

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS**  
**MATERIALES**



**TOMO I**

**“DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA NUEVA UNIDAD EDUCATIVA**  
**JORGE ARAOZ CAMPERO”**  
**(CIUDAD DE TARIJA)**

**Por:**

**FARFÁN FIGUEROA GONZALO**

Proyecto de Grado presentado a consideraciones de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para obtener el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería Civil

Semestre II- 2019

**TARIJA - BOLIVIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS Y CIENCIAS DE LOS**  
**MATERIALES**

**“DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA NUEVA UNIDAD EDUCATIVA**  
**JORGE ARAOZ CAMPERO”**  
**(CIUDAD DE TARIJA)**

**Por:**

**FARFÁN FIGUEROA GONZALO**

Semestre II-2019

**TARIJA - BOLIVIA**

El docente y el tribunal evaluador del presente Proyecto de Ingeniería Civil no, se solidarizan con los términos, la forma, las expresiones y los modos empleados en la elaboración del trabajo, siendo los mismos únicamente responsabilidad del autor.

***DEDICATORIA***

*Dedico el presente trabajo, a mi madre  
María Luisa Figueroa Flores, por su amor,  
sacrificio, confianza y apoyo incondicional.*

### **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios por la vida, el amor y la fuerza que brinda para lograr mis objetivos.*

*A toda mi familia por el apoyo y amor incondicional que me demuestran día con día.*

*A todos los docentes que me han impartido sus conocimientos con la mejor predisposición, ya que, gracias a ellos logre este objetivo.*

# ÍNDICE

Dedicatoria

Agradecimientos

Resumen Ejecutivo

Pág.

<b>1. ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
1.1. EL PROBLEMA.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	1
1.2.1. General.....	1
1.2.2. Específicos.....	1
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3.1. Académica.....	2
1.3.2. Técnica.....	2
1.3.3. Social.....	2
1.4. RESTRICCIONES Y LIMITACIONES.....	3
1.5. APORTE ACADÉMICO DEL ESTUDIANTE.....	3
1.6. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	3
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
2.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	6
2.2. ESTUDIO DE SUELOS.....	6
2.2.1. Método de penetración cónica.....	7
2.2.1.1. Cono holandés (de penetración estática).....	7
2.2.1.2. Cono holandés (de penetración dinámica).....	9
2.3. DISEÑO ARQUITECTÓNICO.....	11
2.4. IDEALIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	11
2.4.1. Sustentación de cubierta.....	11
2.4.2. Sustentación de la edificación.....	12
2.4.3. Fundaciones.....	12
2.5. NORMA DE DISEÑO.....	12

2.5.1.	Bases de cálculo.....	12
2.5.2.	Hipótesis de carga.....	13
2.5.3.	Acciones de las cargas.....	14
2.5.4.	Estados límites últimos.....	15
2.5.5.	Estados límites de servicio.....	17
2.5.6.	Parámetros de diseño.....	17
2.5.6.1.	Hormigón.....	17
2.5.6.1.1.	Propiedades mecánicas del hormigón.....	18
2.5.6.1.1.1	Resistencia a compresión.....	18
2.5.6.1.1.2	Resistencia a la tracción.....	19
2.5.6.1.1.3	Resistencia de cálculo.....	20
2.5.6.1.2.	Módulo de deformación longitudinal.....	20
2.5.6.1.3.	Coefficiente de poisson.....	21
2.5.6.1.4.	Coefficiente de dilatación térmica.....	21
2.5.6.2.	Acero.....	21
2.5.6.2.1.	Resistencia característica.....	21
2.5.6.2.2.	Resistencia de cálculo.....	22
2.5.6.2.3.	Módulo de deformación longitudinal.....	22
2.5.6.2.4.	Coefficiente de dilatación térmica.....	22
2.5.6.2.5.	Área y diámetro nominal.....	22
2.5.6.3.	Hormigón armado.....	24
2.5.6.3.1.	Adherencia entre el hormigón y el acero.....	24
2.5.6.3.2.	Disposición de las armaduras.....	24
2.5.6.3.3.	Distancia entre barras.....	25
2.5.6.3.4.	Distancia a los paramentos(recubrimientos).....	25
2.5.6.3.5.	Doblado de las armaduras.....	27
2.5.6.3.6.	Anclaje de armaduras.....	28
2.5.6.3.7.	Empalme de armaduras.....	30
2.6.	DISEÑO ESTRUCTURAL.....	32
2.6.1.	Vigas.....	32
2.6.1.1.	Cálculo a flexión simple armadura longitudinal.....	33
2.6.1.2.	Cálculo a cortante armadura transversal.....	38

