | 32076.00 |
| Vigas eje Y planta baja | 8 | 0.60 | 0.35 | 9.40 | 15.79 | 2400.00 | 37900.80 |
| Columnas planta baja | 16 | 0.50 | 0.50 | 3.75 | 15.00 | 2400.00 | 36000.00 |
| TOTAL (kg) | | | | | | | 105976.80 |
| Área planta baja(m2) | | | | | | | 323 |
| W por metro cuadrado(kg/m2) | | | | | | | 328.10 |

El peso de los elementos estructurales, va a ser tomado de 340kg/m² para un diseño conservador. El espesor de la losa será estimado usando la tabla 9.5 del código ACI-318, tomando en consideración la condición más crítica.

| | Espesor mínimo, <i>h</i> | | | |
|---|---|-------------------------|--------------------------|-------------------|
| | Simplemente apoyados | Con un Extremo continuo | Ambos Extremos continuos | En voladizo |
| Elementos | Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes. | | | |
| Losas macizas en una dirección | $\frac{\ell}{20}$ | $\frac{\ell}{24}$ | $\frac{\ell}{28}$ | $\frac{\ell}{10}$ |
| Vigas o losas nervadas en una dirección | $\frac{\ell}{16}$ | $\frac{\ell}{18.5}$ | $\frac{\ell}{21}$ | $\frac{\ell}{8}$ |

Figura 5.11. Valores de espesores de losa
Fuente: ACI-318-14

| | |
|------------------|-------------------|
| espesor mínimo h | $3.25/16= 0.203m$ |
| espesor escogido | 0.25 m |

La sección de la losa nervada es:

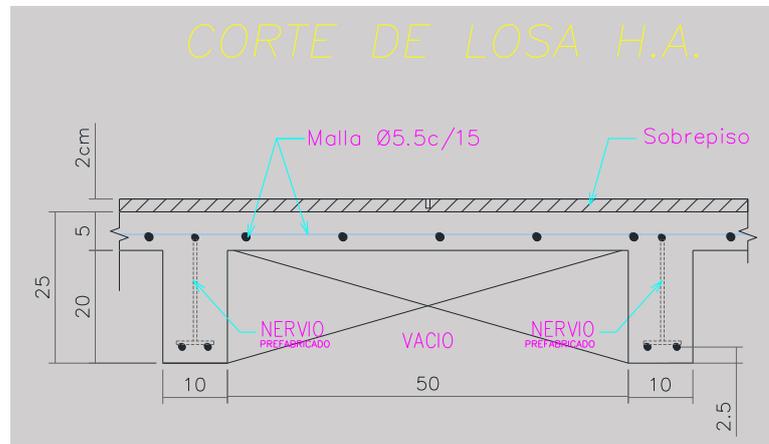


Figura 5.12. Sección tipo de losa
Fuente: Elaboración propia

5.8.1 Cálculo de Carga Muerta

Para el cálculo definitivo de las cargas muertas, se consideran las cargas de los elementos estructurales, de la losa y las cargas permanentes: cerámica, mampostería, enlucidos. Las cargas permanentes fueron estimadas a partir de datos en la NEC-15 y de estándares establecidos por diseñadores estructurales para el tipo de edificación del proyecto.

Tabla XIII.- Carga muerta permanente

| CARGA MUERTA | | |
|--------------------------------|------------------------|------------------------|
| | ENTRE PISO | CUBIERTA |
| | W (kg/m ²) | W (kg/m ²) |
| LOSA | 190 | 190 |
| ELEMENTOS ESTRUCTURALES | 340 | 200 |
| MAPOSTERIA | 150 | |
| MASILLADO y ENLUCIDOS | 80 | 80 |
| CERAMICA | 60 | |
| TOTAL CM. PERMANENTE | ✓ 820 | ✓ 470 |

5.8.2 Cálculo de Carga Viva

La carga viva que se utilizará, será la mayor definida para el tipo de edificación en estudio. Se encuentra expresada en la sección 4.2.1 del capítulo 1 NEC-15.

Tabla XIV.- Sobrecargas vivas para Instituciones Educativas

| CARGA VIVA | | |
|--------------------|-----|-------------------|
| AULAS | 200 | kg/m ² |
| CORREDORES | 480 | kg/m ² |
| CUBIERTA | 150 | kg/m ² |
| BIBLIOTECAS | 720 | kg/m ² |
| ESCALERAS | 480 | kg/m ² |
| BALCONES | 480 | kg/m ² |

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

5.8.3 Cálculo de Carga Sísmica

La carga sísmica, será calculada considerando los pesos en entrepiso y cubierta de la edificación, ésta carga será distribuida en fuerzas horizontales en las dos direcciones X y Y.

Tabla XV.- Peso sísmico efectivo (toneladas)

| Carga Sísmica efectiva | | | |
|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------|
| | Área(m²) | Wd(kg/m²) | Wt(kg) |
| Entre piso | 323.00 | 820.00 | 264860.00 |
| Cubierta | 323.00 | 470.00 | 151810.00 |
| Total(kg) | | | 416670.00 |
| Peso Sísmico efectivo(ton) | | | 416.67 |

5.8.4 Distribución de fuerzas horizontales

La distribución de fuerzas horizontales se la realizara mediante lo establecido en la norma NEC-15 en la sección 6.3.5 del capítulo 2 'Distribución vertical de fuerzas laterales', la cual indica que la distribución de las fuerzas será a lo largo de la altura de la edificación. La expresión que se usa es la siguiente:

$$V = \sum_{i=1}^n F_i ; V_x = \sum_{i=x}^n F_i ; F_x = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} V \quad \text{[Ecuación 9]}$$

En donde K se evalúa de la siguiente manera:

- Para valores de $T \leq 0.5s$; $K=1.0$
- Para valores de $0.5s < T \leq 2.5s$; $K= 0.75+0.50T$
- Para valores de $T > 2.5s$, $K=2.0$

El valor de K depende del período fundamental de la estructura, el cual fue calculado previamente y tiene un valor de 0.337 s, por lo tanto se ubica en el primer caso $T \leq 0.5s$; $K=1.0$.

| | |
|---------------|---------------|
| V | 0.151%W |
| V | 0.151(416.67) |
| V(ton) | 62.92 |

Tabla XVI.- Distribución de fuerzas horizontales

| Nivel | hx(m) | Wx | Wx*hx^K | Cv | Fx |
|-----------|-------|-----------|---------------|------|-------|
| Cubierta | 7.50 | 151.81 | 1138.575 | 0.53 | 33.34 |
| Entrepiso | 3.75 | 264.86 | 993.225 | 0.47 | 29.57 |
| | | Σ= | 2131.8 | | |

Se obtiene la siguiente distribución de fuerzas horizontales en la estructura:



Figura 5.13. Fuerzas horizontales pórtico X
Fuente: Elaboración propia



Figura 5.14. Fuerzas horizontales pórtico Y
Fuente: Elaboración propia

5.9 Modelo tridimensional SAP 2000

Los modelos tridimensionales del bloque de 12 aulas y del bloque de educación inicial, incluyen todos los elementos que conforman el sistema estructural, así mismo la distribución espacial de las masas y rigideces en las estructuras, con una proximidad tal que sea capaz de obtener las características más significativas en el comportamiento dinámico de las edificaciones.

El modelado estructural para el bloque de 12 aulas se realizará tomando las siguientes consideraciones:

- Las cargas gravitacionales, serán ingresadas en el programa como cargas por m^2 , y aplicadas sobre las losas.
- En el cálculo de la rigidez y de las derivas máximas se van a utilizar los valores de las inercias agrietadas de los elementos estructurales, de la siguiente manera: $0.5 I_g$ para vigas y $0.8 I_g$ para columnas, siendo I_g el valor de la inercia no agrietada de la sección transversal del elemento. Este análisis reconoce el hecho de que las secciones de los elementos se encuentran agrietadas desde el instante mismo de su construcción y, más aún cuando se presenten las fuerzas del sismo de diseño.

- La masa de cada nivel será considerada como concentrada en el centro de masas del piso, pero desplazada una distancia igual al 5 por ciento de la máxima dimensión del edificio en ese piso.
- Para elegir la dirección de aplicación de las fuerzas sísmicas, serán considerados los efectos ortogonales, suponiendo que el 100% de las fuerzas sísmicas actúa en una dirección y el 30% de las fuerzas sísmicas actúa en la dirección perpendicular ($E_x+0.3E_y$ ó $E_y+0.3E_x$).
- La carga viva aplicada en la losa de cubierta, será considerada de 150 kg/m² debido a que se toman en cuenta cargas futuras debido a mantenimiento.
- La conexión entre la cimentación y las columnas, será modelada como empotramientos
- La carga muerta que se ingresará sobre las losas, no considera los pesos de los elementos estructurales, por lo tanto en el programa será “1” el coeficiente definido para cargas muertas.
- Para los efectos producidos por el sismo, se procederá a ingresar sismo estático usando como coeficiente 0.15 y el sismo dinámico ingresando el espectro inelástico.

- Las propiedades del hormigón que serán definidas en el programa son las siguientes: peso volumétrico de 2400 kg/m³, resistencia a la compresión de 240 kg/cm³ y un módulo de elasticidad de 23237 kg/cm².
- Las propiedades del acero de refuerzo que serán definidas en el programa son las siguientes: esfuerzo de fluencia de 4200 kg/cm² y un módulo de elasticidad de 2'100000 kg/cm².

5.10 Resultados del análisis SAP 2000 (bloque 12 aulas)

Al ejecutar el modelo tridimensional, se obtuvieron los siguientes resultados:

- El período de vibración de la estructura obtenido en el programa es de 0.41 s, no afecta en el análisis previo debido a que para ese período se mantiene el coeficiente de 0.15 y por lo tanto las fuerzas horizontales son las mismas.

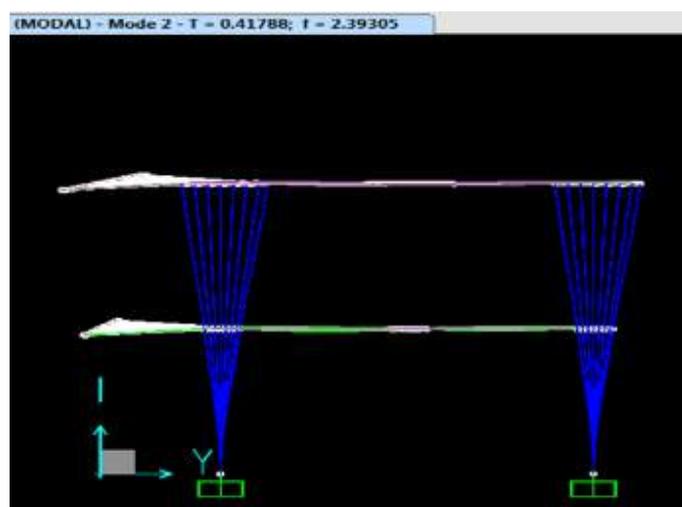


Figura 5.15. Modelo tridimensional bloque 12 aulas SAP 2000

Fuente: Elaboración propia

- Las derivas ocasionadas por el sismo estático en la dirección de X y Y se presentan:

Tabla XVII.- Deriva sentido X del bloque 12 aulas

| Nivel | Desplazamiento(cm) | Diferencia(cm) | altura(m) | Deriva % |
|-----------|--------------------|----------------|-----------|---------------|
| Cubierta | 0.90 | 0.47 | 3.75 | 1.0027 |
| Entrepiso | 0.43 | | | |

Tabla XVIII.- Deriva sentido Y del bloque 12 aulas

| Nivel | Desplazamiento(cm) | Diferencia(cm) | altura(m) | Deriva % |
|-----------|--------------------|----------------|-----------|---------------|
| Cubierta | 0.014 | 0.008 | 3.75 | 0.0171 |
| Entrepiso | 0.006 | | | |

Las derivas máximas permitidas para las estructuras de hormigón armado es del 2%, dado que las derivas se encuentran por debajo del límite se procede a realizar el cálculo del acero longitudinal de los elementos.

- Los momentos flectores de las vigas de entrepiso en la dirección de X tienen como valor máximo 5.82 ton-m.

| FLEXURAL REINFORCEMENT FOR MOMENT, M3 | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | | Required Rebar | +veMoment Rebar | -veMoment Rebar | Minimum Rebar | |
| Top | (+2 Axis) | 4.500E-04 | 0.000 | 3.498E-04 | 4.500E-04 | |
| Bottom | (-2 Axis) | 2.300E-04 | 1.725E-04 | 0.000 | 2.300E-04 | |
| Design Moments, Mu3 | | | | | | |
| | | Design +veMoment | Design -veMoment | Factored +veMoment | Factored -veMoment | Special +veMoment |
| | | 2.908 | -5.816 | 0.000 | -5.816 | 2.908 |
| | | | | | | -5.816 |

- El cortante máximo para las vigas de entrepiso en la dirección X es de 4.87 ton.

| SHEAR/TORSION DESIGN FOR U2 and T | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | Rebar Av/s | Rebar At/s | Rebar A1 | Design Uu | Design Tu | Design Mu |
| | 3.422E-04 | 0.000 | 0.000 | 4.872 | 0.038 | -5.816 |

- Los momentos flectores de las vigas de cubierta en la dirección de X tienen como valor máximo 4.63 ton-m.

| FLEXURAL REINFORCEMENT FOR MOMENT, M3 | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | | Required Rebar | +veMoment Rebar | -veMoment Rebar | Minimum Rebar | | |
| Top | (+2 Axis) | 3.692E-04 | 0.000 | 2.769E-04 | 3.692E-04 | | |
| Bottom | (-2 Axis) | 1.826E-04 | 1.370E-04 | 0.000 | 1.826E-04 | | |
| Design Moments, Mu3 | | | | | | | |
| | | Design +veMoment | Design -veMoment | Factored +veMoment | Factored -veMoment | Special +veMoment | Special -veMoment |
| | | 2.315 | -4.630 | 0.000 | -4.630 | 2.315 | -4.630 |

- El cortante máximo para las vigas de cubierta en la dirección X es de 4.45 ton.

| SHEAR/TORSION DESIGN FOR U2 and T | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | Rebar Av/s | Rebar At/s | Rebar A1 | Design Uu | Design Tu | Design Mu |
| | 3.131E-04 | 0.000 | 0.000 | 4.458 | 0.064 | -4.630 |

- Los momentos flectores de las vigas de entrepiso en la dirección de Y tienen como valor máximo 17.39 ton-m

| FLEXURAL REINFORCEMENT FOR MOMENT, M3 | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | | Required Rebar | +veMoment Rebar | -veMoment Rebar | Minimum Rebar | | |
| Top | (+2 Axis) | 8.739E-04 | 0.000 | 8.739E-04 | 6.417E-04 | | |
| Bottom | (-2 Axis) | 5.683E-04 | 4.262E-04 | 0.000 | 5.683E-04 | | |
| Design Moments, Mu3 | | | | | | | |
| | | Design +veMoment | Design -veMoment | Factored +veMoment | Factored -veMoment | Special +veMoment | Special -veMoment |
| | | 8.696 | -17.392 | 0.000 | -17.392 | 8.696 | -17.392 |

- El cortante máximo para las vigas de entrepiso en la dirección Y es de 10.36 ton.

| SHEAR/TORSION DESIGN FOR V2 and T | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | Rebar Av/s | Rebar At/s | Rebar A1 | Design Vu | Design Tu | Design Mu |
| | 5.958E-04 | 0.000 | 0.000 | 10.368 | 0.249 | -17.392 |

- Los momentos flectores de las vigas de cubierta en la dirección de Y tienen como valor máximo 10.37 ton-m

| FLEXURAL REINFORCEMENT FOR MOMENT, M3 | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | Required Rebar | +veMoment Rebar | -veMoment Rebar | Minimum Rebar |
| Top | (+2 Axis) | 6.384E-04 | 0.000 | 6.384E-04 | 4.500E-04 |
| Bottom | (-2 Axis) | 4.146E-04 | 3.110E-04 | 0.000 | 4.146E-04 |
| Design Moments, Mu3 | | | | | |
| | | Design +veMoment | Design -veMoment | Factored +veMoment | Factored -veMoment |
| | | 5.186 | -10.373 | 0.000 | -10.373 |
| | | Special +veMoment | Special -veMoment | | |
| | | 5.186 | -10.373 | | |

- El cortante máximo para las vigas de cubierta en la dirección Y es de 6.66 ton.

| SHEAR/TORSION DESIGN FOR V2 and T | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | Rebar Av/s | Rebar At/s | Rebar A1 | Design Vu | Design Tu | Design Mu |
| | 4.680E-04 | 0.000 | 0.000 | 6.664 | 0.230 | -10.373 |

- Con los valores de los momentos flectores y cortantes, se procede a tomar los valores más críticos para el diseño de las vigas en cada una de las direcciones.

5.10.1 Cálculo de refuerzo longitudinal en vigas

Con los momentos flectores del programa, se procede a realizar el cálculo las vigas del entrepiso y de la cubierta en las dos direcciones.

A partir de todas las combinaciones de carga. Se sabe que los aceros superiores corresponden a los efectos de momentos negativos y los inferiores por momentos positivos. Además deberá comprobarse el cumplimiento de requerimientos mínimos de cuantía geométrica conforme lo estipula la Normativa Ecuatoriana de Construcción.

También se realizará el análisis para la viga secundaria y los nervios de la losa.

Para el cálculo del acero longitudinal se usará la siguiente expresión:

$$\phi M_n = 0.9 f'_c b d^2 w (1 - 0.59w) \quad \text{[Ecuación 10]}$$

$$w = \rho \frac{f_y}{f'_c}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b d} \quad \text{[Ecuación 11]}$$

- Viga faldón del eje J presenta los siguientes valores y requisitos de acero longitudinal.

| | | | Mu(ton.m) | Acero continuo | Acero de refuerzo | As(cm2) | ϕM_n (ton.m) | $\phi M_n > Mu$ |
|-------------------|----------------|----|-----------|----------------|-------------------|---------|--------------------|-----------------|
| extremo izquierdo | viga eje (1-2) | M+ | 2.46 | 2 ϕ 12 | 2 ϕ 12 | 4.52 | 5.85 | ok |
| | | M- | 4.90 | 2 ϕ 12 | 2 ϕ 12 | 4.52 | 5.85 | ok |
| extremo derecho | | M+ | 1.62 | 2 ϕ 12 | 2 ϕ 12 | 4.52 | 5.85 | ok |
| | | M- | 2.46 | 2 ϕ 12 | 2 ϕ 12 | 4.52 | 5.85 | ok |
| extremo izquierdo | viga eje (2-3) | M+ | 1.62 | 2 ϕ 12 | 2 ϕ 12 | 4.52 | 5.85 | ok |
| | | M- | 3.24 | 2 ϕ 12 | 2 ϕ 12 | 4.52 | 5.85 | ok |
| extremo derecho | | M+ | 1.74 | 2 ϕ 12 | 2 ϕ 12 | 4.52 | 5.85 | ok |
| | | M- | 3.50 | 2 ϕ 12 | 2 ϕ 12 | 4.52 | 5.85 | ok |
| extremo izquierdo | viga eje (3-4) | M+ | 1.74 | 2 ϕ 12 | 2 ϕ 12 | 4.52 | 5.85 | ok |
| | | M- | 3.50 | 2 ϕ 12 | 2 ϕ 12 | 4.52 | 5.85 | ok |
| extremo derecho | | M+ | 1.62 | 2 ϕ 12 | 2 ϕ 12 | 4.52 | 5.85 | ok |
| | | M- | 3.24 | 2 ϕ 12 | 2 ϕ 12 | 4.52 | 5.85 | ok |
| extremo izquierdo | viga eje (7-8) | M+ | 2.74 | 2 ϕ 12 | 2 ϕ 12 | 4.52 | 5.85 | ok |
| | | M- | 1.74 | 2 ϕ 12 | 2 ϕ 12 | 4.52 | 5.85 | ok |
| extremo derecho | | M+ | 2.46 | 2 ϕ 12 | 2 ϕ 12 | 4.52 | 5.85 | ok |
| | | M- | 4.90 | 2 ϕ 12 | 2 ϕ 12 | 4.52 | 5.85 | ok |

Tabla XIX.- Acero longitudinal de viga Faldón. Bloque 12 aulas

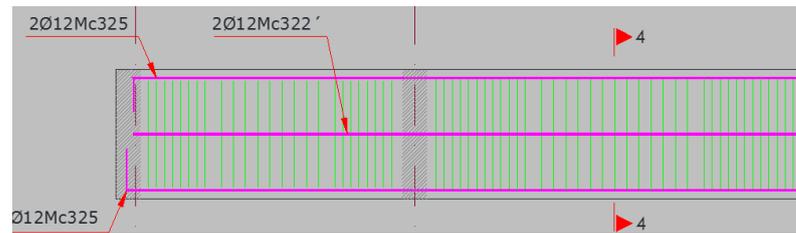


Figura 5.16. Armado longitudinal Viga Faldón.
Fuente: Elaboración propia.

