

**ANEXO I**  
**MATRIZ PCES**

## Anexo 1: Matriz PCES

### Matriz Problema Causa Efecto Solución

Problema	Causa	Efecto	Solución
Falta de Infraestructura de Viviendas para el constante crecimiento poblacional en zona con gran afluencia de personas.	La mayoría de la zona está ocupada por viviendas privadas de familias	Falta de viviendas para profesional que trabajan por el área y sus familias, falta de lugares para tiendas de comerciantes.	Plantear una estructura de vivienda unifamiliar que puedas abastecer a varias familias que necesiten por motivos de trabajo o comercio tener una vivienda cercana ya sea propia o alquilada con un ambiente confortable y seguro
Zona de Constante crecimiento de Negocios que necesitan infraestructura, segura y confortable.	Crecimiento Económico y crecimiento poblacional	Las Personas no encuentran infraestructura disponible para establecer negocios y migran a otras zonas	Elaborar proyectos que puedan ser un incentivo de inversión en la zona para futuras construcciones.

Fuente: Elaboración Propia

## Anexo 2.5: Clasificación de Suelos

### Pozo 1 – Profundidad de 2 metros

Característica: Suelo Inorgánico

Porcentaje que pasa tamiz Nro. 200: % **Que Pasa: 79.78**

Límite Líquido:  $LL = 28.74$

Índice de Plasticidad:  $IP = 10.125$

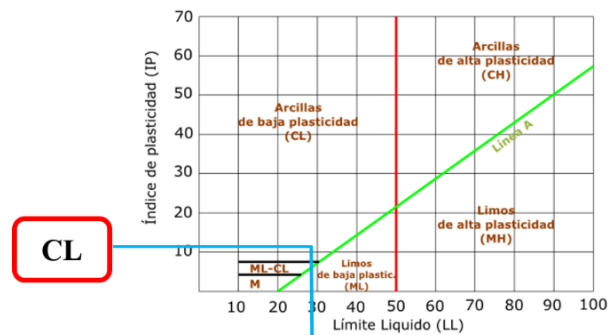
El sistema de clasificación aplicado es el sistema SUCS, y usamos la Tabla 1.8 del libro de Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones de Braja M. Das.

**Tabla 1.8** Gráfica de la Unified Soil Classification (según la ASTM, 2009) (ASTM D2487-98: Práctica estándar para la clasificación de suelos para fines ingenieriles (Unified Soil Classification). Derechos de autor de la ASTM INTERNATIONAL. Reimpresión con permiso).

	Criterios para asignar símbolos y nombres de grupo utilizando pruebas de laboratorio*			Clasificación del suelo	
				Símbolo de grupo	Nombre de grupo <sup>b</sup>
<b>Suelos de grano grueso</b> Más de 50% retenido en la malla núm. 200	Gravas	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3$	GW	Grava bien graduada <sup>f</sup>
	Más de 50% de la fracción gruesa retenida en la malla núm. 4	Menos de 5% finos <sup>g</sup>	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3$	GP	Grava mal graduada <sup>f</sup>
		Gravas con finos	Los finos se clasifican como ML o MH	GM	Grava limosa <sup>f,*,*</sup>
		Más de 12% finos <sup>g</sup>	Los finos se clasifican como CL o CH	GC	Grava arcillosa <sup>f,*,*</sup>
Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla núm. 4	Arenas limpias	Arenas limpias	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3$	SW	Arena bien graduada <sup>f</sup>
	Menos de 5% finos <sup>g</sup>	Arenas con finos	$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3$	SP	Arena mal graduada <sup>f</sup>
	Más de 12% finos <sup>g</sup>	Los finos se clasifican como ML o MH	SM	Arena limosa <sup>f,*,*</sup>	
		Los finos se clasifican como CL o CH	SC	Arena arcillosa <sup>f,*,*</sup>	
<b>Suelos de grano fino</b> 50% o más pasa la malla núm. 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánicos	$IP > 7$ y se encuentra en o arriba de la línea "A"	CL	Arcilla de baja compresibilidad <sup>1,1,*,*</sup>
			$IP < 4$ o se encuentra debajo de la línea "A"	ML	Limo de baja compresibilidad <sup>1,1,*,*</sup>
		Orgánicos	Límite líquido—secado en horno Límite líquido—no secado $< 0.75$	OL	Arcilla orgánica <sup>1,1,*,*</sup>
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o mayor	Inorgánicos	$IP$ se encuentra en o arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta compresibilidad <sup>1,1,*,*</sup>
			$IP$ se encuentra debajo de la línea "A"	MH	Limo de alta compresibilidad <sup>1,1,*,*</sup>
		Orgánicos	Límite líquido—secado en horno Límite líquido—no secado $< 0.75$	OH	Arcilla orgánica <sup>1,1,*,*</sup>
<b>Suelos altamente orgánicos</b>	Principalmente materia orgánica, de color oscuro y olor orgánico			PT	Turba

Fuente: (Braja, 2012)

Gráfica de plasticidad del USCS



Fuente: (Braja, 2012)

Clasificación de Suelo en Pozo 1 a 2 metros: Arcilla de Baja Compresibilidad

Símbolo de Grupo: CL

**Pozo 2 – Profundidad de 3 metros**

Característica: Suelo Inorgánico

Porcentaje que pasa tamiz Nro. 200: % **Que Pasa: 71.96**

Limite Liquido:  $LL = 27.69$

Índice de Plasticidad:  $IP = 10.854$

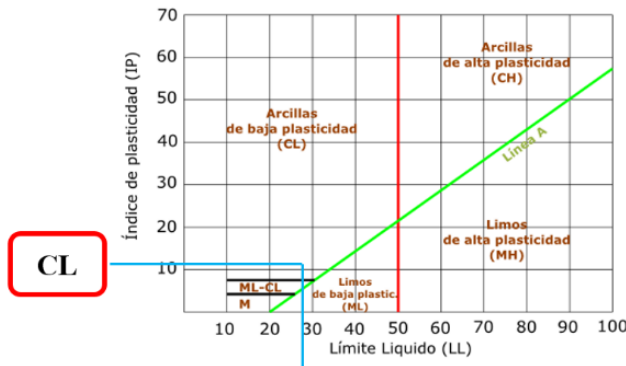
**El sistema de clasificación aplicado es el sistema SUCS, y usamos la Tabla 1.8 del libro de Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones de Braja M. Das.**

**Tabla 1.8** Gráfica de la Unified Soil Classification (según la ASTM, 2009) (ASTM D2487-98: Práctica estándar para la clasificación de suelos para fines ingenieriles (Unified Soil Classification). Derechos de autor de la ASTM INTERNATIONAL. Reimpresión con permiso).

Criterios para asignar símbolos y nombres de grupo utilizando pruebas de laboratorio <sup>a</sup>				Clasificación del suelo		
				Símbolo de grupo	Nombre de grupo <sup>b</sup>	
<b>Suelos de grano grueso</b> Más de 50% retenido en la malla núm. 200	Gravas	Gravas limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3$	GW	Grava bien graduada <sup>c</sup>	
	Más de 50% de la fracción gruesa retenida en la malla núm. 4	Menos de 5% finos <sup>d</sup>	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3$	GP	Grava mal graduada <sup>c</sup>	
		Gravas con finos	Los finos se clasifican como ML o MH	GM	Grava limosa <sup>e, f, g</sup>	
		Más de 12% finos <sup>d</sup>	Los finos se clasifican como CL o CH	GC	Grava arcillosa <sup>e, f, g</sup>	
Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla núm. 4	Arenas limpias	Menos de 5% finos <sup>d</sup>	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3$	SW	Arena bien graduada <sup>c</sup>	
	Más de 50% de la fracción gruesa pasa la malla núm. 4	Menos de 5% finos <sup>d</sup>	$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3$	SP	Arena mal graduada <sup>c</sup>	
		Arena con finos	Los finos se clasifican como ML o MH	SM	Arena limosa <sup>e, f, g</sup>	
		Más de 12% finos <sup>d</sup>	Los finos se clasifican como CL o CH	SC	Arena arcillosa <sup>e, f, g</sup>	
<b>Suelos de grano fino</b> 50% o más pasa la malla núm. 200	Limos y arcillas Límite líquido menor que 50	Inorgánicos	$IP > 7$ y se encuentra en o arriba de la línea "A" <sup>h</sup>	CL	Arcilla de baja compresibilidad <sup>i, j, k</sup>	
			$IP < 4$ o se encuentra debajo de la línea "A" <sup>h</sup>	ML	Limo de baja compresibilidad <sup>i, j, k</sup>	
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o mayor	Orgánicos	Límite líquido—secado en horno	< 0.75	OL	Arcilla orgánica <sup>i, j, k, l</sup>
			Límite líquido—no secado	< 0.75	OH	Limo orgánico <sup>i, j, k, l</sup>
		Inorgánicos	IP se encuentra en o arriba de la línea "A" <sup>h</sup>	CH	Arcilla de alta compresibilidad <sup>i, j, k</sup>	
			IP se encuentra debajo de la línea "A" <sup>h</sup>	MH	Limo de alta compresibilidad <sup>i, j, k</sup>	
		Orgánicos	Límite líquido—secado en horno	< 0.75	OH	Arcilla orgánica <sup>i, j, k, l</sup>
			Límite líquido—no secado	< 0.75	OL	Limo orgánico <sup>i, j, k, l</sup>
<b>Suelos altamente orgánicos</b>		Principalmente materia orgánica, de color oscuro y olor orgánico		PT	Turba	

Fuente: (Braja, 2012)

**Gráfica de plasticidad del USCS**

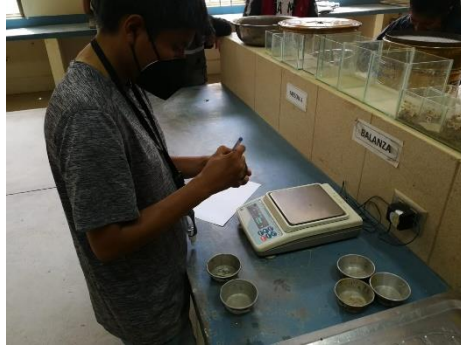


Fuente: (Braja, 2012)