2.6.2. Columnas.....	41
2.6.2.1 Excentricidad mínima de cálculo.....	41
2.6.2.2 Armaduras longitudinales .....	42
2.6.2.3 Cuantías limites.....	43
2.6.2.4 Pandeo de piezas comprimidas de H°A°.....	44
2.6.2.5 longitud de pandeo.....	44
2.6.2.6 Esbeltez geométrica y mecánica.....	47
2.6.2.7 Armadura transversal.....	47
2.6.2.8 Diseño a flexión esviada.....	48
2.6.3. Losas.....	52
2.6.3.1. Losa alivianada de viguetas pretensadas.....	53
2.6.3.1.1. Propiedades del concreto.....	54
2.6.3.1.2. Propiedades del acero de preesfuerzo. ....	54
2.6.3.1.3. Bovedillas.....	55
2.6.4. Escaleras.....	55
2.6.4.1. Partes de la escalera .....	55
2.6.4.2. Medidas de las escaleras .....	56
2.6.4.3. Proceso de cálculo.....	57
2.6.5. Fundaciones.....	59
2.6.5.1. Distribución de tensiones en el terreno.....	59
2.6.5.2. Zapatas aisladas.....	59
2.6.5.2.1. Cálculo de zapata aislada. ....	60
2.6.6. Juntas de dilatación.....	68
2.7. ESTRATEGIA PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	69
2.7.1. Especificaciones técnicas.....	69
2.7.2. Precios unitarios.....	70
2.7.3. Cómputos métricos.....	74
2.7.4. Presupuesto.....	75
2.7.5. Cronograma de actividades.....	76
<b>3. INGENIERIA DEL PROYECTO.....</b>	<b>77</b>
3.1. ANÁLISIS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	77
3.2. ANÁLISIS DEL ESTUDIO DE SUELOS.....	78

3.3. ANÁLISIS DE LA ARQUITECTURA DEL PROYECTO.....	82
3.4. PLANTEAMIENTO ESTRUCTURAL .....	83
3.4.1. Estructura de sustentación de la cubierta.....	83
3.4.2. Estructura de sustentación de la edificación.....	83
3.4.3. Estructuras complementarias(escaleras).....	84
3.4.4. Fundaciones.....	84
3.4.5. Muros de hormigón armado.....	85
3.5. ANÁLISIS, DISEÑO Y CALCULO ESTRUCTURAL.....	86
3.5.1. Diseño de la estructura aporticada.....	86
3.5.1.1. Diseño de vigas.....	86
3.5.1.2. Diseño de columnas.....	97
3.5.2. Diseño de losas de viguetas pretensadas .....	102
3.5.2.1. Pendiente de la cubierta de losa plana y ubicación de las bajantes...	131
3.5.2.2. Tanque de agua.....	135
3.5.3. Estructuras complementarias (escaleras).....	136
3.5.4. Diseño de fundaciones.....	142
3.5.5. Juntas de dilatación.....	154
3.6. DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO....	156
3.6.1. Especificaciones técnicas.....	156
3.6.2. Precios unitarios.....	156
3.6.3. Cómputos métricos.....	156
3.6.4. Presupuesto.....	156
3.6.5. Cronograma de actividades .....	156
<b>4. APORTE ACADÉMICO .....</b>	<b>158</b>
4.1. ALCANCE DEL APORTE .....	158
4.2. MARCO TEÓRICO DEL APORTE .....	158
4.2.1. Losa de fundación.....	158
4.2.2. Tipos de losas de fundación.....	159
4.2.3. Métodos de diseño estructural de losa de fundación de canto constante.....	160
4.2.3.1. Diseño de losas de fundación por el método rígido .....	160
4.2.3.1.1. Dimensionamiento en planta.....	160

4.2.3.1.2. Dimensionamiento en elevación.....	163
4.2.3.1.3. Análisis de esfuerzos.....	167
4.2.3.1.4. Cálculo del refuerzo de acero por flexión.....	167
4.2.3.1.5. Cálculo del refuerzo de acero por corte.....	168
4.2.3.2. Diseño de losas de fundación por el método flexible.....	168
4.2.3.2.1. Dimensionamiento en planta.....	170
4.2.3.2.2. Dimensionamiento en elevación.....	170
4.2.3.2.3. Análisis de esfuerzos.....	170
4.2.3.2.4. Cálculo del refuerzo de acero por flexión.....	173
4.2.3.2.5. Cálculo del refuerzo de acero por corte.....	173
4.3. PRODUCTO - APORTE.....	173
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>216</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	216
5.2. RECOMENDACIONES.....	218
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	