- Viga V5 del eje A y B presenta los siguientes valores y requisitos de acero longitudinal.

Tabla XX.- Acero longitudinal de vigas sentido X. Bloque 12 aulas

| | | PORTICO X | | | | | | | |
|-----------------|-------------------|----------------|-------|-----------|----------------|-------------------|---------|------------|--------|
| | | | | Mu(ton.m) | Acero continuo | Acero de refuerzo | As(cm2) | ØMn(ton.m) | ØMn>Mu |
| ENTREPISO | extremo izquierdo | viga eje (1-2) | M+ | 10.22 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| | | | M- | 12.63 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 15.45 | ok |
| | extremo derecho | | M+ | 10.25 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| | M- | | 12.98 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 15.45 | ok | |
| | extremo izquierdo | viga eje (2-3) | M+ | 5.11 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| | | | M- | 10.24 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 15.45 | ok |
| | extremo derecho | | M+ | 5.11 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| | M- | | 10.24 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 15.45 | ok | |
| | extremo izquierdo | viga eje (3-4) | M+ | 5.36 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| | | | M- | 10.74 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 15.45 | ok |
| | extremo derecho | | M+ | 5.36 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| | M- | | 10.74 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 15.45 | ok | |
| | extremo izquierdo | viga eje (7-8) | M+ | 5.36 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| | | | M- | 10.74 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 15.45 | ok |
| extremo derecho | M+ | | 10.25 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok | |
| M- | 12.63 | | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 15.45 | ok | | |
| CUBIERTA | extremo izquierdo | viga eje (1-2) | M+ | 7.22 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| | | | M- | 9.63 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| | extremo derecho | | M+ | 7.25 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| | M- | | 9.98 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok | |
| | extremo izquierdo | viga eje (2-3) | M+ | 2.11 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| | | | M- | 7.24 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| | extremo derecho | | M+ | 2.11 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| | M- | | 7.24 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok | |
| | extremo izquierdo | viga eje (3-4) | M+ | 2.36 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| | | | M- | 7.74 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| | extremo derecho | | M+ | 2.36 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| | M- | | 7.74 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok | |
| | extremo izquierdo | viga eje (7-8) | M+ | 2.36 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| | | | M- | 7.74 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok |
| extremo derecho | M+ | | 7.22 | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok | |
| M- | 9.63 | | 3Ø16 | | 6.03 | 10.45 | ok | | |

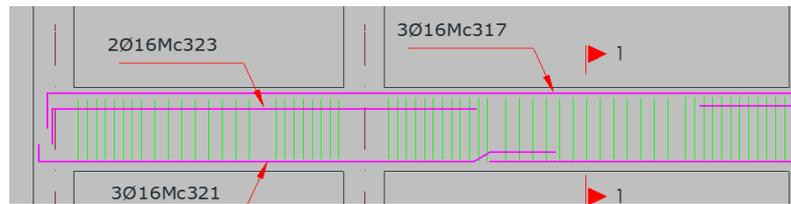


Figura 5.17. Armado longitudinal vigas de entrepiso sentido X
Fuente: Elaboración propia

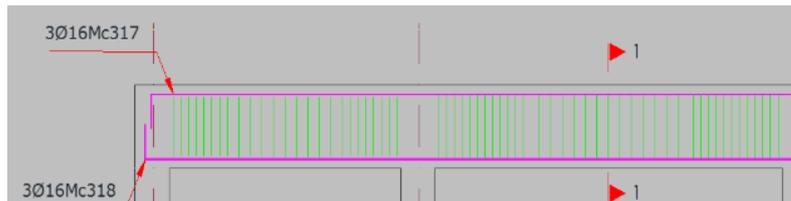


Figura 5.18. Armado longitudinal vigas de cubierta sentido X
Fuente: Elaboración propia

- Viga V3 del eje 3-4-5-6-7 presenta los siguientes valores y requisitos de acero longitudinal.

Tabla XXI.- Acero longitudinal de vigas sentido Y. Bloque 12 aulas

| | | PORTICO Y | | | | | | | |
|-----------------|-------------------|----------------|-------|-----------|----------------|-------------------|---------|------------------|--------------|
| | | | | Mu(ton.m) | Acero continuo | Acero de refuerzo | As(cm2) | ϕ Mn(ton.m) | ϕ Mn>Mu |
| ENTREPISO | extremo izquierdo | viga eje (B-J) | M+ | 9.55 | 3Ø16 | | 6.03 | 11.50 | ok |
| | | | M- | 9.55 | 4Ø20 | 2Ø20 | 18.82 | 36.26 | ok |
| | extremo derecho | viga eje (B-J) | M+ | 10.24 | 3Ø16 | | 6.03 | 11.50 | ok |
| | | | M- | 34.81 | 4Ø20 | 2Ø20 | 18.82 | 36.26 | ok |
| | extremo izquierdo | viga eje (A-B) | M+ | 18.44 | 3Ø16 | | 6.03 | 11.50 | ok |
| | | | M- | 35.74 | 4Ø20 | 2Ø20 | 18.82 | 36.26 | ok |
| extremo derecho | viga eje (A-B) | M+ | 10.84 | 3Ø16 | | 6.03 | 11.50 | ok | |
| M- | 10.84 | 4Ø20 | | 12.12 | 24.39 | ok | | | |
| CUBIERTA | extremo izquierdo | viga eje (B-J) | M+ | 5.46 | 3Ø16 | | 6.03 | 11.50 | ok |
| | | | M- | 5.46 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 16.46 | ok |
| | extremo derecho | viga eje (B-J) | M+ | 9.93 | 3Ø16 | | 6.03 | 11.50 | ok |
| | | | M- | 13.24 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 16.46 | ok |
| | extremo izquierdo | viga eje (A-B) | M+ | 11.53 | 3Ø16 | | 6.03 | 11.50 | ok |
| | | | M- | 15.26 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 16.46 | ok |
| extremo derecho | viga eje (A-B) | M+ | 11.53 | 3Ø16 | | 6.03 | 11.50 | ok | |
| M- | 11.53 | 3Ø16 | | 6.03 | 11.50 | ok | | | |

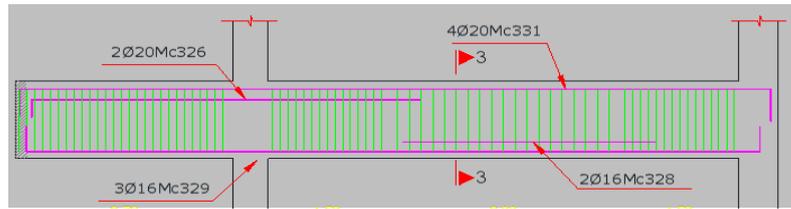


Figura 5.19. Armado longitudinal vigas de entrepiso sentido Y.
Fuente: Elaboración propia.

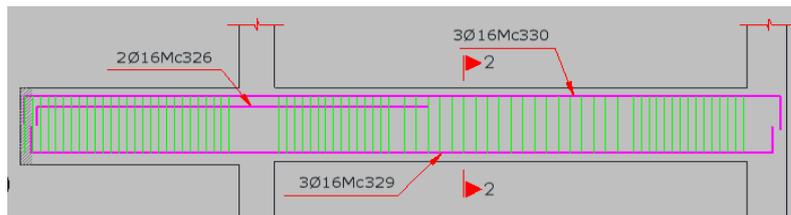


Figura 5.20. Armado longitudinal vigas de cubierta sentido Y.
Fuente: Elaboración propia.

- Viga secundaria presenta los siguientes valores y requisitos de acero longitudinal.

Tabla XXII.- Acero longitudinal de Vigas Secundarias. Bloque 12 aulas

| | | PORTICO X | | | | | | | |
|-------------------|-------------------|----------------|-------|-----------|----------------|-------------------|---------|------------|--------|
| | | | | Mu(ton.m) | Acero continuo | Acero de refuerzo | As(cm2) | ØMn(ton.m) | ØMn>Mu |
| ENTREPISO | extremo izquierdo | viga eje (1-2) | M+ | 8.51 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| | | | M- | 10.52 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 13.88 | ok |
| | extremo derecho | viga eje (1-2) | M+ | 8.54 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| | | | M- | 10.82 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 13.88 | ok |
| | extremo izquierdo | viga eje (2-3) | M+ | 5.11 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| | | | M- | 10.24 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 13.88 | ok |
| | extremo derecho | viga eje (2-3) | M+ | 5.11 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| | | | M- | 10.24 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 13.88 | ok |
| | extremo izquierdo | viga eje (3-4) | M+ | 5.36 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| | | | M- | 10.74 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 13.88 | ok |
| | extremo derecho | viga eje (3-4) | M+ | 5.36 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| | | | M- | 10.74 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 13.88 | ok |
| extremo izquierdo | viga eje (7-8) | M+ | 5.36 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok | |
| | | M- | 10.74 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 13.88 | ok | |
| extremo derecho | viga eje (7-8) | M+ | 8.51 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok | |
| | | M- | 10.52 | 3Ø16 | 2Ø16 | 10.05 | 13.88 | ok | |
| CUBIERTA | extremo izquierdo | viga eje (1-2) | M+ | 7.22 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| | | | M- | 8.75 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| | extremo derecho | viga eje (1-2) | M+ | 7.25 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| | | | M- | 9.07 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| | extremo izquierdo | viga eje (2-3) | M+ | 2.11 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| | | | M- | 7.24 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| | extremo derecho | viga eje (2-3) | M+ | 2.11 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| | | | M- | 7.24 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| | extremo izquierdo | viga eje (3-4) | M+ | 2.36 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| | | | M- | 7.74 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| | extremo derecho | viga eje (3-4) | M+ | 2.36 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| | | | M- | 7.74 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok |
| extremo izquierdo | viga eje (7-8) | M+ | 2.36 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok | |
| | | M- | 7.74 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok | |
| extremo derecho | viga eje (7-8) | M+ | 7.22 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok | |
| | | M- | 8.75 | 3Ø16 | | 6.03 | 9.49 | ok | |

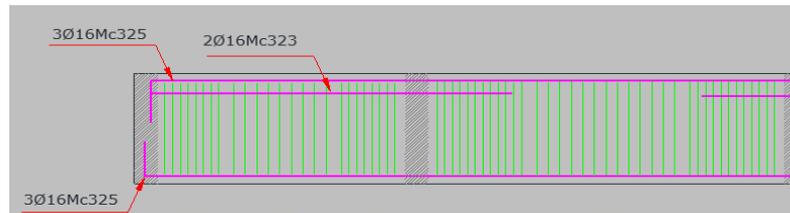


Figura 5.21. Armado longitudinal vigas secundarias.
Fuente: Elaboración propia.

- Nervio presenta los siguientes valores y requisitos de acero longitudinal.

Tabla XXIII.- Acero longitudinal de nervios. Bloque 12 aulas.

| NERVIO | | | | | | | | |
|-------------------|--------|----|-----------|----------------|-------------------|----------------------|------------|--------|
| | | | Mu(ton.m) | Acero continuo | Acero de refuerzo | As(cm ²) | ØMn(ton.m) | ØMn>Mu |
| extremo izquierdo | NERVIO | M+ | 0.22 | 2Ø8 | | 1 | 0.65 | ok |
| | | M- | 0.09 | 1Ø8 | | 0.5 | 0.27 | ok |
| centro | | M+ | 0.44 | 2Ø8 | | 1 | 0.65 | ok |
| | | M- | 0 | 1Ø8 | | 0.5 | 0.27 | ok |
| extremo izquierdo | | M+ | 0.22 | 2Ø8 | | 1 | 0.65 | ok |
| | | M- | 0.09 | 1Ø8 | | 0.5 | 0.27 | ok |

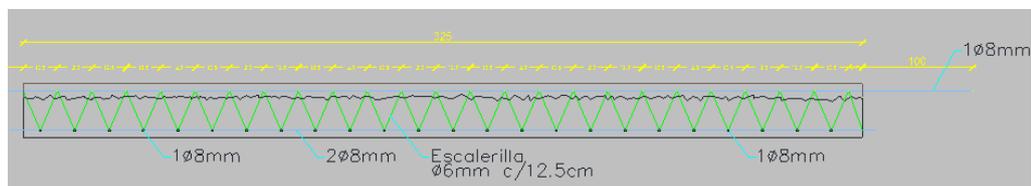


Figura 5.22. Armado longitudinal de nervios.
Fuente: Elaboración propia.

5.10.2 Cálculo de refuerzo transversal en vigas

En el diseño del refuerzo de corte para una envolvente de esfuerzos particular para un conjunto de combinaciones de carga en un punto de un esfuerzo máximo de corte implican la determinación de la fuerza de cizallamiento factorada. Para lo cual el criterio utilizado se basa en la determinación del

esfuerzo de corte que puede ser resistido por el hormigón, y la determinación del acero de refuerzo necesario para llevar el equilibrio.

El cálculo que se debe realizar, es establecido en la sección 5.1 de la **NEC-SE-HM** en donde se tiene:

$$\begin{aligned} \phi V_n &\geq V_u & \text{[Ecuación 12]} \\ V_n &= V_c + V_s \end{aligned}$$

Donde:

- V_c : Resistencia nominal al corte resistida por el hormigón
- V_s : Resistencia nominal al corte resistida por el acero de refuerzo.

V_c y V_s , serán calculadas cumpliendo los requerimientos establecidos en el numeral 11.2 del ACI-318-14.

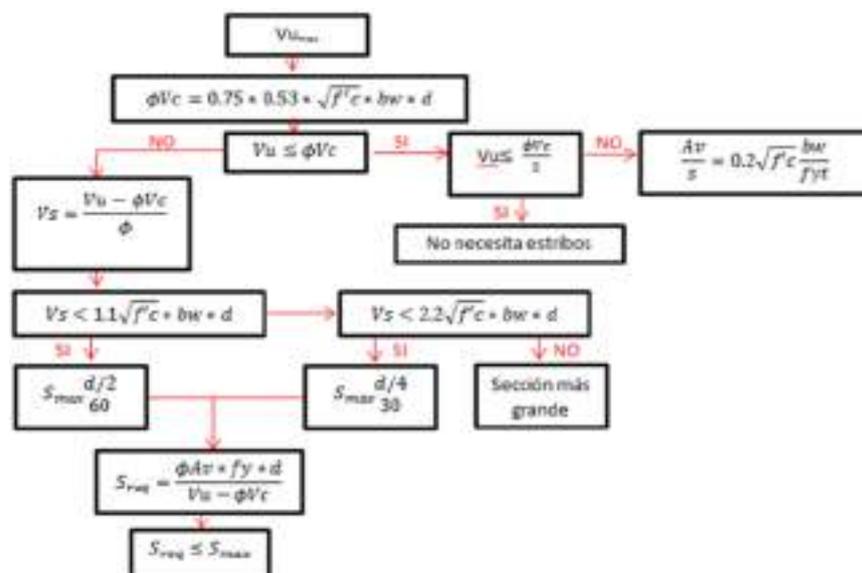


Figura 5.23. Diagrama de flujo para revisión de los elementos sometidos a esfuerzos cortantes.

Fuente: Elaboración propia.

Se realizará la revisión para las vigas en las 2 direcciones, y para la viga secundaria. Los esfuerzos cortantes críticos fueron obtenidos con el modelo tridimensional.

- Viga de entrepiso, dirección X:

| | |
|---|------|
| F_y (kg/cm²) | 4200 |
| F'_c (kg/cm²) | 240 |
| ancho (bw) | 30 |
| altura (d) | 46 |
| ØVc (ton) | 8.50 |

Para la viga presentada se cumple la condición de que $\Phi V_n \geq V_u$, pero no la condición de $\Phi V_c/2 \geq V_u$. Debido a esto, se procede a realizar el cálculo de diámetro de estribos y espaciamiento con la siguiente expresión:

$$\frac{A_v}{s} = 0,2 \sqrt{f'_c} \frac{bw}{f_{yt}} \quad \text{[Ecuación 13]}$$

Donde **A_v** es igual a 2 veces el área transversal del estribo y **F_{yt}** es el esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo.

Tabla XXIV.- Espaciamiento refuerzo transversal vigas sentido X. Bloque 12 aulas.

| | |
|---|-------|
| F_y (kg/cm²) | 4200 |
| F'_c (kg/cm²) | 240 |
| ancho (bw) | 30 |
| altura (d) | 46 |
| A_v (cm²) | 1.57 |
| S (cm) | 70.94 |
| S máx (cm) | 11.5 |
| S escogido (cm) | 10 |

El diámetro de estribos es de 10 mm con un espaciamiento de 10 cm a una distancia de la cuarta parte de la luz ($L/4$) medida desde los extremos y a 15 cm en el centro de la viga ($L/2$).

- Viga de entrepiso, dirección Y:

| | |
|--------------------------------|-------|
| Fy (kg/cm²) | 4200 |
| F'c (kg/cm²) | 240 |
| ancho (bw) | 35 |
| altura (d) | 56 |
| ØVc (ton) | 12.07 |

De la misma manera que en la viga del eje X, se cumple la condición de que $\Phi V_n \geq V_u$, pero no la condición de $\Phi V_c/2 \geq V_u$. Por lo tanto se procede a realizar el cálculo de **S**

Tabla XXV.- Espaciamiento refuerzo transversal vigas sentido Y. Bloque 12 aulas.

| | |
|--------------------------------|------|
| Fy (kg/cm²) | 4200 |
| F'c (kg/cm²) | 240 |
| ancho (bw) | 35 |
| altura (d) | 56 |
| Av (cm²) | 1.57 |
| S (cm) | 60.8 |
| S máx (cm) | 14 |
| S escogido (cm) | 10 |

El diámetro de estribos es de 10 mm con un espaciamiento de 10 cm a una distancia de la cuarta parte de la luz ($L/4$) medida desde los extremos y a 15 cm en el centro de la viga ($L/2$).

- Viga Secundaria:

| | |
|--------------------------------|------|
| Fy (kg/cm²) | 4200 |
| F'c (kg/cm²) | 240 |
| ancho (bw) | 25 |
| altura (d) | 42 |
| ØVc (ton) | 6.47 |

Para la viga secundaria se cumple la condición de que $\Phi V_n \geq V_u$, pero no la condición de $\Phi V_c/2 \geq V_u$. Por lo tanto se procede a realizar el cálculo de **S**.