**Clasificación de Suelo en Pozo 2 a 3 metros: Arcilla de Baja Compresibilidad**

**Símbolo de Grupo: CL**

### Ensayo de Contenido de Humedad



### Ensayo de Granulometría



### Ensayo de Limites de Atterberg



### Ensayo de Peso Especifico



## Anexo 2.6: Ensayo de Penetración Estándar

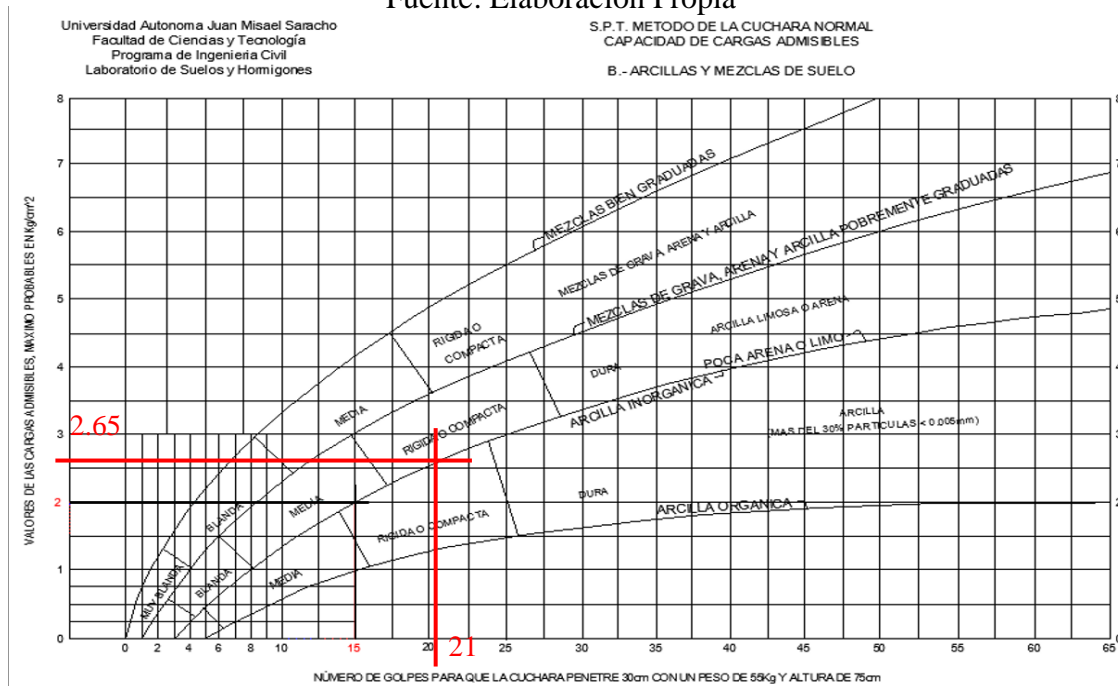
### Resultados de Ensayo SPT en Pozo 1 a 2 metros de profundidad

Datos estandarizados del Equipo del Laboratorio:		
Altura de penetración	30	cm
Peso del martillo	65	Kg
Altura de caída	75	cm

Fuente: Elaboración Propia

Pozo Nro.	Profundidad (m)	Número de Golpes	Resistencia Admisible al 80% (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Admisible (MPa)	Observaciones
1	2	22	2.12	0.212	Arcilla (CL)

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Laboratorio de Suelos (U.A.J.M.S.)

**Aucachi Fernandez Josue Abraham**

Proyectista

**Ing. Jose Ricardo Arce A.**

Encargado del Laboratorio de Suelos

**U.A.J.M.S.**

El Laboratorio de Suelos de la U.A.J.M.S. no se hace responsable por los ensayos de suelos realizados en laboratorio, el proyectista es responsable por los mismos.

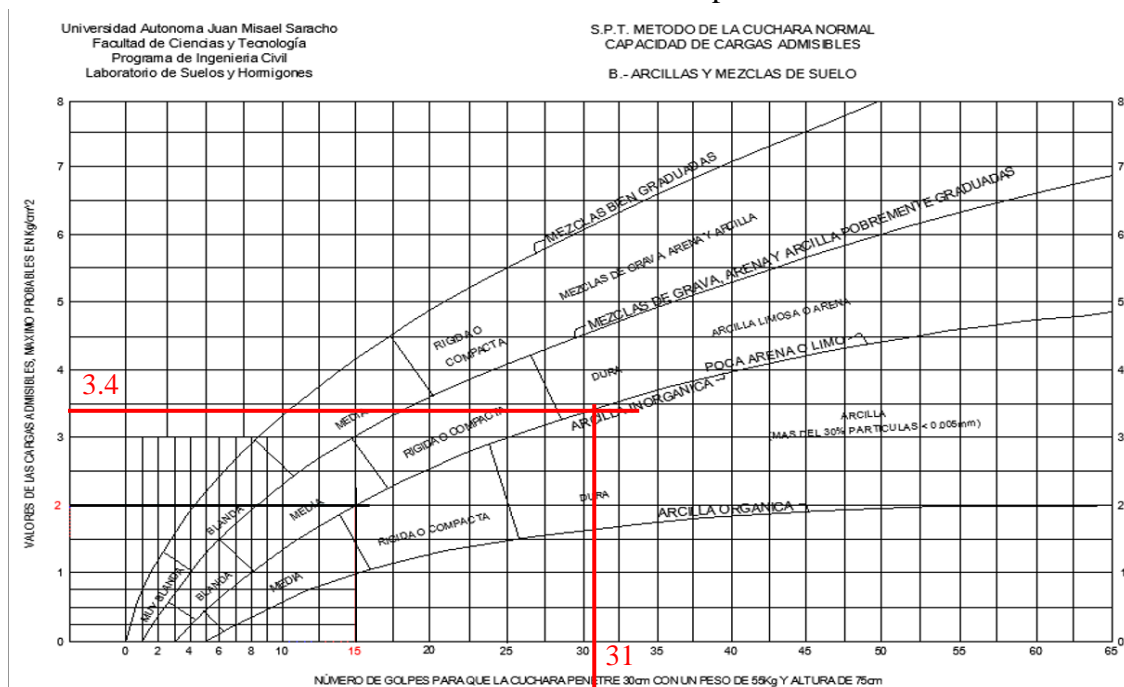
## Resultados de Ensayo SPT en Pozo 2 a 3 metros de profundidad

Datos estandarizados del Equipo del Laboratorio:		
Altura de penetración	30	cm
Peso del martillo	65	Kg
Altura de caída	75	cm

Fuente: Elaboración Propia

Pozo Nro.	Profundidad (m)	Número de Golpes	Resistencia Admisible al 80% (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Admisible (MPa)	Observaciones
2	3	31	2.72	0.272	Arcilla (CL)

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Laboratorio de Suelos (U.A.J.M.S.)

**Aucachi Fernandez Josue Abraham**  
Proyectista

**Ing. Jose Ricardo Arce A.**  
Encargado del Laboratorio de Suelos  
**U.A.J.M.S.**

El Laboratorio de Suelos de la U.A.J.M.S. no se hace responsable por los ensayos de suelos realizados en laboratorio, el proyectista es responsable por los mismos.

## Excavación



## Ensayo de SPT





## Corrección del Número de Golpes del Ensayo SPT de acuerdo a la Bibliografía de Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones de Braja M. Das

La práctica estándar es expresar el valor N para una relación energética promedio de 60 % ( $N = N_{60}$ ). Así pues, la corrección por los procedimientos de campo y con base en las observaciones de campo parece razonable para estandarizar el número de penetración estándar como una función de la energía de entrada de hincado y su disipación alrededor del Muestreador hacia el suelo circundante.

$$N_{60} = \frac{N * \eta_H * \eta_B * \eta_S * \eta_R}{60} \quad (\text{Ec 2.6 – Braja M. Das})$$

**Tabla 2.5** Variación de  $\eta_H, \eta_B, \eta_S$ , y  $\eta_R$  [Ec. (2.6)].

### 1. Variación de $\eta_H$

País	Tipo de martinete	Liberación del martinete	$\eta_H$ (%)
Japón	Toroide	Caída libre	78
	Toroide	Cuerda y polea	67
Estados Unidos	De seguridad	Cuerda y polea	60
	Toroide	Cuerda y polea	45
Argentina	Toroide	Cuerda y polea	45
China	Toroide	Caída libre	60
	Toroide	Cuerda y polea	50

### 3. Variación de $\eta_S$

Variable	$\eta_S$
Muestreador estándar	1.0
Con recubrimiento para arena y arcilla densas	0.8
Con recubrimiento para arena suelta	0.9

### 2. Variación de $\eta_B$

Diámetro, mm	$\eta_B$
60-120	1
150	1.05
200	1.15

### 4. Variación de $\eta_R$

Longitud de la barra, m	$\eta_R$
> 10	1.0
6-10	0.95
4-6	0.85
0-4	0.75

Fuente: (Braja, 2012)

$N$  = (Número de golpes de penetración estándar obtenido en el campo)

$\eta_H$  = 45% (eficiencia del martinete)

$\eta_B$  = 1 (Diámetro de 60 – 120 mm)

$\eta_S$  = 1 (Muestreador Estándar)

$\eta_R$  = 0.75 (Longitud de la Barra de 0 – 4 m)

Para  $N = 21$  Golpes

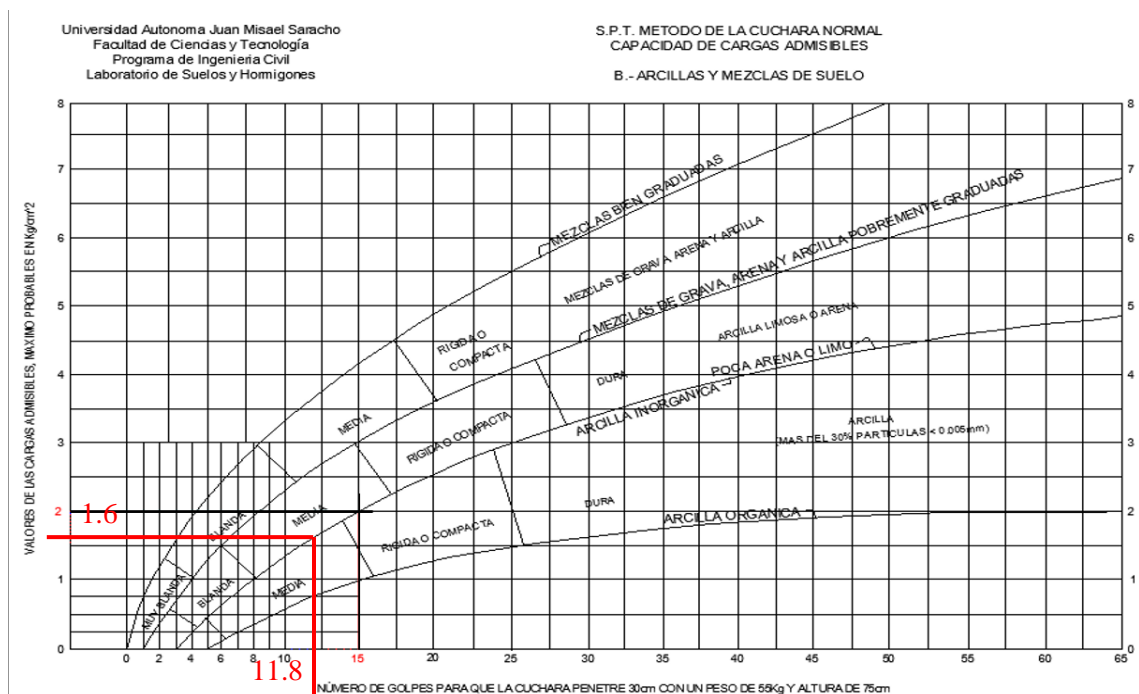
$$N_{60} = \frac{21 * 45\% * 1 * 1 * 0.75}{60} = 11.81 \text{ golpes}$$

Para  $N = 31$  Golpes

$$N_{60} = \frac{31 * 45\% * 1 * 1 * 0.75}{60} = 17.44 \text{ golpes}$$

Calculando el valor de la Resistencia Admisible del suelo con el Número de golpes corregido a través de la bibliografía de Braja M. Das, ingresamos nuevamente a las tablas de SPT proporcionadas por laboratorio:

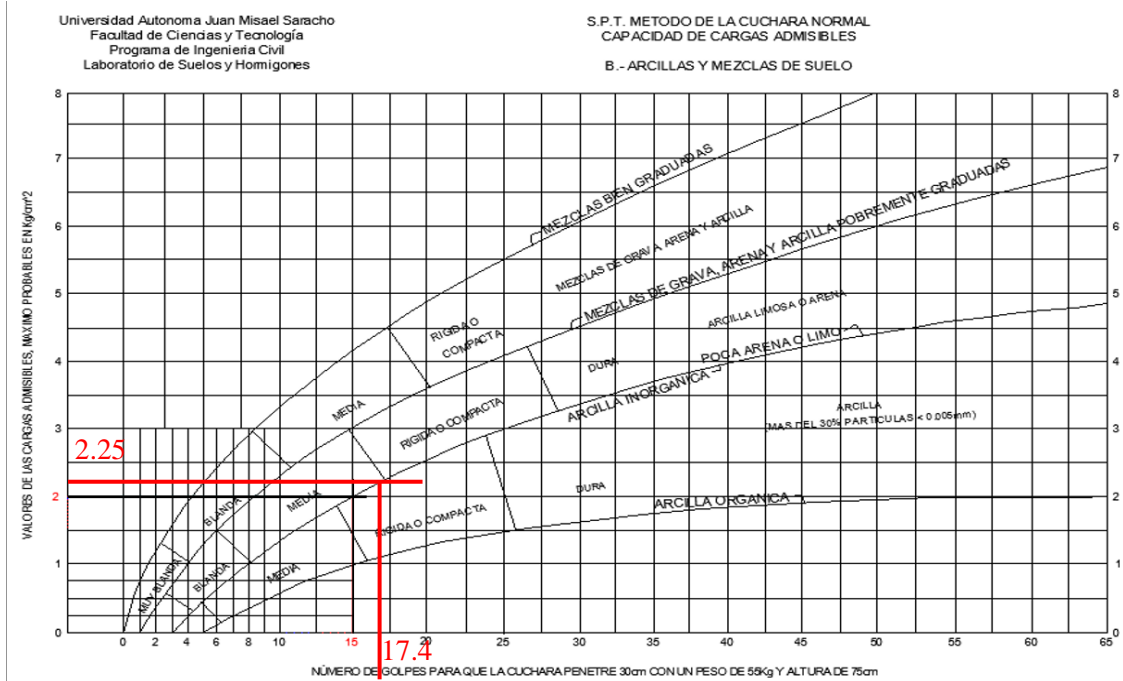
### Resistencia del Suelo para 2 m de Profundidad con $N_{60} = 11.8$ golpes



Para una profundidad de 2 metros con  $N_{60} = 11.8$  tenemos una Resistencia

Admisible de  $1.4 \text{ Kg/cm}^2 = 140 \text{ kN/m}^2 = 0.14 \text{ MPa}$

## Resistencia del Suelo para 3 m de Profundidad con $N_{60} = 17.44$ golpes



**Para una profundidad de 3 metros con  $N_{60} = 17.44$  tenemos una Resistencia**

**Admisible de  $2.25 \text{ Kg/cm}^2 = 225 \text{ kN/m}^2 = 0.225 \text{ MPa}$**

Con los valores corregidos podemos tomar estos valores para el diseño de la estructura, resumiendo dichos valores en la siguiente tabla:

Resistencia Admisible del Suelo por Ensayo SPT con $N_{60}$				
Profundidad (m)	Ensayo S.P.T. con Número de golpes corregido			Tipo de Suelo
	( $\text{Kg/cm}^2$ )	( $\text{kN/m}^2$ )	(MPa)	SUCS
2.00	1.60	160	0.16	CL
3.00	2.25	225	0.225	CL

Fuente: Elaboración Propia

## Revisión de Valores obtenidos por el Ensayo SPT con otros Estudios realizados en la misma zona del proyecto.

Para tener más seguridad en los valores obtenidos se puede ver como referencia los resultados del Proyecto de Grado presentado por las Ingenieras Choque Vallejos Yaninne y Segovia Zeballos Gabriela de la Universidad Católica Boliviana “San Pablo” gestión 2016, cuyo tema es “Estudio y Caracterización de los Suelos Finos de los Distritos 6, 7, 8 y 9 de la zona Norte del Casco Urbano de la Ciudad de Tarija”

Dicho proyecto abarca la zona del Barrio Constructor, lugar donde está emplazado el actual proyecto, por lo cual se puede tomar los valores del proyecto de la UCB como información adicional para corroborar los datos obtenidos.

### Resistencia Admisible del Suelo en Barrio “El Constructor”

UNIVERSIDAD CATOLICA BOLIVIANA “SAN PABLO”  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERIAS



#### 5.1.5 Punto 5 – Barrio El Constructor

Tabla 5.1.5.1  
*Resultados Punto 5*

Profundidad (m)	Clasificación	Límites			Contenido de Humedad	Gravedad Específica	Resistencia Admisible (Kg/cm <sup>2</sup> )
		SUCS	LL	LP			
1	CL	28.62	19.85	8.76	15.49%	2.68	1,20
2	CL	40.36	28.70	11.66	22.11%	2.67	1,62
3	CL	28.44	20.60	7.85	13.36%	2.67	2,46

Fuente: *Elaboración Propia*

En el Barrio el Constructor la capacidad portante aumentaba a mayor profundidad, el tipo de suelo fue homogéneo en los tres estratos teniendo como resultado una Arcilla de Baja Plasticidad de consistencia muy firme. El contenido de humedad a los dos metros fue el más alto de los tres estratos.

La gravedad específica a un metro de profundidad dio como resultado un suelo Limo Arcilloso; para dos y tres metros, respectivamente, un suelo Arcilloso.

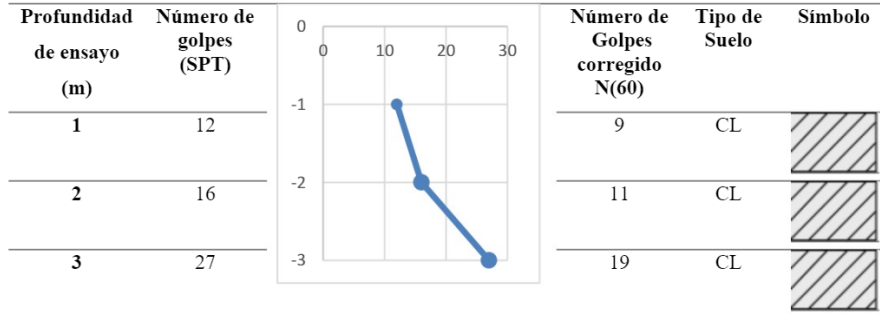
Fuente: (Lizbeth & Segovia Zeballos , 2016)

Los valores que presenta la tabla del proyecto corresponden a los valores del SPT corregido, es decir la resistencia correspondiente al número de golpes corregido  $N_{60}$ .

### 5.3.5 Punto 5-Barrio El constructor

Tabla 5.3.5.1

*Ensayo de penetración estándar (SPT)*



Fuente: Elaboración propia

Fuente: (Lizbeth & Segovia Zeballos , 2016)

Como se puede ver en los resultados de la tabla, presenta valores similares a los obtenidos por el ensayo SPT a las profundidades que se realizó en el presente proyecto, además de ser el mismo tipo de suelos en los mismos estratos, por lo cual se puede concluir que se tiene el mismo tipo de suelo con resistencias admisibles muy similares.

### **Correlaciones entre la Cohesión del Suelo y el número de golpes del Ensayo SPT**

Del análisis realizado en el punto anterior tenemos el número de golpes corregido  $N_{60}$ , se realizará el cálculo de la cohesión solo en el pozo 2 con profundidad de 3 metros al ser el punto de interés para el diseño estructural:

$$\text{Pozo 2 (Df = 3 m) } N_{60} = 17.44 \text{ golpes}$$

### **Correlación Stroud (1974)**

$$C_u = K * N_{SPT}$$

$N_{spt} = 31$  Golpes (Número de golpes de penetración estándar obtenido en el campo

$K = 3.5 - 6.5 \text{ kN/m}^2$ , valor promedio de  $K$  es  $4.4 \text{ kN/ m}^2$ . (Braja, 2012)

$$C_u = 4.4 \frac{kN}{m^2} * 31 \text{ golpes} = 136.4 \frac{kN}{m^2}$$

### Correlación de Terzagui y Peck

$$C_u = 0.67 * N_{SPT} = 0.67 * 31 = 20.77 \frac{tn}{m^2} = 207.7 \frac{kN}{m^2}$$

### Correlación de Sowers (Arcillas de Baja Plasticidad)

$$C_u = 0.38 * N_{SPT} = 0.38 * 31 = 11.78 \frac{tn}{m^2} = 116.7 \frac{kN}{m^2}$$

### Correlación de Hara y Otros

$$C_u = 29 * (N_{60})^{0.72} = 29 * (17.44)^{0.72} = 227.14 \frac{kN}{m^2}$$

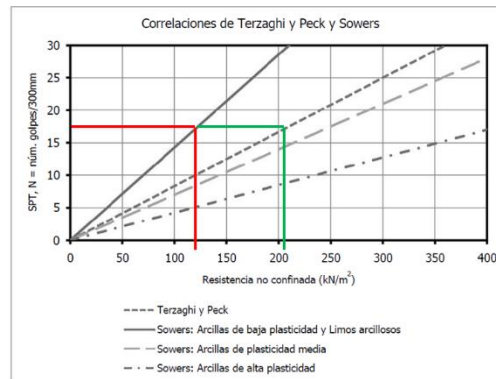


Figura 4-1.- Correlaciones de Terzaghi y Peck y Sowers

Fuente: González C., Matilde, El terreno. Ediciones de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL. Primera Edición. España, 2001. Modificada por el Autor.

Fuente: (Bonilla, 2010)

De Grafica:

( $C_u = 120 \text{ kN/m}^2$  - Sowers Arcillas de Baja Plasticidad)

( $C_u = 207 \text{ kN/m}^2$  - Terzagui y Peck)

**En base a los resultados obtenidos elegimos el valor más crítico, resultado de la ecuación de Sowers para arcillas de baja compresibilidad:**

$$C_u = 116.7 \frac{kN}{m^2}$$

### Anexo 2.7: Verificación de Capacidad Portante del Suelo

Se realizará un cálculo de la capacidad portante del suelo mediante 3 ecuaciones empíricas más usadas de diferentes autores.