## **ANEXOS**

- A.1. Topografía
- A.2. Estudio de suelos
- A.3. Reporte fotográfico
- A.4. Cargas empleadas para el diseño
- A.5. Memoria de cálculo
- A.6. Listado de escaleras
- A.7. Diseño de muros de H°A°
- A.8. Especificaciones técnicas
- A.9. Precios unitarios
- A.10. Cómputos métricos
- A.11. Presupuesto
- A.12. Cronograma de actividades
- A.13. Planos

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura N° 1.1. Ubicación (provincia Cercado de la ciudad de Tarija) .....	4
Figura N° 1.2. Fotografía satelital de la ubicación.....	4
Figura N° 1.3. Fotografía satelital de la ubicación, (emplazamiento de la U.E actual) .....	5
Figura N° 2.1. Tipos de cono de penetración estática.....	8
Figura N° 2.2. Tipos de cono de penetración dinámica .....	9
Figura N° 2.3. Empalme por traslapo .....	31
Figura N° 2.4. Diagrama de esfuerzo parábola rectángulo.....	33
Figura N° 2.5. Viga de hormigón armado. ....	36
Figura N° 2.6. Pórticos intraslacionales, para obtener el valor de k .....	46
Figura N° 2.7. Pórticos traslacionales, para obtener el valor de k .....	46
Figura N° 2.8. losa de viguetas pretensadas .....	53
Figura N° 2.9. Tipos de bovedillas.....	55
Figura N° 2.10. Partes constitutivas de una escalera .....	56
Figura N° 2.11. Distribución de presiones bajo una zapata .....	59
Figura N° 2.12. Solicitaciones presentes en una zapata aislada .....	61
Figura N° 3.1. Topografía de la actual U.E. Jorge Araoz Campero.....	77
Figura N° 3.2. Fotografía de la actual U.E. Jorge Araoz Campero.....	78
Figura N° 3.3. Ubicación de los pozos para el estudio de suelos.....	79
Figura N° 3.4. Cotas de diseño de las fundaciones .....	81
Figura N° 3.5. Arquitectura (planta baja) de la nueva U.E. Jorge Araoz Campero.....	82
Figura N° 3.6. Planteo estructural de las escaleras.....	84
Figura N° 3.7. Muro de H°A° tipo ménsula.....	85
Figura N° 3.8. Planteo estructural de la edificación.....	85
Figura N° 3.9. Viga a ser diseñada.....	87
Figura N° 3.10. Columna a ser diseñada.....	98
Figura N° 3.11. Losa de viguetas pretensadas a ser diseñada.....	103
Figura N° 3.12. Imagen ilustrativa de un forjado de semiviguetas.....	104

Figura N° 3.13. Imagen ilustrativa de una losa de viguetas pretensadas.....	104
Figura N° 3.14. Diagrama de la escalera.....	137
Figura N° 3.15. Zapata a ser diseñada.....	142
Figura N° 3.16. Ubicación de las juntas de dilatación en la estructura.....	154
Figura N° 3.17. Detalle de junta de dilatación entre bloque 1-2.....	154
Figura N° 4.1. Tipos comunes de losas de fundación.....	159
Figura N° 4.2. Losa de fundación de canto constante.....	160
Figura N° 4.3. Definición de áreas de corte en diferentes posiciones de columnas .....	164
Figura N° 4.4. División de franjas para verificación de rigidez.....	166
Figura N° 4.5. Diagrama de corte y momento.....	167
Figura N° 4.6. Principios de diseño del método rígido, principios de diseño del método flexible.....	169
Figura N° 4.7. Modelo matemático usado para el análisis de esfuerzos en el método elástico.....	170
Figura N° 4.8. Áreas de influencia que varían según el nudo.....	171
Figura N° 4.9. Esquema de momentos.....	172
Figura N° 4.10. Ubicación de la losa 1.....	175
Figura N° 4.11. Presiones bajo la losa de fundación 1.....	179
Figura N° 4.12. Ubicación de la columna C65, para el diseño a punzonamiento .....	180
Figura N° 4.13. Diagrama de momentos M1-1 en losa 1.....	181
Figura N° 4.14. Diagrama de momentos M2-2 en losa 1.....	182
Figura N° 4.15. Ejes de replanteo de la losa 1.....	182
Figura N° 4.16. Ubicación de la losa 2.....	188
Figura N° 4.17. Presiones bajo la losa de fundación 2.....	188
Figura N° 4.18. Diagrama de momentos M1-1 en losa 2.....	190
Figura N° 4.19. Diagrama de momentos M2-2 en losa 2.....	190
Figura N° 4.20. Ejes de replanteo de la losa 2.....	191
Figura N° 4.21. Ubicación de la losa 3.....	194