Tabla XXVI.- Espaciamiento refuerzo transversal vigas secundarias. Bloque 12 aulas.

| | |
|--------------------------------|------|
| Fy (kg/cm²) | 4200 |
| F'c (kg/cm²) | 240 |
| ancho (bw) | 25 |
| altura (d) | 42 |
| Av (cm²) | 1.57 |
| S (cm) | 60.8 |
| S máx (cm) | 10.5 |
| S escogido (cm) | 10 |

El diámetro de estribos es de 10 mm con un espaciamiento de 10 cm a una distancia de la cuarta parte de la luz (L/4) medida desde los extremos y a 15 cm en el centro de la viga (L/2).

5.10.3 Cálculo de refuerzo longitudinal para las columnas

Se realizará el cálculo del refuerzo longitudinal requerido por el elemento según sea la sección, en su interacción bajo carga axial y momento, de acuerdo a la combinación de carga más crítica.

El procedimiento a seguir para el diseño de columnas de hormigón armado de la estructura consta de los siguientes pasos:

- Generación de las superficies de interacción momento-fuerza biaxial axiales para los diferentes tipos de secciones de hormigón en el modelo.
- Comprobar la capacidad de cada columna de la fuerza axial factorada y momentos por flexión obtenidos a partir de cada combinación de carga en cada extremo de la columna.

Para el bloque de 12 aulas que cuenta con 2 niveles, se obtuvo un predimensionamiento con una sola sección de 50cm x 50cm.

- Columna de nivel 2:

Para la columna del segundo nivel, con una cuantía mínima del 1%, se obtiene un área de acero de 25 cm².

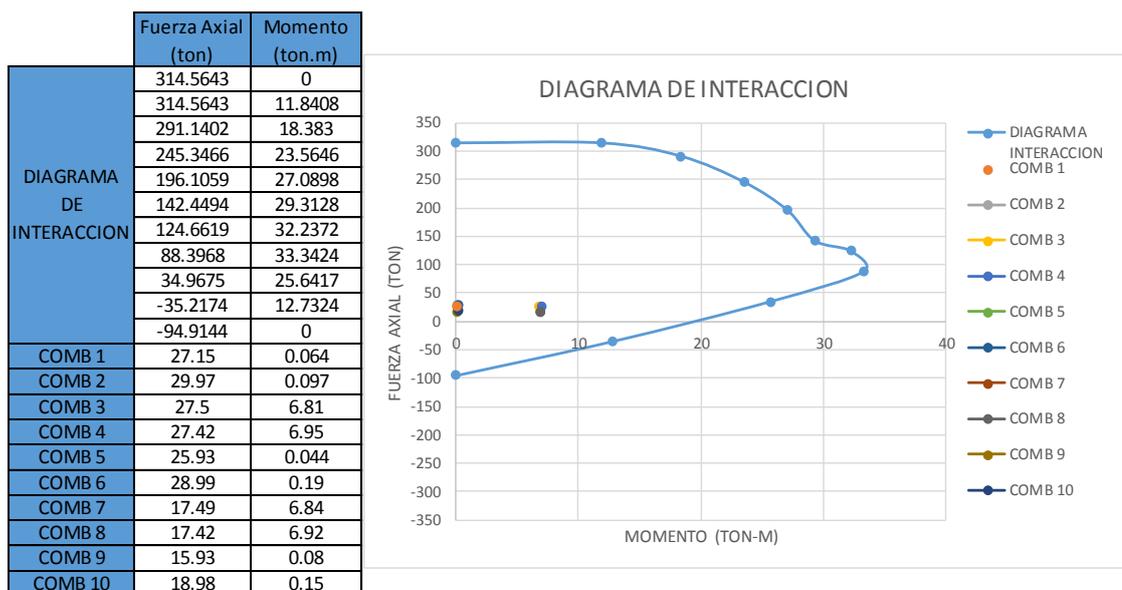


Figura 5.24. Diagrama interacción. Columna nivel 2 (50x50). Bloque 12 aulas.

Se observa que para las distintas combinaciones de cargas, los puntos de momento-carga axial se ubican dentro del diagrama de interacción, por lo tanto la capacidad de la columna propuesta resulta satisfactoria.

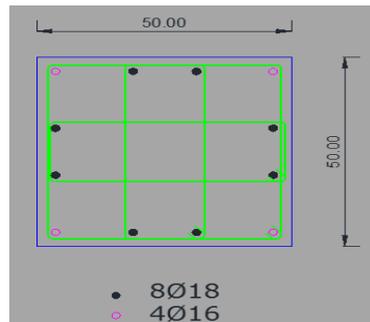


Figura 5.25. Sección transversal columna nivel 2.

- Columna de nivel 1:

Para la columna del primer nivel, se mantiene la misma sección, por lo tanto con la cuantía mínima del 1%, resulta un área de acero de 25 cm².

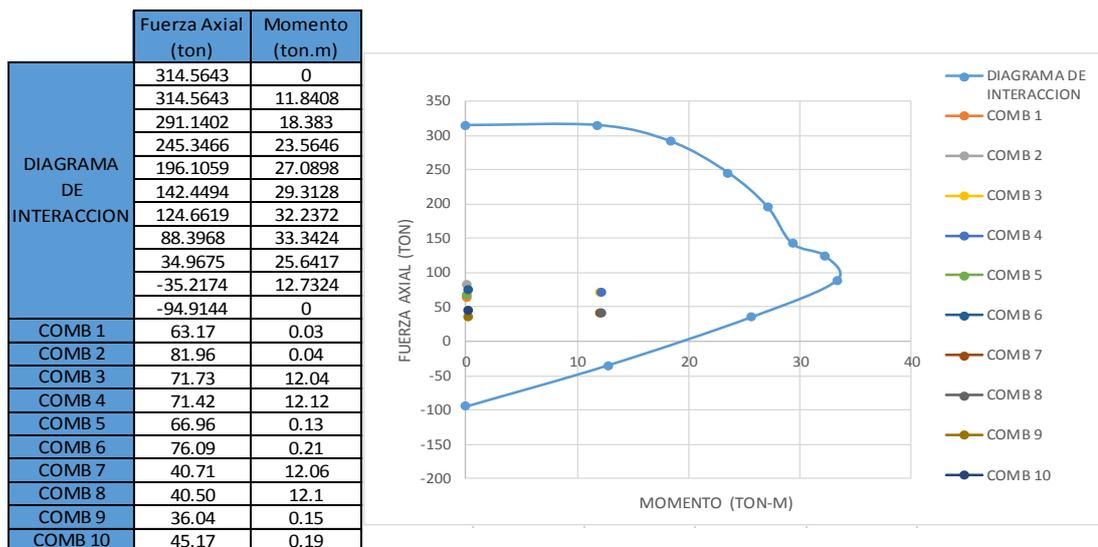


Figura 5.26. Diagrama interacción. Columna nivel 1 (50x50). Bloque 12 aulas.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que para las distintas combinaciones de cargas, los puntos de momento-carga axial vuelven a ubicarse dentro del diagrama de interacción, por lo tanto la capacidad de la columna propuesta continúa siendo satisfactoria.

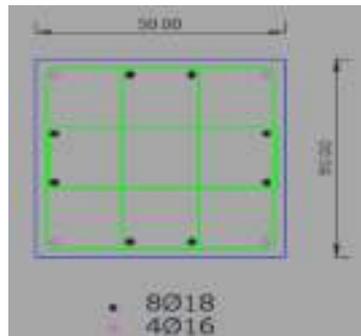


Figura 5.27. Sección transversal columna nivel 1.
Fuente: Elaboración propia.

5.10.4 Cálculo de refuerzo transversal en columnas

El refuerzo de diseño a corte en columnas tiene un procedimiento de cálculo muy similar al aplicado para vigas, excepto por la consideración del efecto de la fuerza axial en la capacidad de corte de hormigón.

La norma en la sección 11-4 del ACI 318-14, determina que la resistencia a cortante que aporta una sección a compresión de concreto debe ser calculada mediante la fórmula:

$$V_c = 0,17 \left\{ 1 + \frac{N_u}{14 * A_g} \right\} * \lambda \sqrt{f'_c} * b_w * d \quad \text{[Ecuación 14]}$$

Donde:

N_u = Carga considerada positiva para compresión y negativa para tensión.

Tabla XXVII.- Resistencia a cortante del concreto en columnas. Bloque 12 aulas.

| $\emptyset V_c$ COLUMNAS ENTREPISO 1 | | | $\emptyset V_c$ COLUMNAS ENTREPISO 2 | | |
|--------------------------------------|------------|----------------|--------------------------------------|-----------|----------------|
| b | 0.50 | m | b | 0.50 | m |
| Ag | 0.25 | m ² | Ag | 0.25 | m ² |
| N_u | 423102.89 | N | N_u | 166269.78 | N |
| N_u/Ag | 1692411.56 | Pa | N_u/Ag | 665079.12 | Pa |
| N_u/Ag | 1.69 | Mpa | N_u/Ag | 0.67 | Mpa |
| f'c | 24.00 | Mpa | f'c | 24.00 | Mpa |
| $\emptyset V_c$ | 0.23 | MN | $\emptyset V_c$ | 0.22 | MN |
| $\emptyset V_c$ | 233376.00 | N | $\emptyset V_c$ | 218170.80 | N |
| $\emptyset V_c$ | 23813.88 | Kg | $\emptyset V_c$ | 22262.33 | Kg |
| $\emptyset V_c$ | 23.81 | Ton | $\emptyset V_c$ | 22.26 | Ton |
| $\emptyset V_c/2$ | 11.91 | Ton | $\emptyset V_c/2$ | 11.13 | Ton |
| V_u | 12.41 | Ton | V_u | 15.00 | Ton |

Para ambos casos $\emptyset V_c/2 < V_u$, por lo tanto se procede a calcular S. Escogiendo un estribo de 10mm de diámetro, resulta un espaciamiento máximo de 11.5cm, por lo tanto se procede a escoger 10 cm de espacio entre estribos.

5.11 Diseño de Cimentación (bloque 12 aulas).

Para realizar el diseño de la cimentación, es necesario considerar lo estipulado en la Nec-15, sección NEC-SE-GC, capítulo 7.1, la cual indica que una cimentación es superficial si se cumple la relación $D_f/B \leq 4$.

De los estudios de suelos existentes, se conoce que el esfuerzo admisible del suelo es de 6.5 ton/m², y ya está considerado el factor de seguridad estipulado en la NEC-2015. Por esta razón se recomienda realizar una cimentación con vigas en los 2 sentidos para una mejor distribución de esfuerzos en el suelo.

El terreno donde se hará la implantación cuenta con un mejoramiento de suelo de 1m y un geotextil NT 2000, el cual cumplirá la función de dren natural. El desplante de la cimentación será de 70 cm.

Las cargas que transmite la estructura al suelo, son las siguientes: carga muerta, viva y carga sísmica. Estas cargas son dadas por el programa, el cuál considera la envolvente de esfuerzos resultante.

Todas las vigas serán diseñadas para la mayor flexión y esfuerzo cortante a partir de todas las combinaciones de carga. Se va a considerar que los aceros superiores corresponden a los efectos de momentos positivos y los inferiores por momentos negativos.

El refuerzo a corte se va a diseñar para la combinación de carga más crítica en cada sección de la viga. Se determinará la fuerza cortante factorada V_u , la fuerza de corte resistente del hormigón V_c , para finalmente obtener el refuerzo a corte necesario y llegar a una condición equilibrada.

Acero mínimo:

La armadura mínima a flexión en una viga de cimentación, se determina a partir del máximo valor entre los siguientes planteados:

$$A_s \text{ mín} = \left(\frac{0.8\sqrt{f'c}}{F_y} \right) * b_w * d \quad [\text{Ecuación 15}]$$

$$A_s \text{ mín} = \left(\frac{14}{F_y} \right) * b_w * d \quad [\text{Ecuación 16}]$$

Acero máximo:

Para los momentos positivos **A_s** y **A_s'** para los momentos negativos:

$$A_s \text{ máx} \leq 0.4 * b_w * d$$

$$A_s' \text{ máx} \leq 0.4 * b_w * d$$

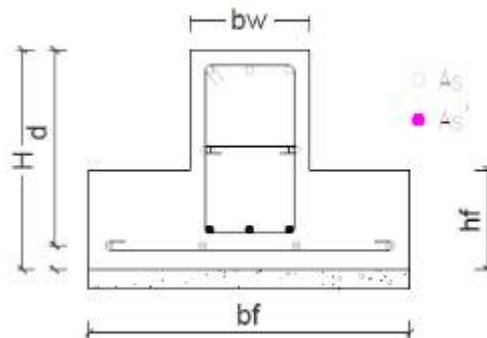


Figura 5.28. Sección tipo de la cimentación. Bloque 12 aulas.

5.12 Prediseño de elementos estructurales (bloque educación inicial)

Todos los elementos de pórticos o estructuras continuas deben diseñarse para resistir los efectos máximos producidas por las cargas mayoradas.

Para el estudio se usará el capítulo 4 de la NEC-15 y el capítulo 18 del ACI-318 en donde se establecen las dimensiones mínimas para elementos estructurales sismo-resistentes.

| Límites dimensionales para vigas | |
|----------------------------------|---------------------|
| Ln: Luz libre | bw: ancho de viga |
| $Ln > 4d$ | $bw > 250\text{mm}$ |

Figura 5.29. Límites dimensionales para vigas
Fuente: ACI-318-14

| Límites dimensionales para columnas | |
|-------------------------------------|---------------|
| a: lado 1 | a: lado menor |
| b: lado 2 | b: lado mayor |
| $a, b \geq 300\text{ mm}$ | $a/b > 0.4$ |

Figura 5.30. Límites dimensionales para columnas.
Fuente: ACI-318-14

Los cálculos en el prediseño en el bloque de 12 de aulas, nos dan la siguientes dimensiones, las cuales van a ser revisadas en el modelo estructural tridimensional.

- Vigas en el sentido "X" planta baja, **b=30 cm. h=50 cm.**
- Vigas en el sentido "Y" planta baja, **b=30 cm. h=50 cm**
- Columnas desde la cimentación, **45x45 cm.**

- Viga secundaria planta baja, **b=25 cm. h=45 cm.**
- Viga faldon planta baja, **b=15 cm. h=50 cm.**

Las dimensiones establecidas en el prediseño, sirven para establecer las cargas muertas por metro cuadrado de los elementos estructurales y posteriormente hallar el peso sísmico efectivo.

Tabla XXVIII.- Carga muerta de elementos estructurales. Bloque educación inicial.

| CARGA MUERTA ELEMENTOS ESTRUCTURALES | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|------|------|-------------|---------|-------------------------|-----------------|
| | Cantidad | H(m) | b(m) | Longitud(m) | Vol(m3) | Peso específico (kg/m3) | w total(kg) |
| Vigas eje X planta baja | 4 | 0.50 | 0.30 | 4.95 | 2.97 | 2400.00 | 7128.00 |
| Vigas eje X planta baja | 4 | 0.50 | 0.30 | 4.05 | 2.43 | 2400.00 | 5832.00 |
| Vigas eje Y planta baja | 6 | 0.50 | 0.30 | 9.40 | 8.46 | 2400.00 | 20304.00 |
| Columnas planta baja | 12 | 0.45 | 0.45 | 3.75 | 9.11 | 2400.00 | 21870.00 |
| TOTAL (kg) | | | | | | | 55134.00 |
| Área planta baja(m2) | | | | | | | 227 |
| W por metro cuadrado(kg/m2) | | | | | | | 242.88 |

El peso de los elementos estructurales, va a ser tomado de 280kg/m² para un diseño conservador. El espesor de la losa será estimado usando la tabla 9.5 del código ACI-318, tomando en consideración la condición más crítica.

| | Espesor mínimo, <i>h</i> | | | |
|---|---|-------------------------|--------------------------|-------------------|
| | Simplemente apoyados | Con un Extremo continuo | Ambos Extremos continuos | En voladizo |
| Elementos | Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes. | | | |
| Losas macizas en una dirección | $\frac{\ell}{20}$ | $\frac{\ell}{24}$ | $\frac{\ell}{28}$ | $\frac{\ell}{10}$ |
| Vigas o losas nervadas en una dirección | $\frac{\ell}{16}$ | $\frac{\ell}{18.5}$ | $\frac{\ell}{21}$ | $\frac{\ell}{8}$ |

Figura 5.31. Espesores mínimos de losa.

Fuente: ACI-318-14

| | |
|------------------|--------------------------|
| espesor mínimo h | $3.25/16= 0.203\text{m}$ |
| espesor escogido | 0.25 m |

La sección de la losa nervada es:

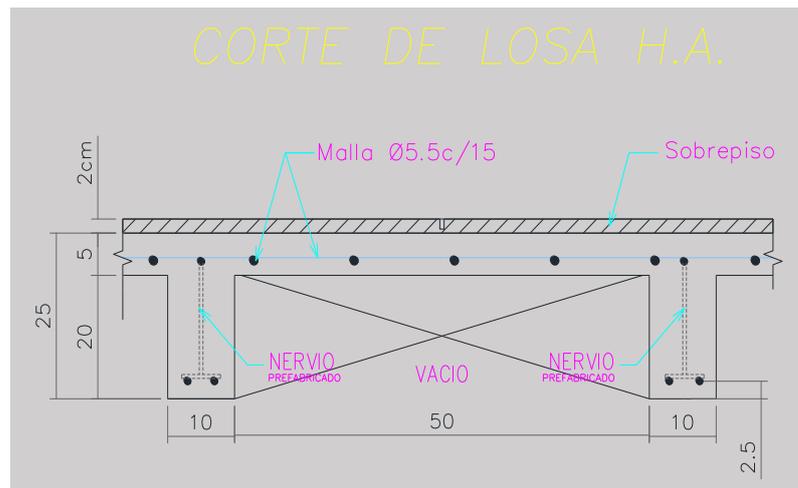


Figura 5.32. Sección losa tipo. Bloque educación inicial.

5.12.1 Cálculo de Carga Muerta

Para el cálculo definitivo de las cargas muertas, se consideran las cargas de los elementos estructurales, de la losa y las cargas permanentes: cerámica, mampostería, enlucidos. Las cargas permanentes fueron estimadas a partir de datos en la NEC-15 y de estándares establecidos por diseñadores estructurales para el tipo de edificación del proyecto.

Tabla XXIX.- Cálculo carga muerta. Bloque educación inicial.

| CARGA MUERTA | |
|--------------------------------|------------------------|
| | CUBIERTA |
| | W (kg/m ²) |
| LOSA | 190 |
| ELEMENTOS ESTRUCTURALES | 280 |
| MAPOSTERIA | |
| MASILLADO y ENLUCIDOS | 80 |
| CERAMICA | |
| TOTAL CM. PERMANENTE | ✓ 550 |

5.12.2 Cálculo de Carga Viva

La carga viva que se utilizará, será la mayor definida para el tipo de edificación en estudio. Se encuentra expresada en la sección 4.2.1 del capítulo 1 NEC-15.

Tabla XXX.- Carga viva. Bloque educación inicial

| CARGA VIVA | | |
|--------------------|-----|-------------------|
| AULAS | 200 | kg/m ² |
| CORREDORES | 480 | kg/m ² |
| CUBIERTA | 150 | kg/m ² |
| BIBLIOTECAS | 720 | kg/m ² |
| ESCALERAS | 480 | kg/m ² |
| BALCONES | 480 | kg/m ² |

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

5.12.3 Cálculo de Carga Sísmica

La carga sísmica, será calculada considerando los pesos en entrepiso y cubierta de la edificación, ésta carga será distribuida en fuerzas horizontales en las dos direcciones X y Y.