Se desarrolló los cálculos para la zapata cuadrada (2.4m x 2.4m), con profundidad de 3 metros, que recibe la mayor carga axial de la estructura

Propiedades del Suelo			
<b>C</b>	116.7	KN/m2	<b>Cohesión</b>
<b>Ø</b>	0	grados	<b>Angulo de Fricción del Suelo</b>
<b>γ</b>	2.7	gr/cm <sup>3</sup>	<b>Peso Específico del Suelo</b>
	27.00	KN/m3	

Fuente: Elaboración Propia

Datos Geométricos de Zapata			
<b>B</b>	2.4	m	<b>Lado menor de Zapata</b>
<b>L</b>	2.4	m	<b>Lado Mayor de Zapata</b>
<b>D</b>	3.0	m	<b>Profundidad de Zapata</b>

Fuente: Elaboración Propia

Carga de Suelo			
<b>q</b>	81	KN/m2	<b>Carga de Suelo sobre zapata</b>

Fuente: Elaboración Propia

### Ecuación General de Terzagui - Capacidad Portante del Suelo

$$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma$$

$$N_q = \frac{e^{2(3\pi/4 - \phi/2) \tan \phi}}{2 \cos^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right)}$$

$$N_\gamma = \frac{1}{2} \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right) \tan \phi$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$K_{p\gamma} = 3 \cdot \tan \left( 45^\circ + \frac{\phi' + 33^\circ}{2} \right)$$

Fuente: (Braja, 2012)

Calculando los factores por formulas y confirmando con la tabla 3.1 de Braja M. Das:

<b>N<sub>q</sub></b>	1.000	Factores de Capacidad de Carga (Fuente: Braja M. Das)
<b>N<sub>c</sub></b>	5.700	
<b>k<sub>py</sub></b>	10.176	
<b>N<sub>γ</sub></b>	0.000	

$q_u =$	945.747	KN/m <sup>2</sup>	<b>Capacidad Ultima de Terreno</b>
$q_u =$	9.457	Kg/cm <sup>2</sup>	
$q_u =$	0.946	MPa	

$qn =$	236.44	KN/m <sup>2</sup>	<b>Capacidad de Carga Admisible de Terreno</b>
$qn =$	2.36	Kg/cm <sup>2</sup>	
$qn =$	0.277	MPa	

**Ecuación General de Capacidad de Carga, (Terzagui – Meyerhof) Braja M. Das**

$$q_u = c' N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

En esta ecuación:

- $c'$  = cohesión
- $q$  = esfuerzo efectivo al nivel del fondo de la cimentación
- $\gamma$  = peso específico del suelo
- $B$  = ancho de la cimentación (= diámetro para una cimentación circular)
- $F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$  = factores de forma
- $F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$  = factores de profundidad
- $F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$  = factores de inclinación de la carga
- $N_c, N_q, N_\gamma$  = factores de capacidad de carga

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi'$$

$$N_q = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi'}{2} \right) e^{\pi \tan \phi'}$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \tan \phi'$$

Fuente: (Braja, 2012)

<b>FS</b>	<b>4</b>	<b>Considerando Factor de Seguridad</b>
-----------	----------	---

<b>Nq</b>	1.00	Factores de Capacidad de Carga (Braja M. Das)
<b>Nc</b>	5.14	
<b>Ny</b>	0.00	

**Factores de Forma**

Forma	$F_{cs} = 1 + \left( \frac{B}{L} \right) \left( \frac{N_q}{N_c} \right)$
	$F_{qs} = 1 + \left( \frac{B}{L} \right) \tan \phi'$
	$F_{\gamma s} = 1 - 0.4 \left( \frac{B}{L} \right)$

Fuente: (Braja, 2012)



<b>Fcs</b>	1.195
<b>Fqs</b>	1.00
<b>Fys</b>	0.60

### Factores de Profundidad

si;  $\frac{D_f}{B} > 1$

Para  $\phi = 0$ :

$$F_{cd} = 1 + 0.4 \underbrace{\tan^{-1}\left(\frac{D_f}{B}\right)}_{\text{radianes}}$$

$$F_{qd} = 1$$

$$F_{\gamma d} = 1$$

Fuente: (Braja, 2012)

<b>Fcd</b>	1.35
<b>Fqd</b>	1.00
<b>Fyd</b>	1.00

### Factores de Inclinación

Inclinación  $F_{ci} = F_{qi} = \left(1 - \frac{\beta^\circ}{90^\circ}\right)^2$

$$F_{\gamma i} = \left(1 - \frac{\beta}{\phi'}\right)$$

$\beta$  = inclinación de la carga sobre la cimentación respecto a la vertical

Fuente: (Braja, 2012)

<b>Fqi</b>	1
<b>Fci</b>	1
<b>Fyi</b>	1

$q_u =$	1012.50	KN/m <sup>2</sup>	<b>Capacidad Ultima de Terreno</b>
$q_u =$	10.125	Kg/cm <sup>2</sup>	
$q_u =$	1.012	MPa	

FS	4	<i>Considerando Factor de Seguridad</i>
----	---	---

qn =	253.12	KN/m <sup>2</sup>	<b>Capacidad de Carga Neta de Terreno</b>
qn =	2.53	Kg/cm <sup>2</sup>	
qn =	0.25	MPa	

**Ecuación de Hansen – Análisis y Diseño de Fundaciones de Joseph E. Bowles**

$$q_{ult} = cN_c s_c d_c + \gamma D N_q s_q d_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma$$

$$N_q = \tan(45 + \phi/2) \exp(\pi \tan \phi)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N = 1.5(N_q - 1) \tan \phi$$

Fuente: (Bowles, 1997)

<b>N<sub>q</sub></b>	1.00	Factores de Capacidad de Carga
<b>N<sub>c</sub></b>	5.14	
<b>N<sub>y</sub></b>	0.00	

y los factores de forma y de profundidad son aproximadamente

$$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L} \quad d_c = 1 + \frac{0.4D}{B}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi \quad d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \frac{D}{B}$$

$$s_\gamma = 1 - \frac{0.4B}{L} \quad d_\gamma = 1.00$$

Fuente: (Bowles, 1997)

sc	1.19
sq	1.00
sy	0.6

dc	1.34
dq	1.00
dy	1

q <sub>u</sub> =	1012.48	KN/m <sup>2</sup>	<b>Capacidad Ultima de Terreno</b>
q <sub>u</sub> =	10.124	Kg/cm <sup>2</sup>	
q <sub>u</sub> =	1.012	MPa	

<b>FS</b>	4	<b>Considerando Factor de Seguridad</b>
-----------	---	---

qn =	253.11	KN/m <sup>2</sup>	<b>Capacidad de Carga Neta de Terreno</b>
qn =	2.53	Kg/cm <sup>2</sup>	
qn =	0.25	MPa	

**Para el Pozo 1 – De 2 metros de Profundidad**

Resumiendo, los Resultados de las Ecuaciones:

<b>Pozo 1 - Profundidad de 2 metros</b>					
<b>Tipo de Zapata</b>	<b>SPT (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Terzagui (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Meyerhof (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Hansen – Bowles (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Valor mas Crítico (kN/m<sup>2</sup>)</b>
Zapata Cuadrada (2.1 m x 2.1 m)	160	160.04	168.97	168.94	160
Zapata Medianera 1 (1.4 m x 2.4 m)	160	160.04	170.40	170.38	160
Zapata Medianera 2 (1.7 m x 2.8 m)	160	160.04	165.85	165.82	160
Valor más Crítico de todas las zapatas (kN/m <sup>2</sup> )					160

Fuente: Elaboración Propia

**Para el Pozo 2 – De 3 metros de Profundidad**

Resumiendo, los resultados de las Ecuaciones:

<b>Pozo 2 – Profundidad de 3 metros</b>					
<b>Tipo de Zapata</b>	<b>SPT (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Terzagui (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Meyerhof (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Hansen – Bowles (kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Valor Mas Crítico (kN/m<sup>2</sup>)</b>
Zapata Cuadrada (2.1 m x 2.1 m)	225	236.44	253.12	253.11	225
Zapata Medianera 1 (1.4 m x 2.4 m)	225	236.44	262.37	262.35	225
Zapata Medianera 2 (1.7 m x 2.8 m)	225	236.44	258.35	258.33	225
Valor más Crítico de todas las zapatas (kN/m <sup>2</sup> )					225

Fuente: Elaboración Propia

Los valores más críticos en ambos pozos de diferentes profundidades es el valor obtenido con el ensayo SPT con el número de golpes corregido ( $N_{60}$ ).

## Anexo 2.1: Contenido de Humedad

<b>Pozo 1</b>	<b>Profundidad</b>	<b>2.00</b>	<b>3 m</b>
<b>Descripción</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Peso de Capsula (gr)	17.22	18.12	18.65
Peso de Capsula + Muestra Humeda (gr)	118.06	150.67	114.83
Peso de Muestra Humeda /gr)	100.84	132.55	96.18
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	109.17	139.94	106.81
Peso de Muestra Seca (gr)	91.95	121.82	88.16
Contenido de Humedad (gr)	9.67	8.81	9.10

Fuente: Elaboración Propia

<b>Promedio de Contenido de Humedad - Pozo 1</b>	9.19	%
--	------	---

<b>Pozo 2</b>	<b>Profundidad</b>		<b>3 m</b>
<b>Descripción</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Peso de Capsula (gr)	18.34	17.13	20.2
Peso de Capsula + Muestra Humeda (gr)	131.22	131.38	143.9
Peso de Muestra Humeda /gr)	112.88	114.25	123.7
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	120.84	121.43	133.12
Peso de Muestra Seca (gr)	102.5	104.3	112.92
Contenido de Humedad (gr)	10.13	9.54	9.55

Fuente: Elaboración Propia

<b>Promedio de Contenido de Humedad - Pozo 2</b>	9.74	%
--	------	---

---

**Aucachi Fernandez Josue Abraham**  
Proyectista

---

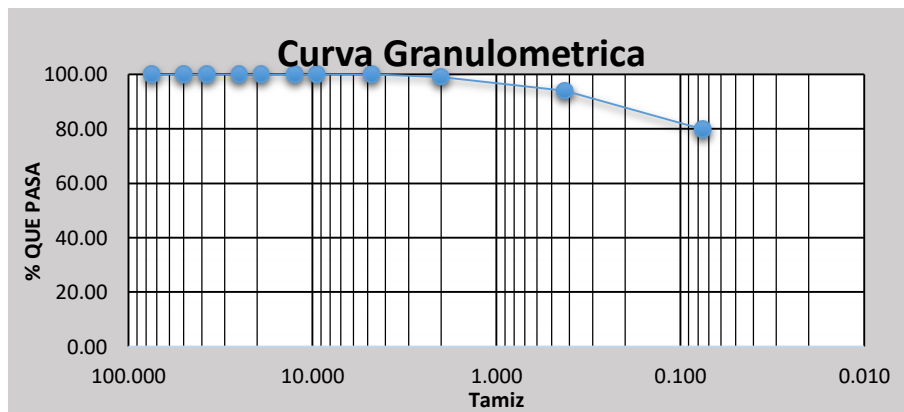
**Ing. Jose Ricardo Arce A.**  
Encargado del Laboratorio de Suelos  
**U.A.J.M.S.**

El Laboratorio de Suelos de la U.A.J.M.S no se hace responsable por los ensayos de suelos realizados en laboratorio, el proyectista es responsable por los mismos.