Figura N° 4.22. Presiones bajo la losa de fundación 3.....	195
Figura N° 4.23. Diagrama de momentos M1-1 en losa 3.....	196
Figura N° 4.24. Diagrama de momentos M2-2 en losa 3.....	196
Figura N° 4.25. Ejes de replanteo de la losa 3.....	197
Figura N° 4.26. Ubicación de la losa 4.....	199
Figura N° 4.27. Presiones bajo la losa de fundación 4.....	200
Figura N° 4.28. Diagrama de momentos M1-1 en losa 4.....	201
Figura N° 4.29. Diagrama de momentos M2-2 en losa 4.....	201
Figura N° 4.30. Ejes de replanteo de la losa 4.....	202
Figura N° 4.31. Ubicación de la losa 5.....	204
Figura N° 4.32. Presiones bajo la losa de fundación 5.....	205
Figura N° 4.33. Diagrama de momentos M1-1 en losa 5.....	206
Figura N° 4.34. Diagrama de momentos M2-2 en losa 5.....	206
Figura N° 4.35. Ejes de replanteo de la losa 5.....	207
Figura N° 4.36. Ubicación de la losa 6.....	210
Figura N° 4.37. Presiones bajo la losa de fundación 6.....	211
Figura N° 4.38. Diagrama de momentos M1-1 en losa 6.....	212
Figura N° 4.39. Diagrama de momentos M2-2 en losa 6.....	212
Figura N° 4.40. Ejes de replanteo de la losa 6.....	213

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pagina.
Cuadro N° 2.1. Sobrecarga de uso.....	15
Cuadro N° 2.2. Coeficientes de minoración de la resistencia de los materiales.....	16
Cuadro N° 2.3. Coeficientes de ponderación de las acciones.....	16
Cuadro N° 2.4. Coeficientes de conservación de la resistencia a la compresión respecto a probetas del mismo tipo a diferentes edades.....	18
Cuadro N° 2.5. Diámetros y áreas de aceros (barras lisas y corrugadas) .....	23

Cuadro N° 2.6. Características mecánicas mínimas garantizadas de las barras corrugadas.....	23
Cuadro N° 2.7. Recubrimientos mínimos.....	26
Cuadro N° 2.8. Radios de curvatura para ganchos y estribos.....	27
Cuadro N° 2.9. Radios de curvatura de la armadura principal.....	27
Cuadro N° 2.10. Tabla para determinar el valor de $\psi$ .....	32
Cuadro N° 2.11. Valores límites.....	37
Cuadro N° 2.12. Cuantías geométricas mínimas.....	37
Cuadro N° 2.13. Tabla universal para flexión simple o compuesta.....	38
Cuadro N° 2.14. Longitud de pandeo ( $l_0=k*1$ ) de las piezas aisladas.....	45
Cuadro N° 2.15. Esfuerzos admisibles en alambres de pretensado.....	45
Cuadro N° 2.16. Medidas de las escaleras .....	57
Cuadro N° 2.17. Modelo de planilla de precios unitarios .....	73
Cuadro N° 2.18. Modelo de planilla de cálculos métricos .....	74
Cuadro N° 3.1. Resumen del estudio de suelo en pozo 1 .....	80
Cuadro N° 3.2. Resumen del estudio de suelo en pozo 2 .....	81
Cuadro N° 3.3. Ficha técnica del plastroformo.....	103
Cuadro N° 3.4. Valores de $K_{re}$ y $J$ .....	114
Cuadro N° 3.5. Valores de $C$ .....	114
Cuadro N° 4.1. Correlación entre tipos de suelo y coeficientes de balasto .....	174
Cuadro N° 4.2. Relación entre capacidad última de carga y coeficiente de balasto.....	174
Cuadro N° 4.3. Altura de macizamientos en la losa 1 bajo las columnas.....	181
Cuadro N° 4.4. Armado por flexión de la losa 1.....	187
Cuadro N° 4.5. Altura de macizamientos en la losa 2 bajo las columnas.....	189
Cuadro N° 4.6. Armado por flexión de la losa 2.....	193
Cuadro N° 4.7. Altura de macizamientos en la losa 3 bajo las columnas.....	195
Cuadro N° 4.8. Armado por flexión de la losa 3.....	199
Cuadro N° 4.9. Altura de macizamientos en la losa 4 bajo las columnas.....	201
Cuadro N° 4.10. Armado por flexión de la losa 4.....	204