Tabla XXXI.- Peso sísmico efectivo (ton). Bloque educación inicial

| Carga Sísmica efectiva | | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|------------------|------------------|
| | Área(m2) | Wd(kg/m2) | Wt(kg) |
| Cubierta | 227.00 | 550.00 | 124850.00 |
| | Total(kg) | | 124850.00 |
| | Peso Sísmico efectivo(ton) | | 124.85 |

5.12.4 Distribución de fuerzas horizontales

La distribución de fuerzas horizontales se la realizara mediante lo establecido en la norma NEC-15 en la sección 6.3.5 del capítulo 2 'Distribución vertical de fuerzas laterales', la cual indica que la distribución de las fuerzas será a lo largo de la altura de la edificación. La expresión que se usa es la siguiente:

$$V = \sum_{i=1}^n F_i ; V_x = \sum_{i=x}^n F_i ; F_x = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} V$$

En donde K se evalúa de la siguiente manera:

- Para valores de $T \leq 0.5s$; $K=1.0$
- Para valores de $0.5s < T \leq 2.5s$; $K= 0.75+0.50T$
- Para valores de $T>2.5s$, $K=2.0$

El valor de K depende del período fundamental de la estructura, el cual fue calculado previamente y tiene un valor de 0.181 s, por lo tanto se ubica en el primer caso $T \leq 0.5s$; $K=1.0$.

| | |
|---------------|---------------|
| V | 0.151%W |
| V | 0.151(124.85) |
| V(ton) | 18.85 |

Tabla XXXII.- Fuerza sísmica lateral. Bloque educación inicial.

| Nivel | hx(m) | Wx | Wx*hx^K | Cv | Fx |
|----------|-------|-----------|----------------|----|-------|
| Cubierta | 3.75 | 124.85 | 468.187 | 1 | 18.85 |
| | | $\Sigma=$ | 468.187 | | |

Se obtiene la siguiente distribución de fuerzas horizontales en la estructura:

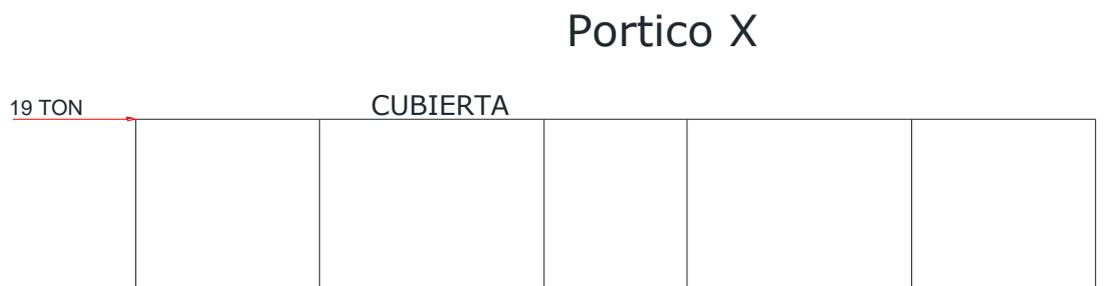


Figura 5.33. Fuerzas horizontales pórtico X. Bloque educación inicial.
Fuente: Elaboración propia.

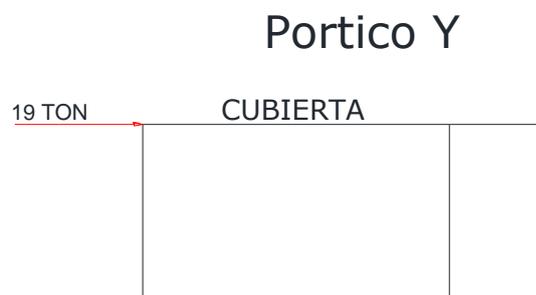


Figura 5.34. Fuerzas horizontales pórtico Y. Bloque educación inicial.
Fuente: Elaboración propia.

5.13 Resultados del análisis SAP 2000 (Educación Inicial)

Al ejecutar el modelo tridimensional, se obtuvieron los siguientes resultados:

- El período de vibración de la estructura obtenido en el programa es de 0.18 s, no afecta en el análisis previo debido a que para ese período se

mantiene el coeficiente de 0.15 y por lo tanto las fuerzas horizontales son las mismas.

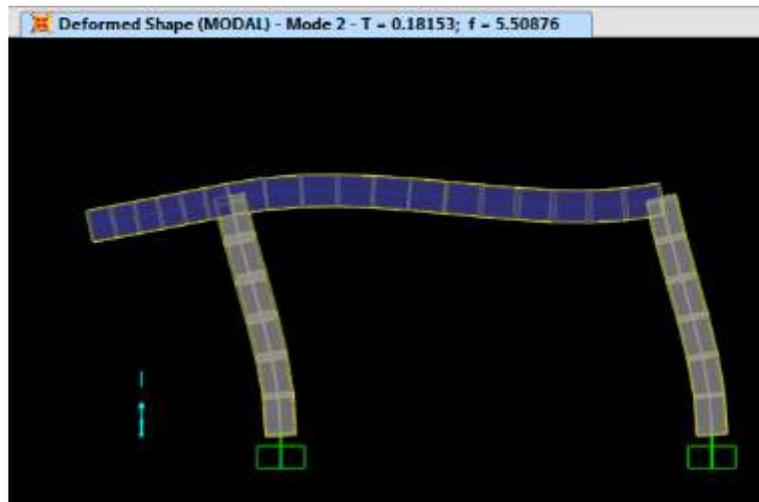


Figura 5.35. Modelo tridimensional bloque educación inicial. SAP 2000
Fuente: Elaboración propia.

- Las deriva ocasionada, resulta ser insignificante por tratarse de una estructura de un solo piso.
- Los momentos flectores de las vigas de cubierta en la dirección de X tienen como valor máximo 3.26 ton-m y el cortante máximo es de 4.66 ton.

| Design Moments, M3 | | Positive Moment | Negative Moment | Special +Moment | Special -Moment |
|---------------------------------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | 1.632 | -3.264 | 1.632 | -3.264 |
| Flexural Reinforcement for Moment, M3 | | Required Rebar | +Moment Rebar | -Moment Rebar | Minimum Rebar |
| Top | (+2 Axis) | 2.586E-04 | 0.000 | 1.939E-04 | 2.586E-04 |
| Bottom | (-2 Axis) | 1.283E-04 | 9.624E-05 | 0.000 | 1.283E-04 |
| Shear Reinforcement for Shear, U2 | | Rebar | Shear | Shear | Shear |
| | | Av/s | Uu | phi*Uc | phi*Us |
| | | 2.500E-04 | 4.661 | 8.318 | 3.559 |
| | | | | | Up |
| | | | | | 1.777 |

- Los momentos flectores de las vigas de cubierta en la dirección de Y tienen como valor máximo 6.75 ton-m y el cortante máximo es de 5 ton.

| Design Moments, M3 | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | Positive Moment | Negative Moment | Special +Moment | Special -Moment |
| | | 3.374 | -6.748 | 3.374 | -6.748 |
| Flexural Reinforcement for Moment, M3 | | | | | |
| | | Required Rebar | +Moment Rebar | -Moment Rebar | Minimum Rebar |
| Top | (+2 Axis) | 4.500E-04 | 0.000 | 4.077E-04 | 4.500E-04 |
| Bottom | (-2 Axis) | 2.674E-04 | 2.006E-04 | 0.000 | 2.674E-04 |
| Shear Reinforcement for Shear, U2 | | | | | |
| | | Rebar Av/s | Shear Uu | Shear phi*Uc | Shear phi*Us |
| | | 2.500E-04 | 5.002 | 8.318 | 3.559 |
| | | | | | Shear Up |
| | | | | | 1.890 |

- Los momentos flectores de la viga secundaria tienen como valor máximo 3.26 ton-m y el cortante máximo es de 4.66 ton.

| Design Moments, M3 | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | Positive Moment | Negative Moment | Special +Moment | Special -Moment |
| | | 1.632 | -3.264 | 1.632 | -3.264 |
| Flexural Reinforcement for Moment, M3 | | | | | |
| | | Required Rebar | +Moment Rebar | -Moment Rebar | Minimum Rebar |
| Top | (+2 Axis) | 2.586E-04 | 0.000 | 1.939E-04 | 2.586E-04 |
| Bottom | (-2 Axis) | 1.283E-04 | 9.624E-05 | 0.000 | 1.283E-04 |
| Shear Reinforcement for Shear, U2 | | | | | |
| | | Rebar Av/s | Shear Uu | Shear phi*Uc | Shear phi*Us |
| | | 2.500E-04 | 4.661 | 8.318 | 3.559 |
| | | | | | Shear Up |
| | | | | | 1.777 |

- Con los valores de los momentos flectores y cortantes, de la misma manera que se realizó para el bloque de 12 aulas, se procede a tomar los valores más críticos para el diseño de las vigas en cada una de las direcciones.

5.13.1 Cálculo de refuerzo longitudinal en vigas

- Viga faldón de cubierta presenta los siguientes valores y requisitos de acero longitudinal.

Tabla XXXIII.- Acero longitudinal de viga Faldón. Bloque educación inicial.

| PORTICO X | | | | | | | | |
|-------------------|----------------|----|-----------|----------------|-------------------|---------|------------|--------|
| | | | Mu(ton.m) | Acero continuo | Acero de refuerzo | As(cm2) | ØMn(ton.m) | ØMn>Mu |
| extremo izquierdo | viga eje (1-2) | M+ | 2,34 | 2Ø12 | | 2,26 | 4,93 | ok |
| | | M- | 4,66 | 2Ø12 | | 2,26 | 4,93 | ok |
| extremo derecho | | M+ | 1,54 | 2Ø12 | | 2,26 | 4,93 | ok |
| | | M- | 2,34 | 2Ø12 | | 2,26 | 4,93 | ok |
| extremo izquierdo | viga eje (2-3) | M+ | 1,62 | 2Ø12 | | 2,26 | 4,93 | ok |
| | | M- | 3,24 | 2Ø12 | | 2,26 | 4,93 | ok |
| extremo derecho | | M+ | 1,74 | 2Ø12 | | 2,26 | 4,93 | ok |
| | | M- | 3,50 | 2Ø12 | | 2,26 | 4,93 | ok |
| extremo izquierdo | viga eje (3-4) | M+ | 1,74 | 2Ø12 | | 2,26 | 4,93 | ok |
| | | M- | 3,50 | 2Ø12 | | 2,26 | 4,93 | ok |
| extremo derecho | | M+ | 1,74 | 2Ø12 | | 2,26 | 4,93 | ok |
| | | M- | 3,50 | 2Ø12 | | 2,26 | 4,93 | ok |
| extremo izquierdo | viga eje (5-6) | M+ | 1,54 | 2Ø12 | | 2,26 | 4,93 | ok |
| | | M- | 2,34 | 2Ø12 | | 2,26 | 4,93 | ok |
| extremo derecho | | M+ | 2,34 | 2Ø12 | | 2,26 | 4,93 | ok |
| | | M- | 4,66 | 2Ø12 | | 2,26 | 4,93 | ok |

- Viga V1 del eje A y B presenta los siguientes valores y requisitos de acero longitudinal.

Tabla XXXIV.- Acero longitudinal de vigas sentido X. Bloque educación inicial.

| PORTICO X | | | | | | | | | |
|-----------|-------------------|----------------|----|-----------|----------------|-------------------|---------|------------|--------|
| | | | | Mu(ton.m) | Acero continuo | Acero de refuerzo | As(cm2) | ØMn(ton.m) | ØMn>Mu |
| CUBIERTA | extremo izquierdo | viga eje (1-2) | M+ | 5,15 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,93 | ok |
| | | | M- | 6,25 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,93 | ok |
| | extremo derecho | | M+ | 5,18 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,93 | ok |
| | | | M- | 6,48 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,93 | ok |
| | extremo izquierdo | viga eje (2-3) | M+ | 1,51 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,93 | ok |
| | | | M- | 4,66 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,93 | ok |
| | extremo derecho | | M+ | 1,51 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,93 | ok |
| | | | M- | 5,17 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,93 | ok |
| | extremo izquierdo | viga eje (3-4) | M+ | 1,69 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,93 | ok |
| | | | M- | 5,53 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,93 | ok |
| | extremo derecho | | M+ | 1,69 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,93 | ok |
| | | | M- | 4,66 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,93 | ok |
| | extremo izquierdo | viga eje (5-6) | M+ | 5,18 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,93 | ok |
| | | | M- | 6,48 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,93 | ok |
| | extremo derecho | | M+ | 5,16 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,93 | ok |
| | | | M- | 6,25 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,93 | ok |

- Viga V3 del eje 2-3-4-5 presenta los siguientes valores y requisitos de acero longitudinal.

Tabla XXXV.- Acero longitudinal de vigas sentido Y. Bloque educación inicial.

| | | PORTICO Y | | | | | | | |
|----------|-------------------|----------------|----|-----------|----------------|-------------------|----------------------|------------|--------|
| | | | | Mu(ton.m) | Acero continuo | Acero de refuerzo | As(cm ²) | ØMn(ton.m) | ØMn>Mu |
| CUBIERTA | extremo izquierdo | Tramo volado | M+ | 4,75 | 3Ø16 | | 6,03 | 11,50 | ok |
| | | | M- | 4,75 | 3Ø16 | 2Ø14 | 9,11 | 13,15 | ok |
| | extremo derecho | | M+ | 8,63 | 3Ø16 | | 6,03 | 11,50 | ok |
| | | | M- | 11,51 | 3Ø16 | 2Ø14 | 9,11 | 13,15 | ok |
| | extremo izquierdo | viga eje (A-B) | M+ | 9,77 | 3Ø16 | | 6,03 | 11,50 | ok |
| | | | M- | 12,93 | 3Ø16 | 2Ø14 | 9,11 | 13,15 | ok |
| | extremo derecho | | M+ | 9,77 | 3Ø16 | | 6,03 | 11,50 | ok |
| | | | M- | 9,77 | 3Ø16 | | 6,03 | 11,50 | ok |

- Viga secundaria presenta los siguientes valores y requisitos de acero longitudinal.

Tabla XXXVI.- Acero longitudinal de vigas secundarias. Bloque educación inicial.

| | | PORTICO X | | | | | | | |
|----------|-------------------|----------------|----|-----------|----------------|-------------------|----------------------|------------|--------|
| | | | | Mu(ton.m) | Acero continuo | Acero de refuerzo | As(cm ²) | ØMn(ton.m) | ØMn>Mu |
| CUBIERTA | extremo izquierdo | viga eje (1-2) | M+ | 5,55 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,67 | ok |
| | | | M- | 7,40 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,67 | ok |
| | extremo derecho | | M+ | 7,25 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,67 | ok |
| | | | M- | 7,65 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,67 | ok |
| | extremo izquierdo | viga eje (2-3) | M+ | 2,11 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,67 | ok |
| | | | M- | 7,24 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,67 | ok |
| | extremo derecho | | M+ | 2,11 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,67 | ok |
| | | | M- | 7,24 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,67 | ok |
| | extremo izquierdo | viga eje (3-4) | M+ | 2,36 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,67 | ok |
| | | | M- | 7,74 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,67 | ok |
| | extremo derecho | | M+ | 2,36 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,67 | ok |
| | | | M- | 7,74 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,67 | ok |
| | extremo izquierdo | viga eje (5-6) | M+ | 7,25 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,67 | ok |
| | | | M- | 7,65 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,67 | ok |
| | extremo derecho | | M+ | 5,55 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,67 | ok |
| | | | M- | 7,40 | 3Ø14 | | 4,62 | 7,67 | ok |

- Nervio presenta los siguientes valores y requisitos de acero longitudinal.

Tabla XXXVII.- Acero longitudinal de nervios. Bloque educación inicial.

| NERVIO | | | | | | | | |
|-------------------|--------|----|-----------|----------------|-------------------|---------|-------------------|----------------|
| | | | Mu(ton.m) | Acero continuo | Acero de refuerzo | As(cm2) | ϕMn (ton.m) | $\phi Mn > Mu$ |
| extremo izquierdo | NERVIO | M+ | 0.22 | 2 ϕ 6 | | 0.56 | 0.34 | ok |
| | | M- | 0.09 | 1 ϕ 8 | | 0.5 | 0.27 | ok |
| centro | | M+ | 0.44 | 2 ϕ 6 | | 0.56 | 0.34 | ok |
| | | M- | 0 | 1 ϕ 8 | | 0.5 | 0.27 | ok |
| extremo izquierdo | | M+ | 0.22 | 2 ϕ 6 | | 0.56 | 0.34 | ok |
| | | M- | 0.09 | 1 ϕ 8 | | 0.5 | 0.27 | ok |

5.13.2 Cálculo de refuerzo transversal en vigas

Se realizará revisión para las vigas en las 2 direcciones, y para la viga secundaria. Los esfuerzos cortantes críticos fueron obtenidos con el modelo tridimensional.

- Viga de entrepiso, dirección X:

| | |
|-----------------------------------|------|
| Fy (kg/cm2) | 4200 |
| F'c (kg/cm2) | 240 |
| ancho (bw) | 30 |
| altura (d) | 46 |
| ϕVc (ton) | 8.50 |

Se cumple la condición de que $\phi Vn \geq Vu$, pero no la condición de $\phi Vc/2 \geq Vu$.

Se procede a realizar el cálculo de **S**.

Tabla XXXVIII.- Espaciamento refuerzo transversal vigas sentido X. Bloque educación inicial.

| | |
|------------------------|------|
| Fy (kg/cm2) | 4200 |
| F'c (kg/cm2) | 240 |
| ancho (bw) | 30 |
| altura (d) | 46 |
| Av (cm2) | 1.57 |
| S (cm) | 60.8 |
| S máx (cm) | 11.5 |
| S escogido (cm) | 10 |

El diámetro de estribos es de 10 mm con un espaciamiento de 10 cm a una distancia de la cuarta parte de la luz (L/4) medida desde los extremos y a 15 cm en el centro de la viga (L/2).

- Viga de entrepiso, dirección Y:

| | |
|---|------|
| F_y (kg/cm²) | 4200 |
| F'_c (kg/cm²) | 240 |
| ancho (bw) | 30 |
| altura (d) | 46 |
| ∅Vc (ton) | 8.50 |

Se cumple la condición de que $\Phi V_n \geq V_u$, pero no la condición de $\Phi V_c/2 \geq V_u$.

Se procede a realizar el cálculo de **S**.

Tabla XXXIX.- Espaciamiento refuerzo transversal vigas sentido Y. Bloque educación inicial.

| | |
|---|------|
| F_y (kg/cm²) | 4200 |
| F'_c (kg/cm²) | 240 |
| ancho (bw) | 30 |
| altura (d) | 46 |
| A_v (cm²) | 1.57 |
| S (cm) | 60.8 |
| S máx (cm) | 11.5 |
| S escogido (cm) | 10 |

El diámetro de estribos es de 10 mm con un espaciamiento de 10 cm a una distancia de la cuarta parte de la luz (L/4) medida desde los extremos y a 15 cm en el centro de la viga (L/2).

- Viga Secundaria:

| | |
|---|------|
| F_y (kg/cm²) | 4200 |
| F'_c (kg/cm²) | 240 |
| ancho (bw) | 25 |
| altura (d) | 42 |
| ∅Vc (ton) | 6.47 |

Para la viga secundaria del bloque de educación inicial, se cumple la condición de que $\Phi V_n \geq V_u$, pero no la condición de $\Phi V_c/2 \geq V_u$. Se procede a realizar el cálculo de **S**.

Tabla XL.- Espaciamiento refuerzo transversal vigas secundarias. Bloque educación inicial.

| | |
|---|------|
| F_y (kg/cm²) | 4200 |
| F'_c (kg/cm²) | 240 |
| ancho (bw) | 25 |
| altura (d) | 42 |
| A_v (cm²) | 1.57 |
| S (cm) | 60.8 |
| S máx (cm) | 10.5 |
| S escogido (cm) | 10 |

El diámetro de estribos es de 10 mm con un espaciamiento de 10 cm a una distancia de la cuarta parte de la luz (L/4) medida desde los extremos y a 15 cm en el centro de la viga (L/2).