**Anexo 2.2: Granulometria**

<b>Pozo 1</b>					<b>2 metros</b>
<b>Analisis Granulometrico</b>					
Peso de Muestra Seca (gr)					1000
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Ret. Acum (gr)	% Ret.	% Que pasa del Total
3"	75.000	0	0	0.00	100.00
2"	50.000	0	0	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0	0	0.00	100.00
1"	25.000	0	0	0.00	100.00
3/4"	19.000	0	0	0.00	100.00
1/2"	12.500	0	0	0.00	100.00
3/8"	9.500	0	0	0.00	100.00
Nro. 4	4.750	0	0	0.00	100.00
Nro 10	2.000	9.47	9.47	0.95	99.05
Nro. 40	0.425	50.12	59.59	5.96	94.04
Nro. 200	0.075	142.57	202.16	20.22	79.78

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

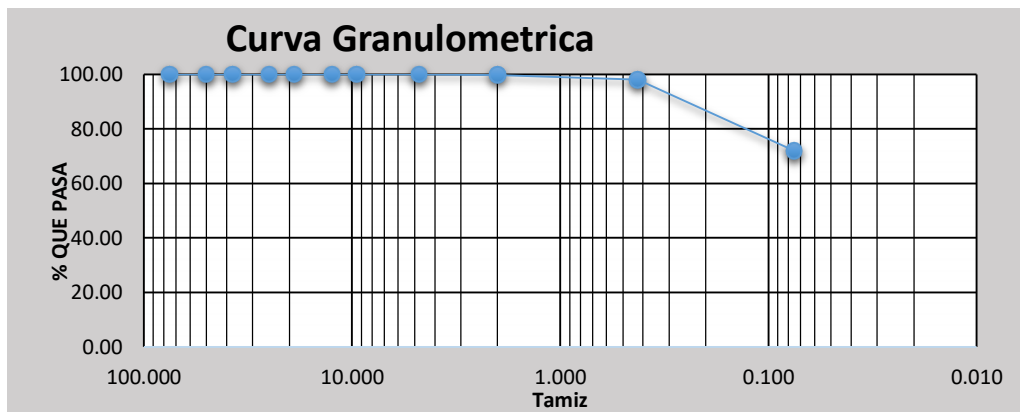
**Aucachi Fernandez Josue Abraham**  
Proyectista

**Ing. Jose Ricardo Arce A.**  
Encargado del Laboratorio de Suelos  
**U.A.J.M.S.**

El Laboratorio de Suelos de la U.A.J.M.S. no se hace responsable por los ensayos de suelos realizados en laboratorio, el proyectista es responsable por los mismos.

Pozo 2					3 metros
Análisis Granulométrico					
Peso de Muestra Seca (gr)					1000
Tamices	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Ret. Acum (gr)	% Ret.	% Que pasa del Total
3"	75.000	0	0	0.00	100.00
2"	50.000	0	0	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0	0	0.00	100.00
1"	25.000	0	0	0.00	100.00
3/4"	19.000	0	0	0.00	100.00
1/2"	12.500	0	0	0.00	100.00
3/8"	9.500	0	0	0.00	100.00
Nro. 4	4.750	0	0	0.00	100.00
Nro 10	2.000	2.03	2.03	0.20	99.80
Nro. 40	0.425	16.51	18.54	1.85	98.15
Nro. 200	0.075	261.88	280.42	28.04	71.96

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

**Aucachi Fernandez Josue Abraham**  
Proyectista

**Ing. Jose Ricardo Arce A.**  
Encargado del Laboratorio de Suelos  
**U.A.J.M.S.**

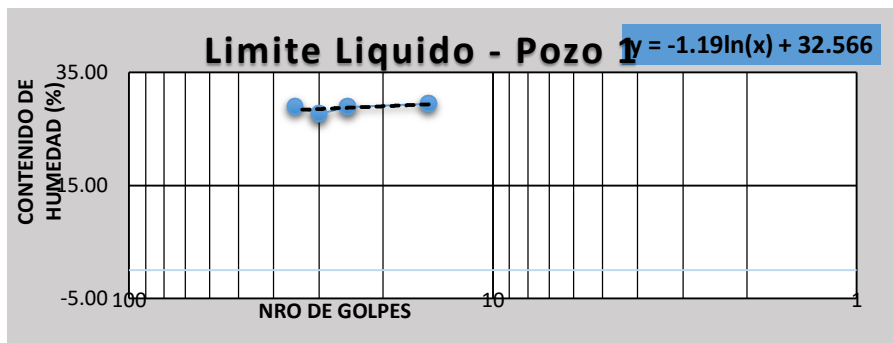
El Laboratorio de Suelos de la U.A.J.M.S no se hace responsable por los ensayos de suelos realizados en laboratorio, el proyectista es responsable por los mismos.

### Anexo 2.3: Limites de Attetberg

#### Limite Liquido - Pozo 1 de 2 metros de profundidad

Pozo 1 - 2.00 m	Limite Liquido			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Capsula				
N° de Golpes	15	25	30	35
Peso de Capsula (gr)	11.85	12.15	13.22	12.9
Peso de Capsula + Muestra Humeda (gr)	40.56	32.54	31.92	32.05
Peso de Muestra Humeda /gr)	28.71	20.39	18.7	19.15
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	34.03	27.97	27.87	27.75
Peso de Muestra Seca (gr)	22.18	15.82	14.65	14.85
Contenido de Humedad (gr)	29.44	28.89	27.65	28.96

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

#### Limite Plastico - Pozo 1 de 2 metros de Profundidad

Pozo 1 - 2.00 m	Limite Plástico (Muestras)			
	1	2	3	
Capsula				Limite Liquido
Peso de Capsula (gr)	12.74	13.57	13.3	LL 28.74
Peso de Capsula + Muestra Humeda (gr)	14.75	15.77	15.4	Limite Plastico
Peso de Muestra Humeda /gr)	2.01	2.2	2.1	LP 18.61
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	14.44	15.43	15.06	Indice de Plasticidad
Peso de Muestra Seca (gr)	1.7	1.86	1.76	IP 10.12
Contenido de Humedad (gr)	18.24	18.28	19.32	

Fuente: Elaboración Propia

**Aucachi Fernandez Josue Abraham**  
 Proyectista

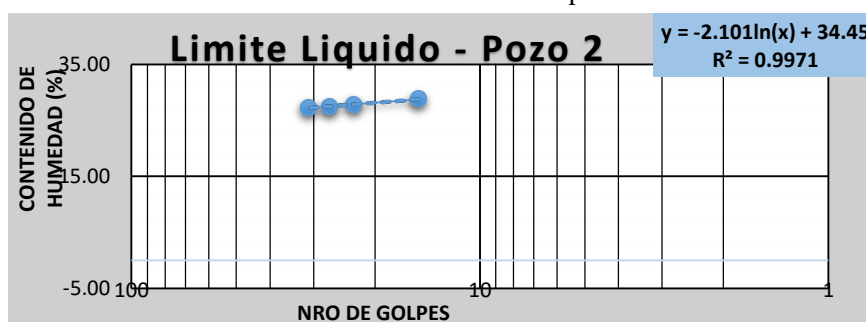
**Ing. Jose Ricardo Arce A.**  
 Encargado del Laboratorio de Suelos  
 U.A.J.M.S.

El Laboratorio de Suelos de la U.A.J.M.S no se hace responsable por los ensayos de suelos realizados en laboratorio, el proyectista es responsable por los mismos.

### Limite Liquido - Pozo 2 de 3 metros de profundidad

Pozo 2 - 3.00 m	Limite Liquido			
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Capsula				
N° de Golpes	15	23	27	31
Peso de Capsula (gr)	17.26	18.69	18.12	20.27
Peso de Capsula + Muestra Humeda (gr)	36.42	38	35.24	38.66
Peso de Muestra Humeda /gr)	19.16	19.31	17.12	18.39
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	32.14	33.79	31.55	34.72
Peso de Muestra Seca (gr)	14.88	15.1	13.43	14.45
Contenido de Humedad (gr)	28.76	27.88	27.48	27.27

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

Pozo 2 - 3.00 m	Limite Plástico (Muestras)			
	1	2	3	
Capsula				Limite Liquido
Peso de Capsula (gr)	17.14	12.86	18.38	LL 27.69
Peso de Capsula + Muestra Humeda (gr)	20.45	15.61	21.2	Limite Plastico
Peso de Muestra Humeda /gr)	3.31	2.75	2.82	LP 26.83
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	19.97	15.22	20.79	Indice de Plasticidad
Peso de Muestra Seca (gr)	2.83	2.36	2.41	IP 10.85
Contenido de Humedad (gr)	16.96	16.53	17.01	

Fuente: Elaboración Propia

**Aucachi Fernandez Josue Abraham**  
Proyectista

**Ing. Jose Ricardo Arce A.**  
Encargado del Laboratorio de Suelos  
U.A.J.M.S.

El Laboratorio de Suelos de la U.A.J.M.S no se hace responsable por los ensayos de suelos realizados en laboratorio, el proyectista es responsable por los mismos.



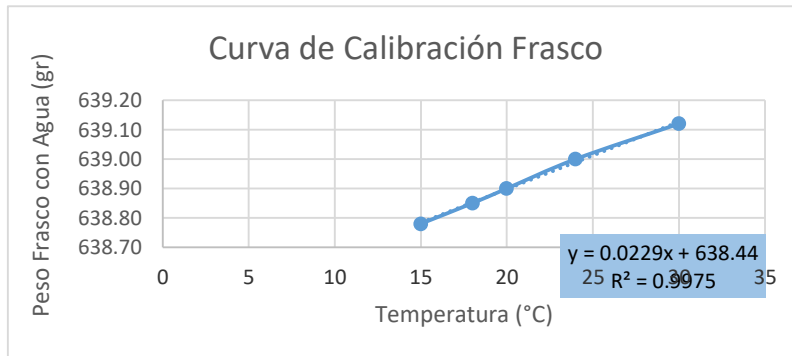
**Anexo 2.4: Peso Especifico del Suelo**  
**Calibración de Frasco**

<b>Peso de Muestra Seca (Ws) =</b>	80	gr
<b>Peso de Frasco Volumetrico Vacio (500 ml)</b>	183.09	gr

*Peso de Frasco con Agua a 60°C con 500 ml = 639.14 gr*

Temperatura (°C)	Peso (gr)
30	639.12
24	639.00
20	638.90
18	638.85
15	638.78

Fuente: Elaboración Propia



<b>Temperatura del Experimento</b>	26	(°C)
------------------------------------	----	------

<b>Peso de Frasco con Agua</b>	$W_{(p+w)} =$	<b>0.00229x+638.44</b>	<b>639.04</b>	<b>gr</b>
--------------------------------	---------------	------------------------	---------------	-----------

**Aucachi Fernandez Josue Abraham**  
 Proyectista

**Ing. Jose Ricardo Arce A.**  
 Encargado del Laboratorio de Suelos  
 U.A.J.M.S.

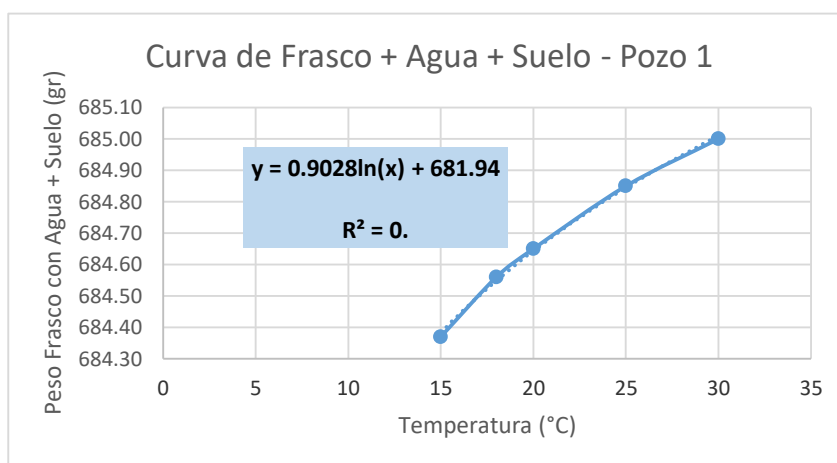
El Laboratorio de Suelos de la U.A.J.M.S. no se hace responsable por los ensayos de suelos realizados en laboratorio, el proyectista es responsable por los mismos.