Cuadro N° 4.11. Altura de macizamientos en la losa 5 bajo las columnas.....	206
Cuadro N° 4.12. Armado por flexión de la losa 5.....	209
Cuadro N° 4.13. Altura de macizamientos en la losa 6 bajo las columnas.....	211
Cuadro N° 4.14. Armado por flexión de la losa 6.....	215

---

**UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

DPTO. DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

**LABORATORIO DE SUELOS**



**Estudio Geotécnico**  
**(Cono Holandés - Capacidad Admisible del Suelo)**

Proyecto: Diseño estructural de la nueva U.E. Jorge Aroz Campero

Identificación: Pozo 1

Solicitante: Univ. Farfán Figueroa Gonzalo

Fecha: 24/09/2018

**TARIJA - BOLIVIA**

---

---

**UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

DPTO. DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

**LABORATORIO DE SUELOS**



**Capacidad Portante**  
**(Cono Holandés)**

Proyecto: Diseño estructural de la nueva U.E. Jorge Aroz Campero

Identificación de Muestra: Pozo 1

Solicitante: Univ. Farfán Figueroa Gonzalo

Fecha: 24/09/2018

**TARIJA - BOLIVIA**

---

---

**UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

DPTO. DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

**LABORATORIO DE SUELOS**



**Estudio Geotécnico**  
**(Cono Holandés - Capacidad Admisible del Suelo)**

Proyecto: Diseño estructural de la nueva U.E. Jorge Araoz Campero

Identificación: Pozo 2

Solicitante: Univ. Farfán Figueroa Gonzalo

Fecha: 24/09/2018

**TARIJA - BOLIVIA**

---

---

**UNIVERSIDAD AUTONOMA "JUAN MISAEL SARACHO"**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

DPTO. DE TOPOGRAFÍA Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

**LABORATORIO DE SUELOS**



**Capacidad Portante**  
**(Cono Holandés)**

Proyecto: Diseño estructural de la nueva U.E. J.A.C.

Identificación de Muestra: Pozo 2

Solicitante: Univ. Farfán Figueroa Gonzalo

Fecha: 24/09/2018

**TARIJA - BOLIVIA**

---

## ÍNDICE

<b>1.- VERSIÓN DEL PROGRAMA Y NÚMERO DE LICENCIA</b>	2
<b>2.- DATOS GENERALES DE LA ESTRUCTURA</b>	¡Error! Marcad or no definido .
<b>3.- NORMAS CONSIDERADAS</b>	¡Error! Marcad or no definido .
<b>4.- ACCIONES CONSIDERADAS</b>	2
<b>4.1.- Gravitatorias</b>	2
<b>4.2.- Viento</b>	2
<b>4.3.- Sismo</b>	2
<b>4.4.- Hipótesis de carga</b>	2
<b>4.5.- Empujes en muros</b>	2
<b>4.6.- Listado de cargas</b>	3
<b>5.- ESTADOS LÍMITE</b>	20
<b>6.- SITUACIONES DE PROYECTO</b>	20
<b>6.1.- Coeficientes parciales de seguridad (<math>\gamma</math>) y coeficientes de combinación (<math>\psi</math>)</b>	21
<b>6.2.- Combinaciones</b>	22
<b>7.- DATOS GEOMÉTRICOS DE GRUPOS Y PLANTAS</b>	22
<b>8.- DATOS GEOMÉTRICOS DE PILARES, PANTALLAS Y MUROS</b>	22
<b>8.1.- Pilares</b>	22
<b>9.- DIMENSIONES, COEFICIENTES DE EMPOTRAMIENTO Y COEFICIENTES DE PANDEO PARA CADA PLANTA</b>	25
<b>10.- LISTADO DE PAÑOS</b>	26

## ÍNDICE

<b>11.- LOSAS Y ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN</b>	27
<b>12.- MATERIALES UTILIZADOS</b>	27
<b>12.1.- Hormigones</b>	27
<b>12.2.- Aceros por elemento y posición</b>	27
12.2.1.- Aceros en barras	27

## ANEXO 6

## ÍNDICE

<b>1.- DATOS GENERALES</b>	2
<b>2.- NÚCLEOS DE ESCALERA</b>	2
<b>2.1.- Escalera 1</b>	2
2.1.1.- Geometría	2
2.1.2.- Cargas	2
2.1.3.- Tramos	4
<b>2.2.- Escalera 2</b>	4
2.2.1.- Geometría	4
2.2.2.- Cargas	4
2.2.3.- Tramos	4