5.13.3 Cálculo de refuerzo longitudinal para las columnas

El procedimiento a seguir para el diseño de columnas de hormigón armado de la estructura es el mismo que se siguió para el bloque de 12 aulas. Para Educación Inicial, se tiene un solo nivel, por lo tanto se analizará la columna más crítica.

- Columna:

El bloque de Educación inicial, cuenta con una sección predimensionada de 45 cm x 45 cm. La cuantía mínima es del 1%, por lo tanto el área de acero **A_s** será 20.25 cm².

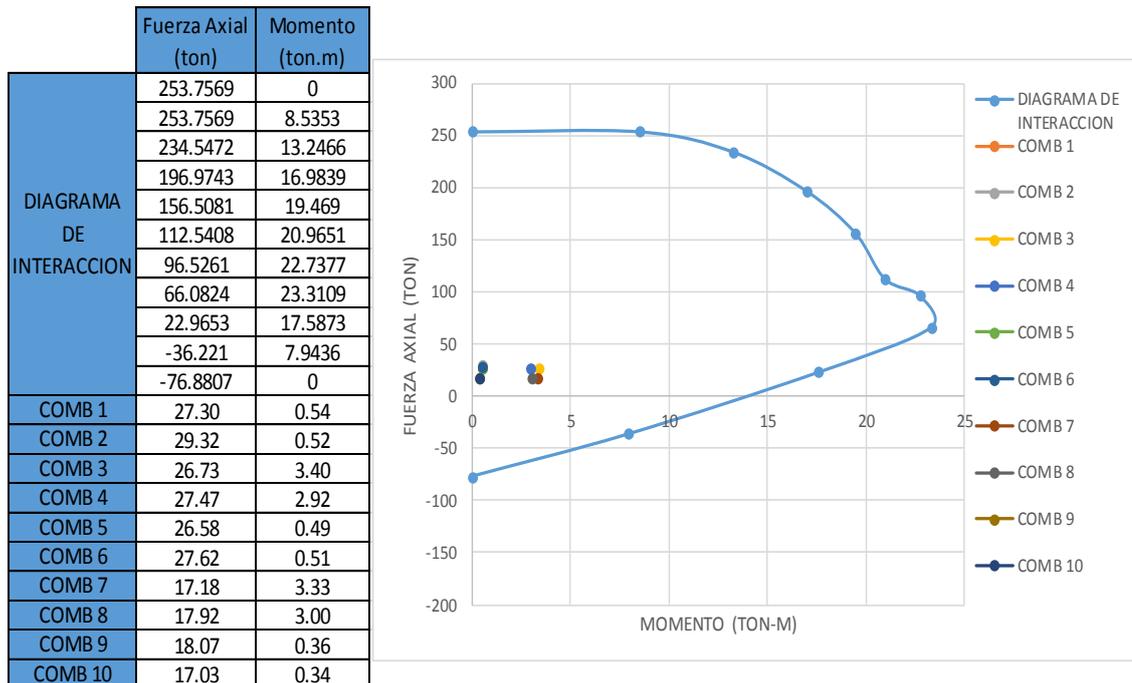


Figura 5.36. Diagrama de interacción. Columna (45x45). Bloque educación inicial.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que para las diferentes combinaciones de cargas, los puntos de momento-carga axial se ubican dentro del diagrama de interacción, por lo tanto la capacidad de la columna propuesta resulta satisfactoria.

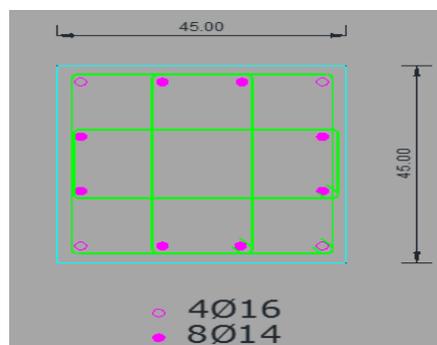


Figura 5.37. Sección transversal columna. Bloque educación inicial.

Fuente: Elaboración propia.

5.13.4 Cálculo de refuerzo transversal en columnas

Para el bloque de educación inicial se aplican las mismas consideraciones y fórmulas que fueron aplicadas en el bloque de 12 aulas. Obtenemos así los siguientes resultados:

Tabla XLI.- Resistencia a cortante del concreto. Bloque educación inicial.

| ØVc COLUMNAS ENTREPISO 1 | | |
|---------------------------------|-----------|----------------|
| b | 0.45 | m |
| Ag | 0.20 | m ² |
| N u | 150905.87 | N |
| N u/Ag | 754529.35 | Pa |
| N u/Ag | 0.75 | Mpa |
| f' c | 24.00 | Mpa |
| ØVc | 0.18 | MN |
| ØVc | 17773.61 | N |
| ØVc | 18136.39 | Kg |
| ØVc | 18.14 | Ton |
| ØVc/2 | 9.07 | Ton |
| Vu | 9.36 | Ton |

Se puede observar que la condición $\text{ØVc}/2 < \text{Vu}$ no se cumple, por lo tanto se procede a calcular S. Escogiendo un estribo de 10mm de diámetro, resulta un espaciamiento máximo de 10.25cm, por lo tanto se procede a escoger 10cm de espacio entre estribos.

5.14 Diseño de Cimentación (bloque educación inicial).

El diseño de cimentación, se realizará según las consideraciones estipuladas en la Nec-15, sección NEC-SE-GC, capítulo 7.1, la cual indica que una cimentación es superficial si se cumple la relación $Df/B \leq 4$.

De los estudios de suelos existentes, se conoce que el esfuerzo admisible del suelo es de 6.5 ton/m, razón por la cual se recomienda realizar una cimentación con vigas en los 2 sentidos para una mejor distribución de esfuerzos en el suelo.

Las cargas que transmite la estructura al suelo, son las siguientes: carga muerta, viva y carga sísmica. Estas cargas son dadas por el programa, el cuál considera la envolvente de esfuerzos resultante.

Todas las vigas serán diseñadas para la mayor flexión y esfuerzo cortante a partir de todas las combinaciones de carga. Se va a considerar que los aceros superiores corresponden a los efectos de momentos positivos y los inferiores por momentos negativos.

El refuerzo a corte se va a diseñar para la combinación de carga más crítica en cada sección de la viga. Se determinará la fuerza cortante factorada V_u , la fuerza de corte resistente del hormigón V_c , para finalmente obtener el refuerzo a corte necesario y llegar a una condición equilibrada.

El procedimiento de cálculo es el mismo que se realizó para el bloque de 12 aulas, sin embargo, el peso efectivo de la estructura es menor, razón por la cual, las dimensiones de los elementos de la cimentación serán menores y estarán detalladas en los respectivos planos estructurales.

5.15 Diseño de escalera

Se propone una escalera con 10 escalones de 30cm de huella y 18 cm de contrahuella, seguida de un descanso con huella de 3.10 m y contrahuella de 18 cm, y finalmente 10 escalones más de 30 cm de huella y 18 cm de contrahuella hasta llegar al primer piso alto.

Esta escalera estará apoyada sobre columnas debido a que es para una escuela se la calcula como un bloque diferente y tendrá bastante afluencia en las horas de entrada, recreo y salida de los estudiantes.

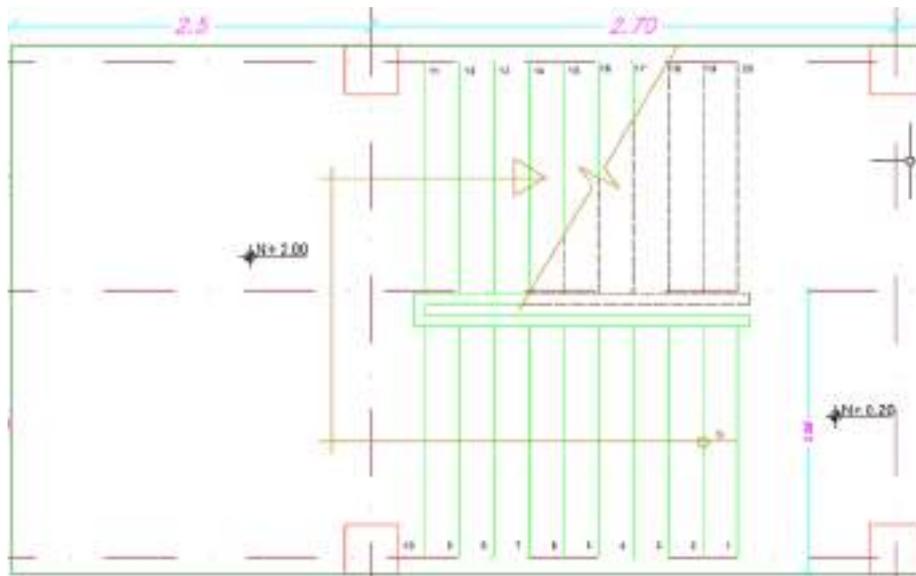


Figura 5.38. Vista en planta de escalera
Fuente. Elaboración propia

Para realizar el pre diseño se lo hará como una losa maciza de la siguiente forma:

Tabla XLIII.- Predimensionamiento de escalera

| 1. PREDIMENSIONADO | | | |
|---------------------------|---------------|---|---------------|
| Espesor de la escalera | | | |
| t = | $Ln/24$ | = | 0.22 m |
| t = | $Ln/25$ | = | 0.21 m |
| | USAR t | = | 0.25 m |

Tal como lo dice la norma se elige 0.25 como un factor de seguridad para la estructura a diseñar.

Para el cálculo de las cargas se va a tomar dos tramos, el de las escaleras y el de la losa del descanso como se muestra a continuación:

Tabla XLIIII.- Calculo de cargas

| Wu1 | TRAMO DESCANSO | | | | | | |
|------------|-----------------------|--|-------------------|--------------|--|--------------|---------------------|
| | Carga Muerta | | Carga Viva | | | | |
| P.P = | 1200.00 Kg/m | | S/C = | 960.00 Kg/m | | | |
| Acabados = | 200.00 Kg/m | | | | | | |
| | 1400.00 Kg/m | | | 960.00 Kg/m | | | |
| WD1 = | 1680.00 Kg/m | | WL1 = | 1536.00 Kg/m | | Wu1 = | 3216.00 Kg/m |

De la misma forma para el tramo de los escalones:

| Wu2 | TRAMO PASOS | | | | | | |
|------------|---------------------|--|-------------------|--------------|--|--------------|---------------------|
| | Carga Muerta | | Carga Viva | | | | |
| P.P = | 1766.07 Kg/m | | S/C = | 960.00 Kg/m | | | |
| Acabados = | 200.00 Kg/m | | | | | | |
| | 1966.07 Kg/m | | | 960.00 Kg/m | | | |
| WD1 = | 2359.29 Kg/m | | WL1 = | 1536.00 Kg/m | | Wu2 = | 3895.29 Kg/m |

Con estas cargas obtenidas se procede a calcular el momento máximo que se da en la sección donde el cortante es igual a cero, esto es a 2.64m desde donde empieza la escalera:

Tabla XLIV.- Calculo del momento máximo

| | | | |
|----------------|---------------|---|-----------|
| (+) Mu max = | 13560.62 Kg-m | | |
| (+) M diseño = | 10848.50 Kg-m | = | 10.85 T-m |

Se continúa con el cálculo del acero necesario para la escalera

Tabla XLV.- Calculo del acero para el armado principal

| | | |
|-------------------------------|-----------------------|-----------|
| Para Momento Positivo: | | 10.85 T-m |
| Asumiendo varilla de acero: | | 16mm |
| b = | 200.00 cm | |
| d = | 22.20 cm | |
| a = | 1.37 cm | |
| As (+) = | 13.34 cm ² | Ok! |
| As (+) = | 13.34 cm ² | |
| S = | 30.00 cm | |
| # Varillas = | 8 | |
| As min = | 7.99 cm ² | |

La varilla de 16mm tiene un área de 2.01 cm², entonces con 8 varillas tendrá un área de 16,08 cm² la cual cumple para el diseño espaciadas cada 30cm.

Mientras que para el momento negativo

Tabla XLVI.- Calculo del acero para el momento negativo

| | | |
|-------------------------------|----------------------|----------------|
| Para Momento Negativo: | | |
| Asumiendo varilla de acero: | | 14mm |
| As (-) = | 4.45 cm ² | Colocar As min |
| As (-) = | 7.99 cm ² | |
| S = | 38.50 cm | |
| S max = | 75.00 cm | |
| S max = | 45.00 cm | |
| S = | 38.50 cm | |
| # Varillas = | 6 | |

Usando una varilla de 14mm el área salió menor al área mínima que fue calculada anteriormente (7,99cm²), dio un área de 9,23cm² espaciados cada 38.5 cm.

De la misma forma se hizo el cálculo para el acero por motivos de temperatura, es decir para contrarrestar la retracción:

Tabla XLVI.- Calculo del acero por retracción

| | | |
|--------------------------------|----------------------|-----------|
| Para As de Temperatura: | | |
| As temp = | 4.50 cm ² | |
| As temp = | 2.25 cm ² | Dos capas |
| Asumiendo varilla de acero: | 8mm | |
| S = | 22.00 cm | |
| S max = | 125.00 cm | |
| S max = | 45.00 cm | |
| S = | 22.00 cm | |

Se utilizará una malla de 8mm tanto en la parte superior como en la inferior.

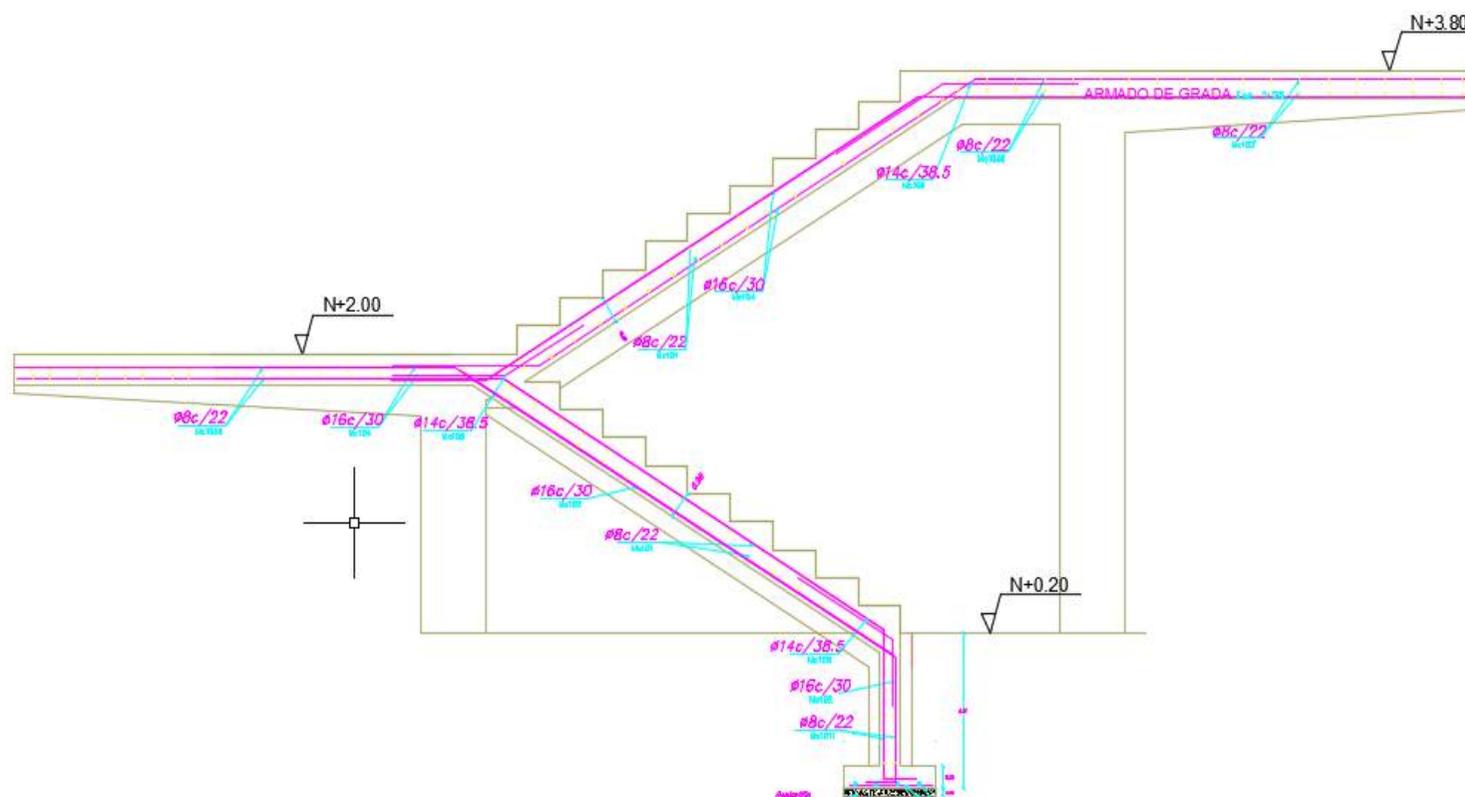


Figura 5.39. Armado de la escalera
Fuente. Elaboración propia

CAPITULO VI

6. DISEÑO HIDROSANITARIO

6.1 Diseño Hidrosanitario

El diseño hidrosanitario para el presente proyecto comprende: Sistema de agua potable y Sistema de aguas servidas. Para el cálculo de demandas y descargas se utilizará como referencia principal la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC11)

El estudio a realizarse debe tener en consideración lo existente en el centro educativo. La red de agua potable, aguas servidas y la planta de tratamiento actual, debe revisarse para verificar si cumple con las demandas requeridas por el sistema sin que haya algún tipo de afectación o colapso.

6.2 Sistema de agua potable

El sistema de agua potable es el conjunto de obras que tienen como fin proporcionar de líquido vital en condiciones de calidad y cantidad a una población establecida.

Para el proyecto en mención se va a realizar únicamente el diseño de las redes internas que se necesitan en la ampliación de la Unidad Educativa, dado que el sistema de abastecimiento de agua potable público externo, es competencia del Municipio de Babahoyo.

La metodología que se va a emplear para el dimensionamiento de las tuberías de agua potable es la de Hunter. La cual consiste en hallar el caudal máximo probable en litros por segundo según la demanda de los diferentes aparatos de consumo.

A continuación se procede a describir los elementos constituidos en el sistema y el proceso de cálculo empleado.

6.2.1 Cisterna

En la Unidad Educativa Réplica Eugenio Espejo actualmente cuentan con una cisterna, la cual tiene una capacidad de 45 m³.

La cisterna es de hormigón armado, cuenta con un sistema de aireación, una escalera y un desagüe, la tapa es metálica de (0.60m x 0.60m). Tiene un cerramiento de mampostería y rejas que sirven para mantener la seguridad necesaria.

El lugar donde se encuentra ubicada, no va a producir afectación a la red de distribución nueva, puesto que se encuentra dentro de los límites permisibles para el sistema de bombeo.