### Pozo 1 - 2 metros

<b>Peso de Frasco con Agua y Suelo a 60°C con 500 ml</b>	685.02	gr
--	--------	----

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Peso (gr)</b>
30	685.00
25	684.85
20	684.65
18	684.56
15	684.37

Fuente: Elaboración Propia



<b>Temperatura del Experimento (x) =</b>	26	(°C)
--	----	------

<b>Peso Especifico del Suelo - Pozo 1 (GS) =</b>	2.342	gr/cm <sup>3</sup>
--	-------	--------------------

---

**Aucachi Fernandez Josue Abraham**  
Proyectista

---

**Ing. Jose Ricardo Arce A.**  
Encargado del Laboratorio de Suelos  
U.A.J.M.S.

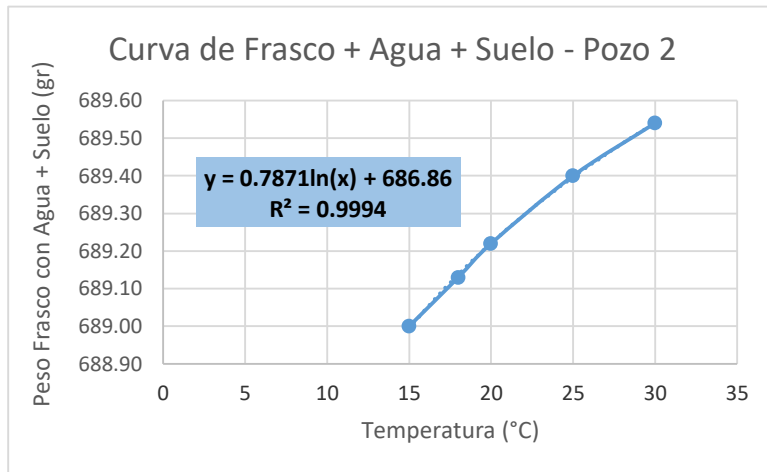
El Laboratorio de Suelos de la U.A.J.M.S. no se hace responsable por los ensayos de suelos realizados en laboratorio, el proyectista es responsable por los mismos.

**Pozo 2 - 3 metros**

<b>Peso de Frasco con Agua y Suelo a 60°C con 500 ml</b>	689.85	gr
--	--------	----

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Peso (gr)</b>
30	689.54
25	689.40
20	689.22
18	689.13
15	689.00

Fuente: Elaboración Propia



<b>Temperatura del Experimento (x) =</b>	26	(°C)
--	----	------

<b>Peso Especifico del Suelo - Pozo 2 (GS) =</b>	2.702	gr/cm <sup>3</sup>
--	-------	--------------------

---

**Aucachi Fernandez Josue Abraham**  
Proyectista

---

**Ing. Jose Ricardo Arce A.**  
Encargado del Laboratorio de Suelos  
**U.A.J.M.S.**

El Laboratorio de Suelos de la U.A.J.M.S. no se hace responsable por los ensayos de suelos realizados en laboratorio, el proyectista es responsable por los mismos.

**ANEXO III**

**DETALLE DE REFUERZO DE ACERO**

### Anexo 3: Detalle de Refuerzo de Acero

#### Anexo 3.1 Diámetro Mínimos de Acero de Estribo en Columna

25.7.2.2 El diámetro de la barra del estribo debe ser al menos (a) o (b):

- (a) Barras No. 10 encerrando barras longitudinales No. 32 o menores.
- (b) Barras No. 13 encerrando barras longitudinales No. 36 o mayores o paquetes de barras longitudinales

Fuente: (ACI318-14, 2014)

#### Anexo 3.2: Recubrimientos de Armaduras:

Para los recubrimientos de las armaduras se hizo uso de la norma de hormigón NB 1225001, porque tiene valores que están mucho más de acuerdo con los valores que se utilizan en el ámbito constructivo de nuestro País.

Tabla 20.6.1.3.1 — Recubrimiento especificado para elementos de hormigón contruidos en sitio no pretensados

Exposición del hormigón	Elemento	Armadura	Recubrimiento especificado, mm
Construido contra el suelo y permanentemente en contacto con él	Todos	Todos	40
Expuesto a la intemperie o en contacto con el suelo	Todos	$d_b > 16$ mm	30
		$d_b \leq 16$ mm, alambre MW200 ó MD200, y	25
No expuesto a la intemperie ni en contacto con el suelo	Losas, viguetas y muros	$d_b > 40$ mm	25
		$d_b \leq 40$ mm	20
	Vigas, columnas, pedestales y amarres a tracción	Armadura principal, estribos, espirales y estribos cerrados para confinamiento	20

Fuente: (ACI318-14, 2014)

- ❖ Para Zapatas se utilizó un recubrimiento de 5 cm
- ❖ Para Vigas se utilizó un recubrimiento de 2.5 cm
- ❖ Para Columnas se utilizó un recubrimiento de 2.5 cm

### Anexo 3.3: Longitud de Desarrollo

De acuerdo al punto 25.4.1.4 los valores de la raíz cuadrada de  $f'c$  usados para calcular la longitud de desarrollo no deben exceder de 8.3 MPa. (ACI318-14, 2014)

$$\sqrt{f'c} \leq 8.3 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{25 \text{ MPa}} \leq 8.3 \text{ MPa}$$

$$5 \text{ MPa} \leq 8.3 \text{ MPa Cumple}$$

### Longitud de Desarrollo para barras en Tracción

De acuerdo al punto 25.4.2 la longitud de desarrollo será calculada de acuerdo a la ecuación 25.4.2.3 que es la ecuación general de longitud de desarrollo de la ACI:

**25.4.2** Desarrollo de barras corrugadas y alambres corrugados en tracción

**25.4.2.1** La longitud de desarrollo para barras corrugadas y alambre corrugado en tracción,  $\ell_d$ , debe ser la mayor de (a) y (b):

- (a) La longitud calculada de acuerdo con 25.4.2.2 ó 25.4.2.3 usando los factores de modificación de 25.4.2.4
- (b) 300 mm.

**R25.4.2** Desarrollo de barras corrugadas y alambres corrugados en tracción

**R25.4.2.1** Este requisito utiliza dos enfoques para calcular la longitud de desarrollo a tracción. El usuario puede usar las disposiciones simplificadas de 25.4.2.2 o la ecuación general de longitud de desarrollo (ecuación (25.4.2.3a)), que se basa en la expresión aprobada por ACI 408.1R (Jirsa et al. 1979). En la Tabla 25.4.2.2,  $\ell_d$  se basa en dos valores preseleccionados de  $(c_b + K_{tr})/d_b$ . En cambio, el  $\ell_d$  de la ecuación (25.4.3.2a) se basa en el valor de  $(c_b + K_{tr})/d_b$  real.

Fuente: (ACI318-14, 2014)

$$\ell_d = \left( \frac{f_y}{1.1\lambda\sqrt{f'c}} * \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b}\right)} \right) d_b \quad (25.4.2.3a - ACI)$$

Se eligió la ecuación general por dar resultados menos conservadores que las ecuaciones simplificadas y bajo la recomendación del libro de hormigón armado de McCORMAC.

Los autores consideran que aplicar las llamadas ecuaciones simplificadas requiere de casi tanto esfuerzo como el que sea necesario para usar la ecuación más larga. Además, las longitudes de desarrollo calculadas con las ecuaciones “más simples” son a menudo mucho más largas que las determinadas con la ecuación regular, lo que las hace menos económicas.

Por estas razones, los autores recomiendan el uso de la Ecuación 25.4.2.3a para calcular longitudes de desarrollo. Sin embargo, al usar esta ecuación de forma más larga se podría suponer que  $K_{tr} = 0$ , ya que los resultados obtenidos así son sólo un poco más conservadores que los obtenidos con la ecuación completa. Los autores emplean la Ecuación 25.4.2.3a con  $K_{tr} = 0$  para todas las aplicaciones después de este capítulo.

Fuente: (MCCORMAC, 2014)

Los factores de modificación para la ecuación se presentan en la tabla 25.4.2.4 de la ACI:

Factor de modificación	Condición	Valor del factor
Concreto de peso liviano $\lambda$	Concreto de peso liviano	0.75
	Concreto de peso liviano, donde $f_{cr}$ se especifica	De acuerdo con 19.2.4.3
	Concreto de peso normal	1.0
Epóxico <sup>[1]</sup> $\psi_e$	Refuerzo con recubrimiento epóxico o zinc y barras con recubrimiento dual de zinc y epóxico con menos de $3d_b$ de recubrimiento, o separación libre menor que $6d_b$	1.5
	Refuerzo con recubrimiento epóxico o zinc y barras con recubrimiento dual de zinc y epóxico para todas las otras condiciones	1.2
	Refuerzo sin recubrimiento o refuerzo recubierto con zinc (galvanizado)	1.0
Tamaño $\psi_s$	Para barras No. 22 y mayores	1.0
	Para barras No. 19 o menores y alambres corrugados	0.8
Ubicación <sup>[1]</sup> $\psi_t$	Más de 300 mm de concreto fresco colocado bajo el refuerzo horizontal	1.3
	Otra	1.0

<sup>[1]</sup> El producto ( $\psi_s \psi_e$ ) no hay necesidad de que exceda 1.7.

Fuente: (ACI318-14, 2014)

$$f'_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 500 \text{ MPa}$$

$c_b$  = La menor distancia entre el recubrimiento mecánico y la separación entre barras longitudinales.

$$K_{tr} = 0 \text{ (Simplificación de diseño – 25.4.2.3 ACI)}$$

Longitud de Desarrollo “Ld” (cm)		
Diámetro (mm)	Armadura Superior	Armadura Inferior
φ10	37.82	29.09
φ12	45.38	34.91
φ16	60.51	46.55

Fuente: Elaboración Propia

Para realizar un cálculo con longitudes más constructivas se redondeará los valores obtenidos a valores enteros.