A continuación, se presenta la tabla de cálculo, donde se determina la capacidad requerida para una unidad educativa de tipología mayor, tomando en consideración la tabla 16.2 de la NEC-11 que establece dotaciones para edificaciones de uso específico.

| Tipo de edificación | Unidad | Dotación |
|---|---------------------------------|------------|
| Consultorios médicos y clínicas con hospitalización | L/ocupante/día | 500 a 1000 |
| Cuarteles | L/persona/día | 150 a 350 |
| Escuelas y colegios | L/estudiante/día | 20 a 50 |
| Hospitales | L/cama/día | 800 a 1300 |
| Hoteles hasta 3 estrellas | L/ocupante/día | 150 a 400 |
| Hoteles de 4 estrellas en adelante | L/ocupante/día | 350 a 800 |
| Internados, hogar de ancianos y niños | L/ocupante/día | 200 a 300 |
| Jardines y ornamentación con recirculación | L/m ² /día | 2 a 8 |
| Lavanderías y tintorerías | L/kg de ropa | 30 a 50 |
| Mercados | L/puesto/día | 100 a 500 |
| Oficinas | L/persona/día | 50 a 90 |
| Piscinas | L/m ² área útil/día | 15 a 30 |
| Prisiones | L/persona/día | 350 a 600 |
| Salas de fiesta y casinos | L/ m ² área útil/día | 20 a 40 |
| Servicios sanitarios públicos | L/mueble sanitario/día | 300 |
| Talleres, industrias y agencias | L/trabajador/jornada | 80 a 120 |
| Terminales de autobuses | L/pasajero/día | 10 a 15 |
| Universidades | L/estudiante/día | 40 a 60 |
| Zonas industriales, agropecuarias y fábricas* | L/s/Ha | 1 a 2 |

Figura 6.1. Dotaciones para edificaciones según su uso.

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Se considera un volumen para incendios, el cual según la norma debe ser de 18m³ como mínimo.

Tabla XLIV.- Volumen de agua necesario (m³).

| | Población (hab.) | Dotación. (l/hab./día) | Demanda. (m³/día). | Incendios (m³) | Volumen Total (m³) |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--|--------------------------------------|--|
| Estudiantes | 1140 | 30 | 34.2 | 18 | 56.2 |
| Profesores | 80 | 50 | 4 | | |

El volumen requerido en la cisterna, para que no exista un desabastecimiento debe ser de 57 m³. Este volumen va a sufrir un variación, debido a que su interior debe tener una altura de aireación de 0.30m como mínimo.

Existe una diferencia neta de 12 m³ con respecto al volumen requerido luego de la ampliación, por lo tanto se procederá a realizar una cisterna con esa capacidad. El lugar más idóneo para la ubicación de la misma, será contiguo a los bloques de educación inicial que serán construidos.

6.2.2 Sistema de bombeo

El sistema de abastecimiento que se va a utilizar, será el mismo con el que cuenta la institución actualmente, un sistema de bombeo constante. Se debe implementar un sistema similar para la nueva cisterna que debe construirse, el análisis para la potencia de la bomba y los demás elementos, se lo presentará más adelante.

El bloque de 12 aulas, va a ser abastecido por la cisterna existente, por lo tanto se debe implementar una red de distribución solo para ese bloque. El análisis de diámetros de tuberías requeridas, también será presentado más adelante.

El sistema de bombeo comprende: bombas centrífugas, tanques hidroneumáticos, tablero de control y accesorios.

6.2.3 Estimación de caudales

Para poder determinar los caudales de diseño, se debe partir de los gastos instantáneos de los diferentes aparatos de consumo y mediante el método de Hunter se procede a obtener el Caudal Máximo Probable, debido a que no todos los artefactos sanitarios funcionarán al mismo tiempo.

Las demandas de caudales para los diferentes artefactos se presenta en la siguiente tabla:

Tabla XLV.- Unidades de gasto según aparato sanitario.

| Aparato sanitario | Tipo | Unidades de gasto | |
|-------------------|--|-------------------|------------|
| | | UC Privado | UC público |
| Inodoro | Tanque-descarga reducida | 1.5 | 2.5 |
| Inodoro | Tanque | 3 | 5 |
| Inodoro | Fluxómetro | 6 | 8 |
| Bidet | | 1 | 1.5 |
| Lavatorio | | 1 | 2 |
| Lavadero | | 3 | 4 |
| Ducha | | 2 | 4 |
| Tina | | 2 | 6 |
| Urinario | Tanque | 3 | 3 |
| Urinario | Fluxómetro | 5 | 5 |
| Urinario | Válvula semiautomática-descarga reducida | 2.5 | 2.5 |

Fuente: Manual instalaciones hidrosanitarias - Ing. Felipe Urrestra.

La siguiente tabla obtenida del manual de instalaciones hidrosanitarias-Ing. Felipe Urrestra, sirve para conocer las unidades de consumo según el apartado sanitario. Es la base para el cálculo hidráulico mediante el método de Hunter, el cual va a ser aplicado para el bloque de 12 aulas y los bloques de educación inicial.

Para poder determinar el gasto en los distintos bloques de la institución educativa, se utilizan las siguientes expresiones:

| Aparato predominante | de 2 a 900 unidades de descarga |
|----------------------|---|
| Fluxómetro | $Q_{mp} = 0.547690 \times UC^{(0.4454442)}$ |
| Tanque o llaves | $Q_{mp} = 0.127642 \times UC^{(0.655508)}$ |

Dónde:

Q_{mp} = Caudal máximo probable en litros por segundo.

U_c = Unidades de consumo.

Velocidad del flujo

La velocidad del flujo de agua en las tuberías deben ser diseñadas tomando en consideración un funcionamiento hidráulico eficiente a bajo costo. Además que debe estar exento de ruidos y peligros de golpe de ariete. Las velocidades deben fluctuar en el rango de 0.60m/s a 2.50 m/s como mínimo y máximo respectivamente.

Para poder establecer un control en la velocidad de diseño, se puede utilizar cualquiera de las siguientes expresiones:

$$v = 14\sqrt{D} \quad \text{[Ecuación 17]}$$

Donde:

v = Velocidad metros por segundo.

D = Diámetro nominal en metros.

$$V = 1.274 \frac{Q}{D^2} \quad \text{[Ecuación 18]}$$

Donde:

V = Velocidad metros por segundo.

Q = Caudal en metros cúbicos por segundo.

D = Diámetro en metros.

Pérdida de carga.

Las pérdidas de carga que se van a considerar para el diseño, son las de longitud y las de accesorios. Las pérdidas de energía que sufre el fluido en su trayectoria dentro de la tubería, se da debido a la fricción que existe entre éste y las paredes de la misma, así como también por los cambios de dirección,

contracciones y expansiones que se presentan a todo lo largo de la red de distribución.

Para realizar el cálculo de las pérdidas de carga longitudinales, se empleará la siguiente ecuación de HAZEN WILLIAMS:

$$hf = \left(\frac{Q}{0.28 * C * D^{2.63}} \right)^{1.85} * L \quad \text{[Ecuación 19]}$$

Donde:

hf = Pérdida de carga en metros de columnas de agua.

Q = Caudal en metros cúbicos por segundo.

C = Coeficiente de rugosidad (150 para PVC).

D = Diámetro interno en metros.

L = Longitud en metros.

Para realizar el cálculo de pérdidas de carga en accesorios, se utilizará la longitud equivalente, definida por la siguiente expresión:

$$Le = \left(A * \left(\frac{D}{25.4} \right) \pm B \right) * \left(\frac{120}{C} \right)^{1.852} \quad \text{[Ecuación 20]}$$

Donde:

Le = Longitud equivalente en metros.

A, B = Factores que dependen del tipo de accesorio.

C = Coeficiente de rugosidad (150 para PVC).

D = Diámetro interno en metros.

Tabla XLVI.- Valores A y B según el accesorio.

| | ACCESORIO | FACT. A | FACT. B |
|----|---|---------|---------|
| 1 | Codo 45° | 0,38 | 0,02 |
| 2 | Codo radio largo 90° | 0,75 | 0,07 |
| 3 | Entrada normal | 0,46 | -0,08 |
| 4 | Reducción | 0,15 | 0,01 |
| 5 | Salida tubería | 0,77 | 0,04 |
| 6 | Tee paso directo | 0,53 | 0,04 |
| 7 | Tee paso de lado y tee salida bilateral | 1,56 | 0,37 |
| 8 | Tee con reducción | 0,56 | 0,33 |
| 9 | Válvula compuerta | 0,17 | 0,03 |
| 10 | Válvula de globo | 8,44 | 0,5 |
| 11 | Válvula de pie | 6,38 | 0,4 |
| 12 | Válvula de retención | 3,2 | 0,03 |

Fuente: Manual instalaciones hidrosanitarias – Ing. Felipe Urrestra

El cálculo de TDH se lo realizará analizando el recorrido del líquido para llegar hasta el punto más desfavorable, esto significa tomando el aparato más elevado y alejado del punto inicial de succión.

7.2.4 Cálculo de caudales (Bloque 12 aulas)

En las siguientes tablas, se detalla la división propuesta para el cálculo de la red hidráulica interna del bloque de 12 aulas. El análisis se lo realizará para dos secciones (izquierda y derecha).

La red está constituida por ramales, los cuales tendrán la aportación de cada aparato sanitario, esta aportación va a definir el caudal que circulará por cada ramal y el diámetro de tubería necesario para mantener la velocidad del flujo en los rangos permisibles.

Tabla XLVII.- Hoja de cálculo de caudales y diámetros de tuberías. Bloque 12 aulas, planta alta.

| RAMAL | UNIDADES DE DESCARGA | | | | | | UNIDADES ACUMULADAS DE DESCARGA (UA) | Q (l/s) | Q _{ACUM} (l/s) | D (pulg) |
|-------------------------------------|----------------------|---------------------|-----------------|-------|---------------------|----------------|--------------------------------------|--------------|-------------------------|----------|
| | INODORO FLUXOMETRO | INODORO TANQUE BAJO | LAVAMANOS LLAVE | DUCHA | FREGADERO DE COCINA | URINARIO LLAVE | | | | |
| BLOQUE IZQUIERDO PLANTA BAJA | | | | | | | | | | |
| 1-2 | | | 1 | | | | 2 | 0.201 | 0.201 | 1/2 |
| 2-3 | 1 | | | | | | 10 | 1.527 | 1.527 | 1 1/4 |
| 3-4 | 1 | | | | | | 18 | 1.985 | 1.985 | 2 |
| 5-6 | | | | | 1 | | 4 | 0.317 | 0.317 | 1/2 |
| 7-6 | | | | | 1 | | 4 | 0.317 | 0.317 | 1/2 |
| 6-9 | | | | | | | 8 | 0.499 | 0.499 | 3/4 |
| 8-9 | | | | | 1 | | 4 | 0.317 | 0.317 | 1/2 |
| 9-11 | | | | | | | 12 | 0.651 | 0.651 | 3/4 |
| 10-11 | | | | | 1 | | 4 | 0.317 | 0.317 | 1/2 |
| 11-4 | | | | | | | 16 | 0.786 | 0.786 | 3/4 |
| 4-12 | 3 | | | | | | 58 | 3.142 | 3.142 | 2 |
| 13-14 | | | 2 | | | | 4 | 0.317 | 0.317 | 1/2 |
| 14-15 | | | 2 | | | | 8 | 0.499 | 0.499 | 3/4 |
| 15/12 - Acometida | | | | | | | 122 | 4.655 | 4.655 | 2 |
| BLOQUE IZQUIERDO PLANTA ALTA | | | | | | | | | | |
| 25-26 | 1 | | | | | | 8 | 1.383 | 1.383 | 1 1/4 |
| 26-27 | 1 | | | | | | 16 | 1.883 | 1.883 | 1 1/2 |
| 27-28 | 4 | | | | | | 48 | 3.072 | 3.072 | 2 |
| 29-30 | | | 2 | | | | 4 | 0.317 | 0.317 | 1/2 |
| 30-31 | | | 2 | | | | 8 | 0.499 | 0.499 | 3/4 |
| 28/30 - Acometida | | | | | | | 56 | 3.290 | 3.290 | 2 |

Tabla XLVIII.- Hoja de cálculo de caudales y diámetros de tuberías. Bloque 12 aulas, planta baja.

| RAMAL | UNIDADES DE DESCARGA | | | | | | UNIDADES ACUMULADAS DE DESCARGA (UA) | Q (l/s) | Q _{ACUM} (l/s) | D (pulg) |
|-----------------------------------|----------------------|---------------------|-----------------|-------|---------------------|----------------|--------------------------------------|--------------|-------------------------|----------|
| | INODORO FLUXOMETRO | INODORO TANQUE BAJO | LAVAMANOS LLAVE | DUCHA | FREGADERO DE COCINA | URINARIO LLAVE | | | | |
| BLOQUE DERECHO PLANTA BAJA | | | | | | | | | | |
| 16-17 | | | 2 | | | | 4 | 0.317 | 0.317 | 1/2 |
| 17-18 | | | 1 | | | | 6 | 0.413 | 0.413 | 3/4 |
| 18-19 | 1 | | | | | | 14 | 1.774 | 1.774 | 1 1/4 |
| 19-20 | 3 | | | | | | 38 | 2.768 | 2.768 | 2 |
| | | | | | | | | | | |
| 21-22 | | | | | | 1 | 5 | 1.122 | 1.122 | 1 |
| 22-23 | | | | | | 2 | 15 | 1.830 | 1.830 | 1 1/4 |
| 23-24 | | | | | | 2 | 25 | 2.297 | 2.297 | 1 1/2 |
| | | | | | | | | | | |
| 20/24 - Acometida | | | | | | | 126 | 4.722 | 4.722 | 2 |
| BLOQUE DERECHO PLANTA ALTA | | | | | | | | | | |
| 32-33 | | | 2 | | | | 4 | 0.317 | 0.317 | 1/2 |
| 33-34 | | | 1 | | | | 6 | 0.413 | 0.413 | 3/4 |
| 34-35 | 1 | | | | | | 14 | 1.774 | 1.774 | 1 1/4 |
| 35-36 | 3 | | | | | | 38 | 2.768 | 2.768 | 2 |
| | | | | | | | | | | |
| 37-38 | | | | | | 1 | 5 | 1.122 | 1.122 | 1 |
| 38-39 | | | | | | 2 | 15 | 1.830 | 1.830 | 1 1/4 |
| 39-40 | | | | | | 2 | 25 | 2.297 | 2.297 | 1 1/2 |
| | | | | | | | | | | |
| 36/40 - Acometida | | | | | | | 63 | 3.468 | 3.468 | 2 |

6.2.5 Cálculo de pérdidas de carga (Bloque 12 aulas)

En las siguientes tablas se presentan, las pérdidas de cargas para el bloque de 12 aulas. Los ramales son los mismos que se usaron para hallar los caudales.

El análisis se realizará para cada tipo de accesorio, de esta manera se podrá hallar la longitud equivalente, y finalmente H_f que es la pérdida en metros columna de agua por cada tramo en la red.

Tabla XLIX.- Hoja de cálculo de pérdidas de carga. Bloque 12 aulas, sección izquierda.

| L (m) | CODOS 90 | Le (m) | TEE | Le (m) | VÁLVULA COMPUERTA | Le (m) | REDUCCIÓN | Le (m) | Σ Le (m) | J | V (m/s) | Hf (m) |
|-------------------------------------|----------|-----------|------|-----------|----------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------|------|--------------|--------|
| | # | | # | | # | | # | | | | | |
| BLOQUE IZQUIERDO PLANTA BAJA | | | | | | | | | | | | |
| 1.95 | 3.00 | 1.11 | 1.00 | 0.38 | | - | 1.00 | 0.11 | 3.44 | 0.24 | 1.59 | 0.840 |
| 2.2 | 1.00 | 0.37 | | - | 1.00 | 0.13 | | - | 2.70 | 0.12 | 1.93 | 0.325 |
| 2.2 | | - | 2.00 | 0.75 | | - | | - | 2.95 | 0.02 | 0.98 | 0.059 |
| 1.2 | 2.00 | 0.74 | 1.00 | 0.38 | | - | 1.00 | 0.11 | 2.32 | 0.57 | 2.50 | 1.313 |
| 3 | 2.00 | 0.74 | | - | | - | 1.00 | 0.11 | 3.74 | 0.57 | 2.50 | 2.119 |
| 5.5 | | - | 1.00 | 0.38 | | - | | - | 5.88 | 0.18 | 1.75 | 1.072 |
| 1.2 | 2.00 | 0.74 | | - | | - | 1.00 | 0.11 | 1.94 | 0.57 | 2.50 | 1.100 |
| 0.1 | | - | 1.00 | 0.38 | | - | | - | 0.48 | 0.30 | 2.28 | 0.142 |
| 3 | 2.00 | 0.74 | | - | | - | 1.00 | 0.11 | 3.74 | 0.57 | 2.50 | 2.119 |
| 2.5 | | - | 1.00 | 0.38 | 1.00 | 0.13 | 1.00 | 0.11 | 3.01 | 0.42 | 2.76 | 1.273 |
| 7.2 | 3.00 | 1.11 | 4.00 | 1.51 | 1.00 | 0.13 | | - | 9.95 | 0.05 | 0.95 | 0.462 |
| 1.25 | 1.00 | 0.37 | 2.00 | 0.75 | | - | 1.00 | 0.11 | 2.37 | 0.57 | 2.50 | 1.345 |
| 3 | 3.00 | 1.11 | 1.00 | 0.38 | 1.00 | 0.13 | 1.00 | 0.11 | 4.62 | 0.18 | 1.75 | 0.843 |
| 1 | | - | 1.00 | 0.38 | | - | | - | 1.38 | 0.10 | 2.30 | 0.132 |
| BLOQUE IZQUIERDO PLANTA ALTA | | | | | | | | | | | | |
| 1.1 | 3.00 | 1.11 | 1.00 | 0.38 | | - | 1.00 | 0.11 | 2.59 | 0.10 | 1.75 | 0.259 |
| 1.1 | 1.00 | 0.37 | | - | 1.00 | 0.13 | | - | 1.60 | 0.07 | 1.65 | 0.117 |
| 7.8 | 3.00 | 1.11 | 4.00 | 1.51 | 1.00 | 0.13 | | - | 10.55 | 0.04 | 1.52 | 0.470 |
| 1.2 | 1.00 | 0.37 | 2.00 | 0.75 | | - | 1.00 | 0.11 | 2.32 | 0.57 | 2.50 | 1.317 |
| 2.1 | 3.00 | 1.11 | 1.00 | 0.38 | 1.00 | 0.13 | 1.00 | 0.11 | 3.72 | 0.18 | 1.75 | 0.679 |
| 1 | | - | 1.00 | 0.38 | | - | | - | 1.38 | 0.05 | 1.62 | 0.070 |
| PÉRDIDA DE PRESIÓN TOTAL (m) | | | | | | | | | | | 16.05 | |

Tabla L.- Hoja de cálculo de pérdidas de carga. Bloque 12 aulas, sección derecha.

| L (m) | CODOS 90 | Le (m) | TEE | Le (m) | VÁLVULA COMPUERTA | Le (m) | REDUCCIÓN | Le (m) | Σ Le (m) | J | V (m/s) | Hf (m) |
|-------------------------------------|----------|-----------|------|-----------|----------------------|-----------|-----------|-----------|-------------|------|--------------|--------|
| | # | | # | | # | | # | | | | | |
| BLOQUE DERECHO PLANTA BAJA | | | | | | | | | | | | |
| 2.80 | 3.00 | 1.11 | 2.00 | 0.75 | | 0.00 | 1.00 | 0.11 | 4.67 | 0.57 | 2.50 | 2.643 |
| 1.80 | | 0.00 | 1.00 | 0.38 | 1.00 | 0.13 | 2.00 | 0.21 | 2.31 | 0.13 | 1.45 | 0.297 |
| 2.00 | | 0.00 | 1.00 | 0.38 | | 0.00 | 1.00 | 0.11 | 2.38 | 0.16 | 2.24 | 0.378 |
| 6.50 | 3.00 | 1.11 | 2.00 | 0.75 | 1.00 | 0.13 | 1.00 | 0.11 | 8.50 | 0.04 | 1.37 | 0.312 |
| 2.50 | 2.00 | 0.74 | 2.00 | 0.75 | | 0.00 | 1.00 | 0.11 | 3.99 | 0.20 | 2.21 | 0.805 |
| 6.00 | 2.00 | 0.74 | 3.00 | 1.13 | 1.00 | 0.13 | 1.00 | 0.11 | 8.00 | 0.17 | 2.31 | 1.346 |
| 6.00 | 2.00 | 0.74 | 4.00 | 1.51 | 2.00 | 0.26 | 2.00 | 0.21 | 8.51 | 0.11 | 2.02 | 0.898 |
| 1.00 | | 0.00 | 1.00 | 0.38 | | 0.00 | | 0.00 | 1.38 | 0.10 | 2.33 | 0.136 |
| BLOQUE IZQUIERDO PLANTA ALTA | | | | | | | | | | | | |
| 2.80 | 3.00 | 1.11 | 2.00 | 0.75 | | - | 1.00 | 0.11 | 4.67 | 0.57 | 2.50 | 2.643 |
| 1.80 | | - | 1.00 | 0.38 | 1.00 | 0.13 | 2.00 | 0.21 | 2.31 | 0.13 | 1.45 | 0.297 |
| 2.00 | | - | 1.00 | 0.38 | | 0.00 | 1.00 | 0.11 | 2.38 | 0.16 | 2.24 | 0.378 |
| 6.50 | 3.00 | 1.11 | 2.00 | 0.75 | 1.00 | 0.13 | 1.00 | 0.11 | 8.50 | 0.04 | 1.37 | 0.312 |
| 2.50 | 2.00 | 0.74 | 2.00 | 0.75 | | - | 1.00 | 0.11 | 3.99 | 0.20 | 2.21 | 0.805 |
| 6.00 | 2.00 | 0.74 | 3.00 | 1.13 | 1.00 | 0.13 | 1.00 | 0.11 | 8.00 | 0.17 | 2.31 | 1.346 |
| 6.00 | 2.00 | 0.74 | 4.00 | 1.51 | 2.00 | 0.26 | 2.00 | 0.21 | 8.51 | 0.11 | 2.02 | 0.898 |
| 1.00 | | - | 1.00 | 0.38 | | - | | - | 1.38 | 0.06 | 1.71 | 0.077 |
| PÉRDIDA DE PRESIÓN TOTAL (m) | | | | | | | | | | | 13.57 | |

6.2.6 Sistema de Bombeo (bloque 12 aulas)

El sistema de bombeo para el bloque de 12 aulas, tendrá su punto de succión en la cisterna existente, para obtener el caudal y presión apropiada en el punto específico considerado como el más desfavorable, es necesario determinar la potencia de la bomba.