Longitud de Desarrollo a Tracción “Ld” (cm)		
Diámetro (mm)	Armadura Superior	Armadura Inferior
φ10	40	30
φ12	46	35
φ16	61	48

## Longitud de Desarrollo con Gancho para barras en tracción

La longitud de desarrollo  $l_{dh}$ , para barras corrugadas en tracción que terminen en un gancho estándar debe ser la mayor de (a) hasta (c): (25.4.3 – ACI)

$$(a) \left( \frac{0.24 f_y \Psi_e \Psi_c \Psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b \text{ con } \Psi_e, \Psi_c, \Psi_r \text{ y } \lambda \text{ de}$$

25.4.3.2

(b)  $8d_b$

(c) 150 mm

Fuente: (ACI318-14, 2014)

Los factores de modificación se encuentran en la tabla 25.4.3.2 de la ACI:

Factor de modificación	Condición	Valor del factor
Concreto liviano $\lambda$	Concreto de peso liviano	0.75
	Concreto de peso normal	1.0
Epóxico $\Psi_e$	Refuerzo con recubrimiento epóxico o zinc y barras con recubrimiento dual de zinc y epóxico	1.2
	Refuerzo sin recubrimiento o refuerzo recubierto con zinc (galvanizado)	1.0
Recubrimiento $\Psi_c$	Para ganchos de barras No. 36 y menores, con recubrimiento lateral (normal al plano del gancho) $\geq 65$ mm, y para ganchos de 90 grados con recubrimiento en la extensión de la barra más allá del gancho $\geq 50$ mm	0.7
	Otras	1.0
Confinamiento del refuerzo $\Psi_r$ [2]	Para ganchos de 90 grados de barras No. 36 y menores que se encuentran: (1) confinados a lo largo de $\ell_{dh}$ con estribos <sup>[1]</sup> perpendiculares a $\ell_{dh}$ con $s \leq 3d_b$ , o bien, (2) confinados a lo largo de la barra que se está desarrollando más allá del gancho por estribos <sup>[1]</sup> perpendiculares a $\ell_{ext}$ con $s \leq 3d_b$	0.8
	Para ganchos de 180 grados de barra No. 36 y menores que se encuentran confinados con estribos <sup>[1]</sup> perpendiculares a $\ell_{ext}$ con $s \leq 3d_b$	
	Otros	1.0

Fuente: (ACI318-14, 2014)

Longitud de Desarrollo a Tracción con Gancho "Ldh" (cm)					
Díámetro (mm)	8db	15 cm	Armadura Superior e Inferior	Mayor	Valor Asumido
$\phi 10$	8	15	24	24	25
$\phi 12$	9.6	15	28.8	28.8	30
$\phi 16$	12.8	15	38.4	38.4	40

Fuente: Elaboración Propia



## Longitud de Desarrollo a Compresión

De acuerdo al punto 25.4.9, la longitud de desarrollo de barras a compresión “Ldc” debe ser la mayor de:

- ❖ La longitud calculada en el punto 25.4.9.2 de la ACI
- ❖ 200 mm

**25.4.9.2**  $\ell_{dc}$  debe determinarse como la mayor de (a) y (b), multiplicada por los factores de modificación aplicables de 25.4.9.3:

$$(a) \left( \frac{0.24 f_y \Psi_r}{\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

$$(b) 0.043 f_y \Psi_r d_b$$

Fuente: (ACI318-14, 2014)

Los factores de Modificación para la Ldc se encuentran en la siguiente tabla:

**Tabla 25.4.9.3 — Factores de modificación para barras y alambres corrugados a compresión**

Factor de modificación	Condición	Valor del factor
Concreto liviano $\lambda$	Concreto liviano	0.75
	Concreto liviano, cuando se especifica $f_{cr}$	De acuerdo con 19.2.4.3
	Concreto de peso normal	1.0
Refuerzo de confinamiento $\Psi_r$	Refuerzo encerrado dentro de (1), (2), (3) ó (4): (1) Una espiral (2) Un estribo circular continuo con $d_b \geq 6$ mm y paso 100 mm. (3) Estribos de barra No. 13 o alambre MD130 de acuerdo con 25.7.2 espaciado $\leq 100$ mm (4) Estribos cerrados de confinamiento de acuerdo con 25.7.4 y espaciadas a distancias $\leq 100$ mm, centro a centro.	0.75
	Otra	1.0

Fuente: (ACI318-14, 2014)

Longitud de Desarrollo a Compresión					
Diámetro (mm)	Ec. a)	Ec. b)	200 mm	Valor Mayor	Valor Asumido
	cm	cm	20 cm	cm	cm
ϕ10	24	21.5	20	24	24
ϕ12	28.8	25.8	20	28.8	30
ϕ16	38.4	34.4	20	38.4	40

Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 3.4: Longitud de Empalme

#### Longitud de Empalme de Barras corrugadas a Tracción

La longitud de empalme por traslape en tracción  $L_{st}$ , para barras y alambres corrugados a tracción debe ser la requerida por la Tabla 25.5.2.1 de la ACI, donde  $L_d$  (Longitud de Desarrollo) se obtiene de acuerdo con el punto 25.4.2.1(a) de la norma, que fue calculado en los puntos anteriores.

**Tabla 25.5.2.1— Longitud de empalme por traslape de barras y alambres corrugados a tracción**

$A_{s, colocado} / A_{s, requerido}$ en la longitud del empalme <sup>[1]</sup>	Porcentaje máximo de $A_s$ empalmado dentro de la longitud de traslape requerida	Tipo de empalme	$\ell_{st}$	
			Mayor de:	
$\geq 2.0$	50	Clase A	Mayor de:	$1.0\ell_d$ y 300 mm
$< 2.0$	100	Clase B	Mayor de:	$1.3\ell_d$ y 300 mm
	Todos los casos	Clase B		

<sup>[1]</sup>Relacion entre el area de refuerzo colocado y el area de refuerzo requerida por análisis en la ubicación de empalme.

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo al análisis que se realizó en el diseño, el caso que se presenta es el caso 2, donde el  $A_s$  colocado dividido entre  $A_s$  requerido es menor a 2 con un tipo de empalme B, en base a este criterio se calculó la longitud de empalme para barras a tracción:

Longitud de Empalme a Tracción					
Diámetro	300 mm	Armadura Superior	Armadura Inferior	Valor Asumido	
				Acero sup	Acero inf
(cm)	Lst min (cm)	Lst (cm)	Lst (cm)	Lst (cm)	Lst (cm)
$\phi 10$	30	49.16	37.82	50	40
$\phi 12$	30	59.00	45.38	60	50
$\phi 16$	30	78.66	60.51	80	65

Fuente: Elaboración Propia

## Longitud de Empalme a Compresión

La longitud de empalme por traslape para barras en compresión se calcula a través del punto 25.5.5:

**25.5.5.1** La longitud de un empalme por traslape en compresión,  $\ell_{sc}$ , de barras corrugadas No. 36 o menores sometidas a compresión, debe determinarse de acuerdo con (a) o (b):

- (a) Para  $f_y \leq 420$  MPa:  $\ell_{sc}$  es la mayor de  $0.071 f_y d_b$  y 300 mm.
- (b) Para  $f_y > 420$  MPa lb./pulg.<sup>2</sup>:  $\ell_{sc}$  es la mayor de  $(0.13 f_y - 24) d_b$  y 300 mm

Fuente: (ACI318-14, 2014)

Para barras con un límite de fluencia de 500 MPa, se tiene el inciso b y los resultados se colocan en la siguiente tabla:

Longitud de Empalme a Compresión			
Diámetro	Lsc min (cm)	Lsc (cm)	Valor Asumido
(cm)	300 mm	$(0.13f_y-24)$	cm
1	30	41	45
1.2	30	49.2	50
1.6	30	65.6	70

Fuente: Elaboración Propia

- ❖ La longitud de desarrollo se aplica según el comportamiento de cada elemento estructural.
- ❖ Para la Longitud de Empalme en vigas se usan las longitudes calculadas en la longitud de empalme a tracción.
- ❖ La norma ACI en el punto 10.7.5 indica que se debe aplicar la longitud de empalme de acuerdo al comportamiento de cada cara de la columna, pero para tener un diseño más seguro y constructivo se aplicara la longitud de empalme más alta según cada diámetro ya sea a compresión o tracción.

### Anexo 3.5: Ganchos en barras de Acero

#### Ganchos en barras corrugadas en Tracción

Los ganchos estándar para el desarrollo de las barras corrugadas en tracción deben cumplir con la Tabla 25.3.1 de la ACI:

**Tabla 25.3.1 — Geometría del gancho estándar para el desarrollo de barras corrugadas en tracción**

Tipo de gancho estándar	Diámetro de la barra	Diámetro interior mínimo de doblado, mm	Extensión recta <sup>[1]</sup> $\ell_{ext}$ , mm	Tipo de gancho estándar
Gancho de 90 grados	No. 10 a No. 25	$6d_b$	$12d_b$	
	No. 29 a No. 36	$8d_b$		
	No. 43 y No. 57	$10d_b$		
Gancho de 180 grados	No. 10 a No. 25	$6d_b$	Mayor de $4d_b$ y 65 mm	
	No. 29 a No. 36	$8d_b$		
	No. 43 y No. 57	$10d_b$		

<sup>[1]</sup> El gancho estándar para las barras corrugadas en tracción incluye el diámetro interior específico del doblado y el largo de la extensión recta. Se permite usar una extensión recta más larga en el extremo del gancho. No se considera que esta extensión aumente la resistencia de anclaje del gancho.

Fuente: (ACI318-14, 2014)

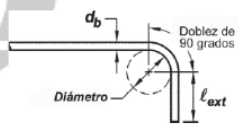
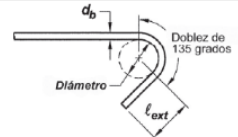
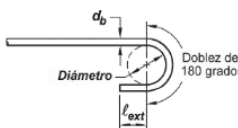
Longitud de Ganchos para Barras en Tracción							
Diámetro (mm)	Ganchos a 90°		Ganchos a 180°			Valores Asumidos (L ext)	
	Diámetro Interior	Extensión recta (12db)	Diámetro Interior	Extensión recta (L ext)		Ganchos a 90°	Ganchos a 180°
	6db (cm)	L ext (cm)	6db (cm)	4 db (cm)	6.5 cm	cm	cm
φ10	6.0	12.0	6.0	4.0	6.5	12	6.5
φ12	7.2	14.4	8.6	4.8	6.5	15	6.5
φ16	9.6	19.2	15.4	6.4	6.5	20	6.5

Fuente: Elaboración Propia

## Ganchos para Estribos

De acuerdo al punto 25.3.2 de la ACI, el diámetro mínimo interior de doblado para barras usadas como refuerzo transversal y ganchos estándar usados para anclar estribos, estribos cerrados de confinamiento y espirales deben cumplir con la Tabla 25.3.2. de la ACI, los ganchos estándar deben abrazar el refuerzo longitudinal.

**Tabla 25.3.2 — Diámetro mínimo interior de doblado y geometría del gancho estándar para estribos, amarras y estribos cerrados de confinamiento**

Tipo de gancho estándar	Diámetro de la barra	Diámetro interior mínimo de doblado, mm	Extensión recta <sup>(1)</sup> $\ell_{ext}$ , mm	Tipo de gancho estándar
Gancho de 90 grados	No. 10 a No. 16	$4d_b$	Mayor de $6d_b$ y 75 mm	
	No. 19 a No. 25	$6d_b$	$12d_b$	
Gancho de 135 grados	No. 10 a No. 16	$4d_b$	Mayor de $6d_b$ y 75 mm	
	No. 19 a No. 25	$6d_b$		
Gancho de 180 grados	No. 10 a No. 16	$4d_b$	Mayor de $4d_b$ y 65 mm	
	No. 19 a No. 25	$6d_b$		

<sup>(1)</sup> El gancho estándar para estribos y estribos cerrados de confinamiento incluye el diámetro interior del doblado específico y el largo de la extensión recta. Se permite usar una extensión recta más larga en el extremo del gancho. No se considera que esta extensión aumente la resistencia de anclaje del gancho.