La potencia de la bomba será determinada a partir de la siguiente expresión:

$$P = Q * \frac{HD}{75 * \frac{n}{100}} \quad [\text{Ecuación 21}]$$

Donde:

P = Potencia de la bomba (HP).

Q = Caudal simultáneo de bombeo en litros por segundo.

HD = Altura dinámica de bombeo en metros.

n = Rendimiento de la bomba 75%.

Se conoce que el líquido se encuentra en una cisterna y tendrá una altura de succión aproximada de 2.20 m. La cisterna se encuentra a una distancia de 20 metros medida hasta el punto de acometida del bloque. Con estos datos y los cálculos obtenidos previamente, se procede a calcular la potencia requerida:

Tabla LI.- Potencia de la bomba. Bloque 12 aulas

| | |
|--|-------|
| Pérdida por 20 metros de longitud (m) | 0.98 |
| Pérdidas de carga punto más alejado (m) | 6.76 |
| Altura de succión (m) | 2.20 |
| Altura punto más alejado (m) | 3.50 |
| HD total (m) | 13.44 |
| Caudal simultáneo de bombeo (litros/s) | 9.38 |
| Potencia requerida (HP) | 2.24 |
| Potencia escogida (HP) | 2.50 |

El sistema de bombeo deberá contar con un tanque hidroneumático, el cual permitirá mantener presurizada la red. Este elemento tiene como funciones principales:

- Entregar el agua según un rango de presión escogida para que la bomba de agua funcione con intervalos de reposo.

- Evitar que una bomba arranque de nuevo cada vez que la red de distribución haga una pérdida menor de agua.
- Reducir al mínimo los golpes de ariete. Bombas para pozos y bombas de refuerzo trabajan en conjunto con los tanques de presión para mantener una variación de presión consistente en el sistema.

El tanque de presión mantiene el rango de ciclo de bombeo requerido para evitar que se sobrecaliente el motor de la bomba y se produzca una falla prematura del mismo.

Para la protección del tanque hidroneumático y de la bomba centrífuga, se deben tomar en cuenta los siguientes controles:

- Debe instalarse en la cisterna un sistema electrónico que controle el encendido y apagado de las bombas dependiendo del nivel del agua de la cisterna.
- Proveer un control que detecte las presiones máximas y mínimas, para que la bomba pare o arranque.
- Manómetro: Permite conocer la presión en el interior del tanque y por lo tanto en el sistema.

- Tubo de Nivel: Determina el nivel del agua en el tanque.
- Válvula de Seguridad: Evita que la presión en el tanque no se eleve a un rango que pueda reventar al tanque.

Para obtener el volúmen del tanque, es necesario saber los ciclos por hora de encendido de la bomba. La NEC-11 en la sección 16.5.4.2 establece los ciclos mediante la siguiente tabla:

Tabla LII.- Valores de ciclos para bombas

| Potencia (HP) | Máximo número de Ciclos / hora | Tiempo mínimo (minutos) |
|----------------|--------------------------------|-------------------------|
| Menor que 10.0 | 20 | 3 |
| De 10.0 a 20.0 | 15 | 4 |
| De 20.0 a 30.0 | 12 | 5 |
| De 30.0 a 50.0 | 10 | 6 |
| Mayor que 50.0 | 6 | 10 |

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Materiales

Las tuberías para la red de abastecimiento de agua potable serán de PVC ER (extremo roscado) hasta diámetros de 2". El material de PVC es recomendable para el transporte de agua, pues, por su composición química no permite la formación de incrustaciones de minerales en sus paredes interiores, razón por la cual su diámetro efectivo de transporte se mantendrá íntegro durante el tiempo de funcionamiento de las instalaciones.

Para tuberías de diámetro mayor a 2" en exteriores se deberá instalar tuberías de unión elastomérica (UE).

Para suspender la distribución en los diferentes tramos de la red, se deberá instalar válvulas de compuerta, las mismas que deberán cumplir con las especificaciones respectivas y serán instaladas en las entradas a cada baño, al inicio de cada tramo de red matriz y al ingreso del bloque educativo.

6.2.7 Cálculo de caudales (Bloque Educación Inicial)

La red para el bloque de educación inicial, estará constituida por ramales, los cuales llevaran el flujo a los distintos aparatos sanitarios según sea la demanda. El procedimiento de cálculo es el mismo que se aplicó para el bloque de 12 aulas.

Tabla LIII.- Hoja de cálculo de caudales y diámetros de tuberías. Bloque educación inicial.

| RAMAL | UNIDADES DE DESCARGA | | | | | | UNIDADES ACUMULADAS DE DESCARGA (UA) | Q (l/s) | Q _{ACUM} (l/s) | D (in) |
|-------|----------------------|---------------------|-----------------|-------|---------------------|----------------|--------------------------------------|---------|-------------------------|--------|
| | INODORO FLUXOMETRO | INODORO TANQUE BAJO | LAVAMANOS LLAVE | DUCHA | FREGADERO DE COCINA | URINARIO LLAVE | | | | |
| 1-2 | | 2 | 4 | 1 | | | 22 | 22 | 0.97 | 1 |
| 5-2 | | | 2 | | | | 4 | 4 | 0.32 | 1/2 |
| 2-3 | | | | | | | 0 | 26 | 1.08 | 1 |
| 6-3 | | | 2 | | | | 4 | 4 | 0.32 | 1/2 |
| 3-4 | | | | | | | 0 | 30 | 1.19 | 1 |
| 4-8 | | 1 | | | | | 5 | 35 | 1.31 | 1 1/4 |
| 7-8 | | 1 | | 1 | | | 9 | 9 | 0.54 | 3/4 |
| 8-A | | | | | | | 0 | 44 | 1.53 | 1 1/4 |

6.2.8 Cálculo de pérdidas de carga (Bloque Educación Inicial)

Las pérdidas de carga H_f para un bloque de educación inicial, se presentan en la siguiente tabla.

Tabla LIV.- Hoja de cálculo de pérdidas de carga. Bloque educación inicial.

| L (m) | CODOS 90 | Le (m) | TEE | Le (m) | VÁLVULA COMPUERT A | Le (m) | REDUCCIÓN | Le (m) | Σ Le (m) | J | V (m/s) | Hf (m) |
|-------------------------------------|----------|-----------|-----|-----------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|--------------------|-------|-------------|--------|
| | # | | # | | # | | # | | | | | |
| 5.75 | 4 | 1.48 | 6 | 2.26 | | | 1 | 0.11 | 9.49 | 0.153 | 1.91 | 1.46 |
| 2.10 | 1 | 0.37 | 1 | 0.38 | | | | | 2.85 | 0.567 | 2.50 | 1.61 |
| 1.00 | | | 1 | 0.38 | | | | | 1.38 | 0.188 | 2.13 | 0.26 |
| 2.10 | 1 | 0.37 | 1 | 0.38 | | | | | 2.85 | 0.567 | 2.50 | 1.61 |
| 2.32 | | | 1 | 0.38 | | | | | 2.70 | 0.224 | 2.34 | 0.60 |
| 1.00 | 2 | 0.74 | | | | | 1 | 0.11 | 1.74 | 0.091 | 1.66 | 0.16 |
| 1.90 | 1 | 0.37 | 1 | 0.38 | | | 1 | 0.11 | 2.65 | 0.210 | 1.89 | 0.56 |
| 2.00 | | | 1 | 0.38 | 1 | 0.13 | | | 2.51 | 0.120 | 1.93 | 0.30 |
| PÉRDIDA DE PRESIÓN TOTAL (m) | | | | | | | | | | | 6.56 | |

6.2.9 Sistema de Bombeo (bloque educación inicial)

El sistema de bombeo para los 3 bloques de educación inicial, tendrá su punto de succión en una cisterna con una capacidad de 12 m³, la cual será construida en el lugar más idóneo para que su abastecimiento no se vea afectado por las pérdidas de carga. Para obtener el caudal y presión apropiada en el punto específico considerado como el más desfavorable, es necesario determinar la potencia de la bomba.

La ecuación necesaria para el cálculo es la misma que se utilizó previamente, se conoce que el líquido será tomado de la cisterna que tendrá una altura de

succión aproximada de 2 m. La cisterna se encontrará a una distancia de 60 metros desde el punto de acometida más alejado. Con estos datos y los cálculos obtenidos previamente, se procede a calcular la potencia requerida

Tabla LV.- Potencia de la bomba. Bloque educación inicial.

| | |
|--|-------|
| Pérdida por 60 metros de longitud (m) | 2.49 |
| Pérdidas de carga punto más alejado (m) | 6.56 |
| Altura de succión (m) | 2.00 |
| Altura punto más alejado (m) | 0.50 |
| HD total (m) | 11.55 |
| Caudal simultáneo de bombeo (litros/s) | 4.59 |
| Potencia requerida (HP) | 1.02 |
| Potencia escogida (HP) | 1.25 |

Para el tanque hidroneumático se mantienen las mismas consideraciones realizadas para el bloque de 12 aulas.

6.3 Sistema de aguas servidas

En el presente proyecto se debe clasificar los tipos de aguas servidas de acuerdo al tipo de uso de las edificaciones, como se trata de una ampliación se tendrán los desagües que recogen aguas de tipo escuelas, esto es todo lo que se produce como consecuencia de la actividad diaria que se realiza en la institución educativa; estos desagües deben de ser conectados a la red de un sistema sanitario que serán sometidas a un tratamiento previo a su descarga.

Se tendrán los desagües de aguas servidas que tienen desechos provenientes de los laboratorios de ciencias, física y química, es decir que producen agua con un gran contenido de contaminación, las cuales también deben de someterse a un proceso de tratamiento.

Finalmente tenemos los desagües que recogen las aguas servidas que se producen en los servicios higiénicos, cuyo grado de contaminación es muy alto y debe de someterse a un proceso de descontaminación.

Entonces para el proyecto en mención se puede definir al sistema de evacuación de aguas servidas, como la serie de tuberías y accesorios que recolectan las aguas utilizadas de los distintos muebles sanitarios, hasta descargarlos en el alcantarillado municipal. En este se considera además el sistema de ventilación sanitaria que aparte de permitir un funcionamiento adecuado de las instalaciones de evacuación de aguas servidas, también evita los malos olores dentro de los ambientes en los cuales se ubican los muebles sanitarios.

6.3.1 Elementos del sistema de aguas servidas

Una sistema de aguas servidas está constituido por los siguientes elementos:

Ramales de desagüe

Son un conjunto de tramos de tuberías de PVC, provenientes de los respectivos aparatos o muebles sanitarios con pendientes mínimas del 1 %.

Bajante

Se denomina con ese nombre a las tuberías de PVC que transportan o dirigen el agua servida de un nivel a otro.

En cada uno de los aparatos sanitarios se requiere la colocación de ventilación adicional para evitar el que se produzcan el sifonamiento en las instalaciones sanitarias. Esta ventilación sanitaria es considerada directamente al aparato sanitario, indistintamente de la ventilación primaria del bajante.

Colectores

El sistema de desagüe de aguas sanitarias estará compuesto en su totalidad de tubería de PVC tipo B y obedecerán a las especificaciones técnicas del fabricante. Para exteriores se deberá considerar tubería de pared estructurada.

Diámetros de las tuberías

Los diámetros de las tuberías para la recolección de aguas servidas de cada uno de los aparatos sanitarios se determinarán en función de la aplicación de la ecuación de Manning.

Unidad de descarga

Es la unidad de medida de un determinado aparato o conjunto de aparatos sanitarios que permite valorar el volumen de agua residual evacuada por unidad de tiempo.

Velocidades Mínimas

Las velocidades mínimas deben ser consideradas para que no se formen sedimentos en las tuberías, lo que podría producir una disminución en el área establecida del conducto.

Las velocidades que se consideran mínimas en secciones parcialmente llenas es de 0.45 m/s. Esto es para que en la tubería pueda existir un estado de auto limpieza.

Velocidades Máximas

Para evitar erosión en las tuberías, es necesario controlar las velocidades máximas que vayan a circular por los conductos, para tuberías plásticas se considera 5 m/s como máximo permisible.

6.3.2 Procedimiento de Diseño de las tuberías sanitarias

Para poder realizar un diseño eficaz de redes sanitarias, es necesario identificar los pisos que posee la edificación y el uso que va a tener. Luego se determinará el diámetro mínimo de tubería según las unidades de descarga, basado en los criterios generales de diseño y en la viabilidad económica del proyecto.

Tabla LVI.- Unidades de descarga.

| U. DE DESCARGA | | |
|------------------|----------------------|----------------------|
| APARATO | Unidades de descarga | Diámetro mínimo (mm) |
| Bañera | 3 | 50 |
| Bidet | 1 | 50 |
| Ducha | 2 | 50 |
| Ducha Pública | 3 | 50 |
| Fregaderos | 2 | 50 |
| Inodoro | 2 | 100 |
| Inodoro Fluxor. | 8 | 100 |
| Lavaplatos | 2 | 75 |
| Lavadora | 2 | 75 |
| Lavaplatos trit. | 3 | 75 |
| Fuente de agua | 2 | 50 |
| Lavamanos | 2 | 50 |
| Urinario | 2 | 75 |
| Urinario Fluxor. | 8 | 75 |

Fuente: Instalaciones hidrosanitarias – Ing. Felipe Urrestra

Para el cálculo de la capacidad de los colectores se aplica la ecuación de Manning:

$$Q = A * \frac{1}{n} Rh^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}} \quad \text{[Ecuación 22]}$$

Donde:

Q = Caudal en metros cúbicos por segundo.

A = Area de la sección de la tubería en metros cuadrados.

$Rh = \frac{A}{P}$ Radio hidráulico (A=área mojada; P=perímetro mojado).

J = Pendiente 1 %.

n = Coeficiente de rugosidad

El coeficiente de rugosidad (n) para el análisis será seleccionado, según la siguiente tabla obtenida del libro Hidráulica General – Ing. Gilberto Sotelo.

Tabla LVII.- Valores de rugosidad

| TIPO DE CONDUCTO | n |
|---|-------|
| Tubería de hormigón simple | 0.013 |
| Tubería de polietileno corrugada | 0.013 |
| Tubería de polietileno de interior liso o PVC | 0.009 |
| Colector de hormigón armado fundido en sitio | 0.015 |

Fuente: Hidráulica general – Ing. Gilberto Sotelo.

Los conductos de sección circular según el manual de instalaciones hidrosanitarias-Ing. Felipe Urrestra deben cumplir con las siguientes consideraciones:

1. La profundidad hidráulica para el caudal de diseño en una tubería (d/D) adopta una capacidad máxima del 75% dejando así una cámara de aire que contrarreste las fluctuaciones de presiones en el sistema.
2. La capacidad máxima en los bajantes será del 33% dejando así una cámara de aire que neutralice las alteraciones de presiones en el sistema.

Los caudales y velocidades permisibles para los distintos diámetros de colectores con una pendiente del 1% y siendo el material del colector PVC ($n=0.009$) se muestra a continuación:

Tabla LVIII.- Velocidades y Caudales por diámetro de tubería.

| Ø NOMINAL (mm) | Ø INTERNO (mm) | TUBERÍA LLENA | | TUBERÍA AL 75% | |
|-------------------|-------------------|---------------|---------|----------------|---------|
| | | V (m/s) | Q (l/s) | V (m/s) | Q (l/s) |
| 75 | 71.00 | 0,86 | 5,05 | 0,85 | 4,01 |
| 110 | 105,60 | 0,99 | 8,63 | 0,97 | 6,85 |
| 160 | 153,60 | 1,26 | 23,43 | 1,25 | 18,61 |
| 200 | 192,20 | 1,47 | 42,61 | 1,45 | 33,83 |

Los caudales y velocidades permisibles para los distintos diámetros de bajantes siendo el material del colector PVC ($n=0.009$) se muestra a continuación:

Tabla LIX.- Velocidades y Caudales límites para bajantes por diámetro.

| Ø NOMINAL (mm) | Ø INTERNO (mm) | V (m/s) | Q (l/s) |
|---------------------------|---------------------------|----------------|----------------|
| 75 | 71,00 | 4,14 | 8,10 |
| 110 | 105,60 | 4,74 | 13,83 |
| 160 | 153,60 | 6,08 | 37,55 |
| 200 | 192,20 | 7,06 | 68,28 |

6.3.3 Cálculo de descargas

Con toda la información previa, se procede a establecer los ramales con sus respectivas tuberías según las unidades de descargas de los aparatos sanitarios. Para transformar las unidades de descargas a caudales es necesario aplicar la siguiente expresión:

$$Q = 0.5835 * (UD^{0.4357}) \quad \text{[Ecuación 23]}$$

Q = Caudal en litros por segundo.

UD = Unidades de descarga acumuladas.

Tabla LX.- Diámetros de tuberías escogidos según aparato sanitario.

| Aparato sanitario | Unidades de descarga | D. escogido (mm) |
|--------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Inodoro | 8 | 110 |
| Lavamanos | 2 | 50 |
| Urinario | 2 | 50 |
| Ducha | 2 | 75 |
| Fregadero | 3 | 75 |

Los diámetros escogidos, serán usados en el bloque de 12 aulas y en los bloques de educación inicial, con los diámetros se cumple una correcta evacuación de las aguas servidas. La descarga final de cada edificación va a tener una caja de revisión.

Finalmente todas las descargas van a ser evacuadas a la planta de tratamiento que existe actualmente en la institución, por lo que requieren un tratamiento previo a la descarga directa al sistema de alcantarillado público.

CAPITULO VII

7. PRESUPUESTO

Tabla LXI.- Presupuesto de ampliación estructural e hidrosanitario.

| RUBRO | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
|-------|--|--------|-----------|-----------------|--------------|
| | BLOQUE DE 12 AULAS | | | | |
| | PRELIMINARES | | | | |
| 1 | Remocion de adoquin | m2 | 600 | 1.53 | 918 |
| 2 | Excavacion y Desalojo de material de excavación | m3 | 624 | 7.03 | 4386.72 |
| 3 | Relleno compactado a máquina con material importado | m3 | 260 | 10.81 | 2810.6 |
| | ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO | | | | |
| 4 | Acero de refuerzo en varillas corrugadas fy=4200 kg/cm2 (p | kg | 52.750.00 | 2.19 | 115522.5 |
| 5 | Hormigón f'c= 240 kg/cm2 en vigas de cimentación | m3 | 154.59 | 272.74 | 42162.8766 |
| 6 | Hormigón f'c= 240 kg/cm2 en columnas | m3 | 59.90 | 263.62 | 15790.838 |
| 7 | Hormigón f'c= 240 kg/cm2 en losa e=5cm | m2 | 1.140.36 | 13.33 | 15200.9988 |
| 8 | Nervios de losa | ml | 1.754.43 | 7.53 | 13210.8579 |
| 9 | Impermeabilización de terraza con lámina asfáltica | m2 | 620.00 | 17.32 | 10738.4 |
| 10 | Hormigón f'c= 140 kg/cm2 en replantillos | m3 | 28.75 | 105.96 | 3046.35 |
| 11 | Hormigón f'c= 240 kg/cm2 en vigas | m3 | 52.39 | 263.49 | 13804.3728 |
| 12 | Hormigón f'c= 240 kg/cm2 en escaleras | m3 | 11.23 | 296.67 | 3331.6041 |
| 13 | Tránsporte de materiales o sobreacarreo | m3-km | 34.560.50 | 0.28 | 9676.9386 |
| 14 | Malla electrosoldada R-126 (4.10) | m2 | 625.80 | 4.82 | 3016.0431 |
| 15 | Malla electrosoldada R-131 (5.15) | m2 | 625.80 | 5.07 | 3172.806 |
| 16 | Geotextil NT 2000 | m2 | 189.84 | 4.27 | 811.28124 |
| 17 | Geomalla biaxial BX1100 | m2 | 189.84 | 5.84 | 1108.6656 |
| 18 | Junta estructural de construcción | ml | 6.00 | 11.28 | 67.68 |
| 19 | Contrapiso Hormigón armado fc`210kg/cm2 (e=32cm, piedra | m2 | 654.16 | 27.80 | 18185.648 |

| INSTALACIONES HIDROSANITARIAS (BLOQUE 1 DE 12M) | | | | | |
|--|---|-----|-------|----------------|-------------------|
| SISTEMA DE AGUA POTABLE | | | | | |
| 19 | Punto de agua PVC roscable 1/2" | pto | 19.00 | 20.51 | 389.69 |
| 20 | Punto de agua PVC roscable 3/4" | pto | 10.00 | 24.49 | 244.9 |
| 21 | Punto de agua PVC roscable 1" | pto | 19.00 | 40.28 | 765.32 |
| 22 | Tubería PVC roscable 1/2" | m | 30.30 | 3.17 | 96.051 |
| 23 | Tubería PVC roscable 3/4" | m | 19.80 | 4.24 | 83.952 |
| 24 | Tubería PVC roscable 1" | m | 22.80 | 9.32 | 212.496 |
| 25 | Tubería PVC roscable 1 1/4" | m | 6.50 | 12.36 | 80.34 |
| 26 | Tubería PVC roscable 1 1/2" | m | 15.00 | 12.67 | 190.05 |
| 27 | Tubería PVC roscable 2" | m | 22.30 | 16.43 | 366.389 |
| 28 | Válvula de control roscada diam 1/2" | u | 19.00 | 9.46 | 179.74 |
| 29 | Válvula de control roscada diam 3/4" | u | 12.00 | 18.00 | 216 |
| 30 | Válvula de control roscada diam 1" | u | 19.00 | 23.45 | 445.55 |
| 31 | Válvula de control roscada diam 1 1/4" | u | 1.00 | 29.59 | 29.59 |
| 32 | Válvula de control roscada diam 1 1/2" | u | 2.00 | 39.54 | 79.08 |
| 33 | Válvula de control roscada diam 2" | u | 4.00 | 46.87 | 187.48 |
| 34 | Columna de PVC de 2" | m | 10.00 | 17.54 | 175.4 |
| SISTEMA DE AGUA RESIDUALES | | | | | |
| 35 | Caja de revisión de 60 x 60 con tapa cerco metálico | u | 2.00 | 94.48 | 188.96 |
| 36 | Desagües PVC 50 mm. Tipo B (Incluye accesorios) | pto | 26.00 | 8.32 | 216.32 |
| 37 | Desagües PVC 75 mm. Tipo B (Incluye accesorios) | pto | 16.00 | 11.98 | 191.68 |
| 38 | Desagües PVC 110mm tipo B (incluye accesorios) | pto | 19.00 | 14.40 | 273.6 |
| 39 | Sumidero de piso de 2" incluye rejilla | u | 1.00 | 13.47 | 13.47 |
| 40 | Sumidero de piso de 3" incluye rejilla | u | 12.00 | 22.63 | 271.56 |
| 41 | Tubería de 75 de PVC tipo B | m | 6.00 | 7.91 | 47.46 |
| 42 | Tubería de 110 mm PVC tipo B | m | 9.00 | 12.34 | 111.06 |
| 43 | Tubería de 160 de PVC tipo B | m | 12.00 | 19.24 | 230.88 |
| 44 | Registro inspección y limpieza PVC, 160mm | pto | 2.00 | 83.83 | 167.66 |
| 45 | Bajantes de tubería PVC tipo B de 110 mm | m | 9.00 | 11.01 | 99.09 |
| VENTILACIÓN | | | | | |
| 46 | Punto de ventilación de 75mm Tipo A | pto | 2.00 | 18.32 | 36.64 |
| 47 | Tubería de 75 de PVC tipo B | m | 8.50 | 7.91 | 67.235 |
| 48 | Tapon rejilla | u | 2.00 | 24.34 | 48.68 |
| | | | | TOTAL 1 | 282669.504 |

| 3 BLOQUES DE EDUCACION INICIAL | | | | | |
|--------------------------------|--|-------|-----------|----------------|-------------------|
| PRELIMINARES | | | | | |
| 49 | Limpieza y desbroce del terreno | m2 | 870 | 1 | 870 |
| 50 | Remocion de adoquin | m2 | 237 | 1.53 | 362.61 |
| 51 | excavacion y Desalojo de material de excavación | m3 | 712.8 | 7.03 | 5010.984 |
| 52 | Relleno compactado a máquina con material importado | m3 | 237.6 | 10.81 | 2568.456 |
| ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ARMADO | | | | | |
| 53 | Acero de refuerzo en varillas corrugadas fy=4200 kg/cm2 (p | kg | 21.993.96 | 2.19 | 48166.7724 |
| 54 | Hormigón f'c= 240 kg/cm2 en vigas de cimentación | m3 | 160.33 | 272.74 | 43728.4042 |
| 55 | Hormigón f'c= 240 kg/cm2 en columnas | m3 | 28.70 | 263.62 | 7565.894 |
| 56 | Hormigón f'c= 240 kg/cm2 en losa e=5cm | m2 | 570.00 | 13.33 | 7598.1 |
| 57 | Nervios de losa | ml | 851.40 | 7.53 | 6411.042 |
| 58 | impermeabilización de terraza con lámina asfáltica | m2 | 570.00 | 17.32 | 9872.4 |
| 59 | Hormigón f'c= 140 kg/cm2 en replantillos | m3 | 22.41 | 105.96 | 2374.5636 |
| 60 | Hormigón f'c= 240 kg/cm2 en vigas | m3 | 18.56 | 263.49 | 4890.3744 |
| 61 | Tránsito de materiales o sobreacarreo | m3-km | 8.324.23 | 0.28 | 2330.7844 |
| 62 | Malla electrosoldada R-131 (5.15) | m2 | 570.00 | 5.07 | 2889.9 |
| 63 | Geotextil NT 2000 | m2 | 90.00 | 4.27 | 384.615 |
| 64 | Geomalla biaxial BX1100 | m2 | 90.00 | 5.84 | 525.6 |
| 65 | Contrapiso Hormigón armado fc`210kg/cm2 (e=10cm, piedra | m2 | 683.79 | 27.80 | 19009.362 |
| INSTALACIONES HIDROSANITARIAS | | | | | |
| SISTEMA DE AGUA POTABLE | | | | | |
| 66 | Punto de agua PVC roscable 1/2" | pto | 42.00 | 20.51 | 861.42 |
| 67 | Tubería PVC roscable 1/2" | m | 33.90 | 3.17 | 107.463 |
| 68 | Tubería PVC roscable 3/4" | m | 5.40 | 4.24 | 22.896 |
| 69 | Tubería PVC roscable 1" | m | 19.50 | 9.32 | 181.74 |
| 70 | Tubería PVC roscable 1 1/4" | m | 16.50 | 12.36 | 203.94 |
| 71 | Válvula de control roscada diam 1/2" | u | 36.00 | 9.46 | 340.56 |
| 72 | Válvula de control roscada diam 3/4" | u | 3.00 | 18.00 | 54 |
| 73 | Válvula decontrol roscada diam 1" | u | 3.00 | 23.45 | 70.35 |
| 74 | Válvula decontrol roscada diam 1¼" | u | 6.00 | 29.59 | 177.54 |
| SISTEMA DE AGUA RESIDUALES | | | | | |
| 75 | Caja de revisión de 60 x 60 con tapa cerco metálico | u | 3.00 | 94.48 | 283.44 |
| 76 | Desagües PVC 50 mm. Tipo B (Incluye accesorios) | pto | 24.00 | 8.32 | 199.68 |
| 77 | Desagües PVC 75 mm. Tipo B (Incluye accesorios) | pto | 6.00 | 11.98 | 71.88 |
| 78 | Desagües PVC 110mm tipo B (incluye accesorios) | pto | 12.00 | 14.40 | 172.8 |
| 79 | Sumidero de piso de 3" incluye rejilla | u | 6.00 | 22.63 | 135.78 |
| 80 | Tubería de 50mm de PVC tipo B | m | 9.00 | 4.23 | 38.07 |
| 81 | Tubería de 110 mm PVC tipo B | m | 18.00 | 12.34 | 222.12 |
| | | | | TOTAL 2 | 167703.541 |

| CANCHAS | | | | | |
|---------------------|--|----|--------|----------------|-------------------|
| PRELIMINARES | | | | | |
| 82 | REMOCION DE CONTRAPISO EN CANCHAS | m2 | 550.00 | 4.92 | 2706 |
| 83 | excavacion y Desalojo de material de excavación | M3 | 470.4 | 7.02 | 3302.208 |
| PISOS | | | | | |
| 84 | Masillado liso de pisos con helicóptero y endurecedor de c | m2 | 468.00 | 8.12 | 3800.16 |
| 85 | Contrapiso Hormigón armado fc`210kg/cm2 (e=10cm, piedra | m2 | 468.00 | 26.02 | 12177.36 |
| | | | | TOTAL 3 | 21985.728 |
| | | | | 1+2+3 | 472358.773 |

CAPITULO VIII

8. EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

Con toda la información del proyecto, se procederá a identificar las principales actividades que van a estar involucradas en la ejecución del mismo.

Además de establecer el Aspecto Ambiental, que es el componente de las actividades, productos o servicios de una organización y que interactúan con el ambiente de manera positiva o negativa.

La siguiente tabla muestra la evaluación de impactos ambientales y sus respectivas medidas de mitigación.

Tabla LXII.- Evaluación de impacto ambiental para las distintas actividades.

| ACTIVIDADES | ASPECTO AMBIENTAL | IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS | MEDIDAS DE MITIGACIÓN |
|---|--------------------------------|------------------------------------|---|
| Instalación de área de acopio de materiales y equipos (temporal) | Desbroce de vegetación | Afectación a la calidad del suelo | <ul style="list-style-type: none"> • Delimitación y señalización del área |
| | Residuos sólidos no peligrosos | Modificación del paisaje | <ul style="list-style-type: none"> • Segregación de desechos <i>in situ</i> |
| | | Generación de empleo | <ul style="list-style-type: none"> • Traslado de desechos a lugares autorizados (rellenos sanitarios o vertederos) |

| ACTIVIDADES | ASPECTO AMBIENTAL | IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS | MEDIDAS DE MITIGACIÓN |
|--|---|--|---|
| | | | <ul style="list-style-type: none"> • Revegetación del área desbrozada |
| Instalación de baterías sanitarias (temporal) | Generación de malos olores y aguas servidas | <p>Cambios en la calidad del aire</p> <p>Malestar poblacional y ocupacional</p> <p>Generación de empleo</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Delimitación y señalización del área • Limpieza de baterías sanitarias por medio de <i>hidrocleaners</i> autorizados |
| Demolición de cancha de hormigón y bordillos | <p>Material particulado</p> <p>Aumento de niveles de ruido</p> <p>Residuos de demolición</p> | <p>Alteración atmosférica</p> <p>Afectación a la calidad del suelo</p> <p>Modificación del paisaje</p> <p>Generación de empleo</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Realizar las labores de demolición en horario diurno • Dotar de equipos de protección personal a los trabajadores • Delimitación de área para el acopio de residuos • Gestionar la disposición final de residuos en sitios autorizados |
| Excavación y Cimentación | <p>Aumento de niveles de ruido</p> <p>Cambios del perfil edáfico</p> <p>Movimientos de tierra</p> | <p>Alteración atmosférica</p> <p>Afectación a la calidad del suelo</p> <p>Malestar poblacional y ocupacional</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Dotar de equipos de protección personal a los trabajadores • Gestionar la disposición final de residuos en sitios autorizados |

| ACTIVIDADES | ASPECTO AMBIENTAL | IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS | MEDIDAS DE MITIGACIÓN |
|-----------------------------------|--|---|---|
| | Residuos sólidos no peligrosos | Generación de empleo | |
| Uso de maquinaria pesada | Ruidos y vibraciones Compactación del suelo: Disminución de la permeabilidad Emisión de gases de combustión Derrame de hidrocarburos | Alteración atmosférica Afectación a la calidad del suelo Malestar poblacional y ocupacional Modificación del paisaje: Migración de la fauna urbana Generación de empleo | <ul style="list-style-type: none"> • Verificación del buen estado de maquinarias (Control de motores y silenciadores) • Prohibir el mantenimiento de maquinaria en el área de construcción |
| Construcción de Obra Civil | Material particulado Aumento de niveles de ruido Residuos de construcción | Alteración atmosférica Afectación a la calidad del suelo Generación de empleo | <ul style="list-style-type: none"> • Delimitación y señalización del área (señalética preventiva, informativa y obligatoria) • Dotar de equipos de protección personal a los trabajadores • Gestionar la disposición final de residuos en sitios autorizados |
| Construcción de cisterna | Aumento de niveles de ruido | Alteración atmosférica | <ul style="list-style-type: none"> • Delimitación y señalización del área |

| ACTIVIDADES | ASPECTO AMBIENTAL | IMPACTOS AMBIENTALES IDENTIFICADOS | MEDIDAS DE MITIGACIÓN |
|--|---|---|--|
| | Cambios del perfil edáfico Movimientos de tierra | Afectación a la calidad del suelo Malestar poblacional y ocupacional Generación de empleo | <ul style="list-style-type: none"> • Dotar de equipos de protección personal a los trabajadores |
| Instalación de redes de agua potable y aguas residuales | Cambios del perfil edáfico Movimientos de tierra | Afectación a la calidad del suelo Generación de empleo | <ul style="list-style-type: none"> • Delimitación y señalización del área • Dotar de equipos de protección personal a los trabajadores |

Recomendaciones:

1. Utilizar como base para la mitigación de impactos ambientales, la “**Guía de Buenas prácticas Ambientales para el sector de la construcción menor o igual a veinte mil metros**” elaborada por el Ministerio de Ambiente.
2. Para el manejo específico de residuos, emplear como apoyo las especificaciones técnicas que ofrece el **Acuerdo Ministerial No. 061: Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria publicado el 4 de Mayo de 2015** en el **Capítulo VI Gestión Integral de Residuos Sólidos No Peligrosos, y Desechos Peligrosos y/o Especiales**.

3. Seguir los lineamientos del ***Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Decreto Ejecutivo 2393 publicado en el R.O. 565 DEL 17 de noviembre de 1986***, en referencia a la obligación de los empleados y trabajadores para la disminución de riesgos en el ámbito laboral (Artículo 11 y 13).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1. La implantación escogida para los bloques que van a ser construidos, resultó ser la más óptima en los espacios disponibles, por lo que no será necesario la expropiación, compra o donación de predios adyacentes.
2. Se analizó las posibles alternativas aplicables en la ampliación de la unidad educativa, para finalmente optar por el diseño estructural más eficiente en los aspectos técnicos, económicos y ambientales. Entre las 3 alternativas, la de hormigón armado resultó ser la más viable.
3. Basado en la información disponible, se realizó el diseño estructural en hormigón armado cumpliendo con todos los parámetros que establece la Norma Ecuatoriana de la Construcción, sin afectar la armonía arquitectónica definida para instituciones educativas.
4. Se realizó un diseño hidrosanitario para todos los bloques que van a ser implementados en la ampliación, considerando todo lo existente y

logrando así una correcta distribución del agua de consumo y de una evacuación adecuada de las aguas residuales.

5. Se cumplió con una de las restricciones principales del proyecto, la cual era el presupuesto establecido por la entidad encargada de su ejecución (Ministerio de Educación). El costo del proyecto para el sistema estructural e hidrosanitario es de \$472,368.77 el cual se encuentra dentro de los márgenes permitidos y dejando así los recursos necesarios para los demás sistemas (eléctrico, electrónico y acabados).

RECOMENDACIONES

1. Al momento de la ejecución del proyecto, se deberá inspeccionar el cumplimiento de las especificaciones técnicas propuestas, así como un riguroso control de calidad de los materiales a utilizar, a fin de asegurar el correcto funcionamiento y garantizar la vida útil del proyecto.
2. Se recomienda ejecutar el proyecto cumpliendo con todas las normas de seguridad industrial y señalética, debido a que en los alrededores van a existir niños jugando, de esta manera se evitará que se susciten accidentes.

3. Si llegase a existir una variación en la estratigrafía con respecto a los estudios geotécnicos existentes, al momento de construir la cimentación, se deberá verificar si el diseño propuesto en el proyecto cumple con los parámetros de la norma a fin de obtener estructuras seguras.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] INAMHI, «Porcentaje de variacion de precipitación Junio 2016,» *Estudios y Investigaciones meteorologicas*, 2016.
- [2] INEC, «Censo Poblacion y Vivienda,» 2010.
- [3] LTDA, CONSEES CIA., «Estudio de Suelos Para Unidad Educativa Replica Eugenio Espejo,» Babahoyo.
- [4] B. M. Das, Principios de Ingeniería de Cimentaciones, México DF: Thomson learning, 2001.
- [5] I. F. Urresta, Manual de Instalaciones Hidrosanitarias, Quito: U. Central del Ecuador, 1990.
- [6] INSTITUTO ECUATORIANO DE OBRAS SANITARIAS (EX-IEOS), Normas técnicas de diseño para los sistemas de agua potable y eliminación de residuos líquidos, Quito, 1992.
- [7] «Academia,» 20 Julio 2016. [En línea]. Available: http://www.academia.edu/13875191/METODO_DE_HUNTER_para_hallar_la_m%C3%A1xima_demanda_simult%C3%A1neamente.