Fuente: (ACI318-14, 2014)

En el diseño se dispondrá un doblado de 135 grados para los estribos, por lo cual se calcula las longitudes para este caso:

Longitud de Ganchos para Estribos				
Diámetro (cm)	Ganchos a 135°			Valor Asumido (L ext.)
	Diámetro Interior	Extensión recta (L ext.) mayor de:		
	4db (cm)	6 db (cm)	7.5 cm	
0.6	2.4	3.6	7.5	7.5
0.8	3.2	4.8	7.5	7.5
1.0	4.0	6.0	7.5	7.5

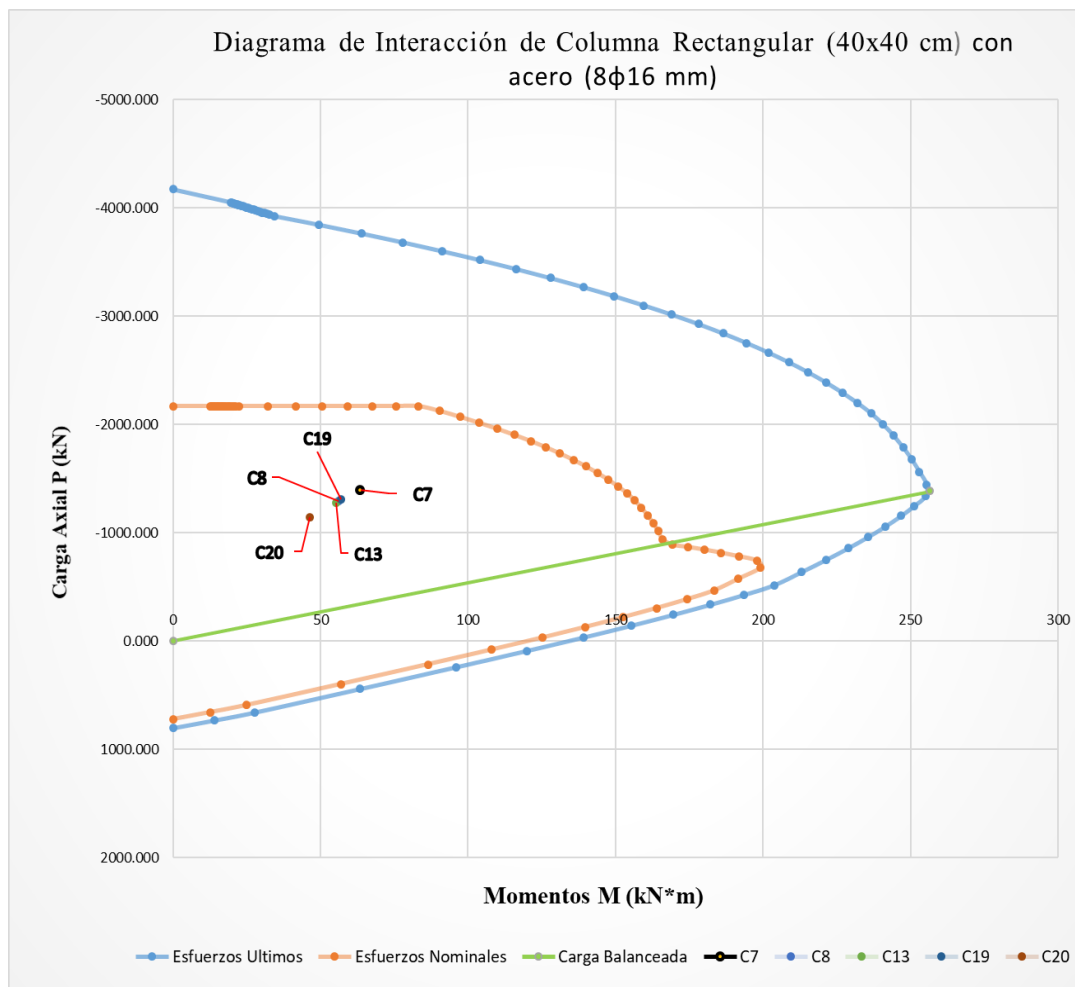
Fuente: Elaboración Propia

### Anexo 4.1: Calculos para Diagrama de Interacción de Columnas

Columna de Sección 40x40 cm con 8 barras de  $\phi 16$  mm

Analisis en Dirección Eje X

Esfuerzos Ultimos de Calculo		
Punto	Pu (kN)	Mu (kN*m)
C7	-1392.50	63.53
C8	-1290.50	56.00
C13	-1275.20	55.40
C19	-1305.10	57.00
C20	-1140.70	46.30



Fuente: Elaboración Propia

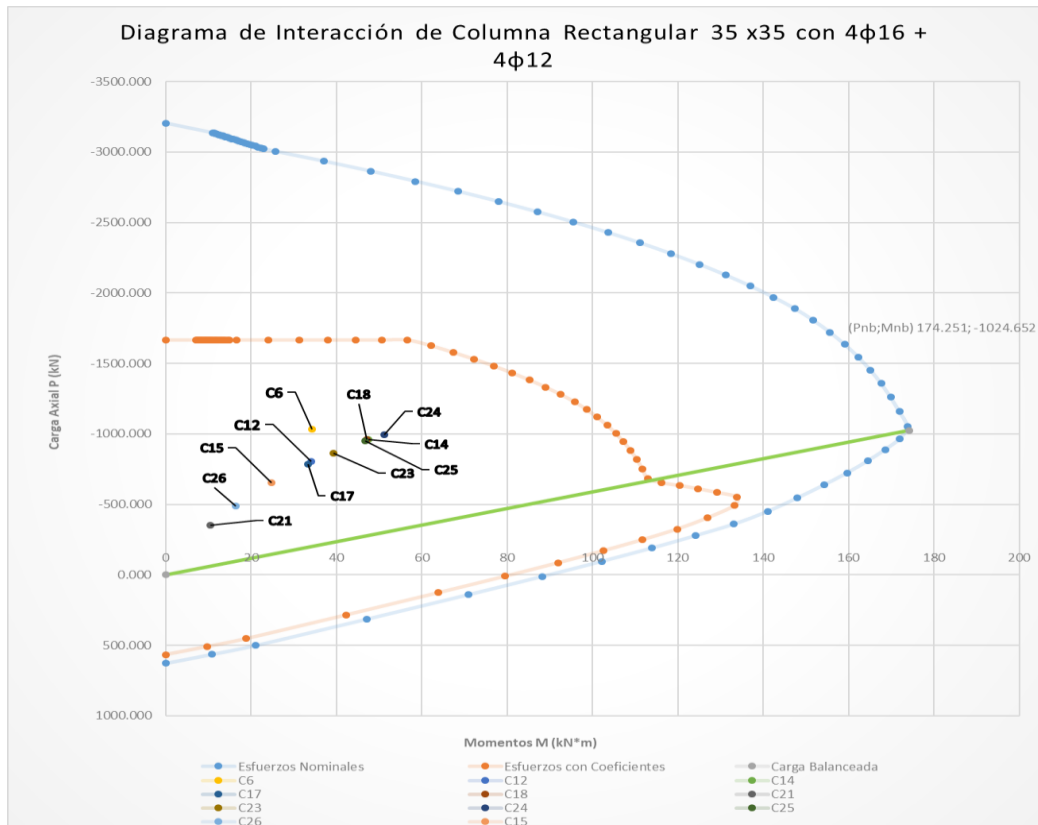


Columna de Sección 35x35 cm con 4 barras de  $\phi 16$  mm + 4 barras de  $\phi 12$  mm

Analisis en Dirección Eje X

Esfuerzos Ultimos de Calculo		
Columna	Pu	Mu
C6	-1031.60	34.30
C12	-803.30	34.20
C14	-959.50	47.60
C17	-785.50	33.30
C18	-961.40	47.20
C21	-354.20	10.60
C23	-865.20	39.30
C24	-996.40	51.30
C25	-951.00	46.80
C26	-487.60	16.50
C15	-652.00	24.80

Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia



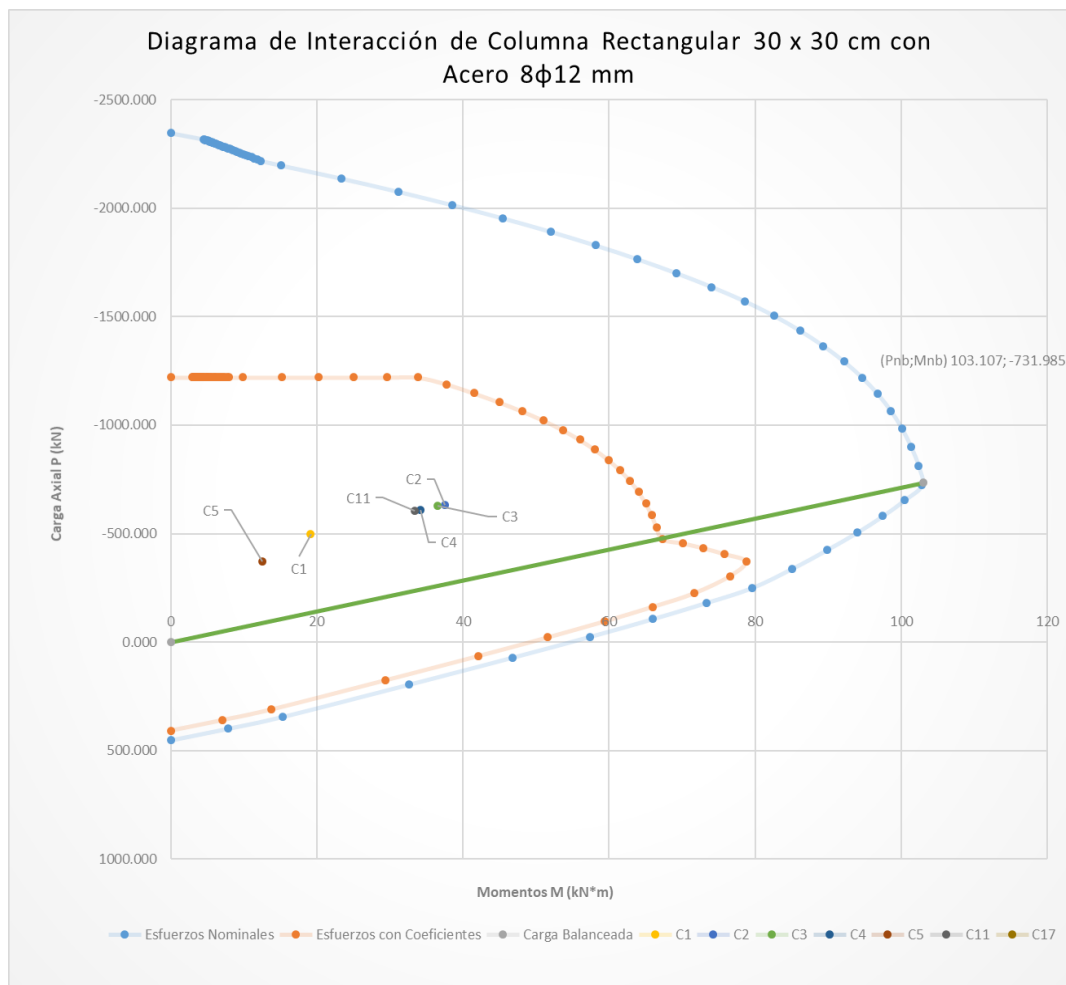


## Columnas de 30 x 30 cm con acero de 8φ12 mm

Columna de Sección 30x30 cm con 8 barras de φ16 mm

Análisis en Dirección Eje Y

Esfuerzos Ultimos de Calculo		
Punto	Pu (kN)	Mu (kN*m)
C1	-497.30	19.20
C2	-633.60	37.50
C3	-627.00	36.50
C4	-609.80	34.20
C5	-372.10	12.50
C11	-603.90	33.40



Fuente: Elaboración Propia

