

ANEXOS

ÍTEM 2:

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA YUNCHARA-TARIJA (5 MW)

- 2.1. Estudio topográfico del terreno
- 2.2. Estudio de suelos
- 2.3. Estudios de estabilidad
- 2.4. Planos

ANEXO 2.1

Estudio topográfico del terreno

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA YUNCHARA-TARIJA (5 MW)



1. Memoria descriptiva.

1.1. Generalidades.

Se han contratado los servicios especializados de topografía de nuestra Empresa Consultora Unión Srl., con la finalidad de poder determinar las condiciones topográficas a detalle en el sitio de emplazamiento del proyecto “Planta Solar Yunchará”.

A lo largo del presente informe técnico se presenta un detalle del desarrollarlo de las actividades propias del levantamiento topográfico a detalle realizado en el sitio.

1.2. Ubicación y descripción del área de estudio.

El proyecto se encuentra ubicado en:

Departamento:	Tarija
Provincia:	Aviléz
Sección:	Segunda
Municipio:	Yunchará
Comunidad:	Copacabana

Cuadro 1 (Ubicación política del sitio de estudio)

Al sitio se accede por la ruta que comunica Tarija con Villazón, teniendo que abandonar la carretera principal luego de recorrer unos de 95 kilómetros desde la ciudad de Tarija, para ingresar por un camino vecinal hasta la comunidad de Copacabana y posteriormente dirigirse hasta el sitio en cuestión, recorriendo un total de 110 kilómetros hasta el lugar.

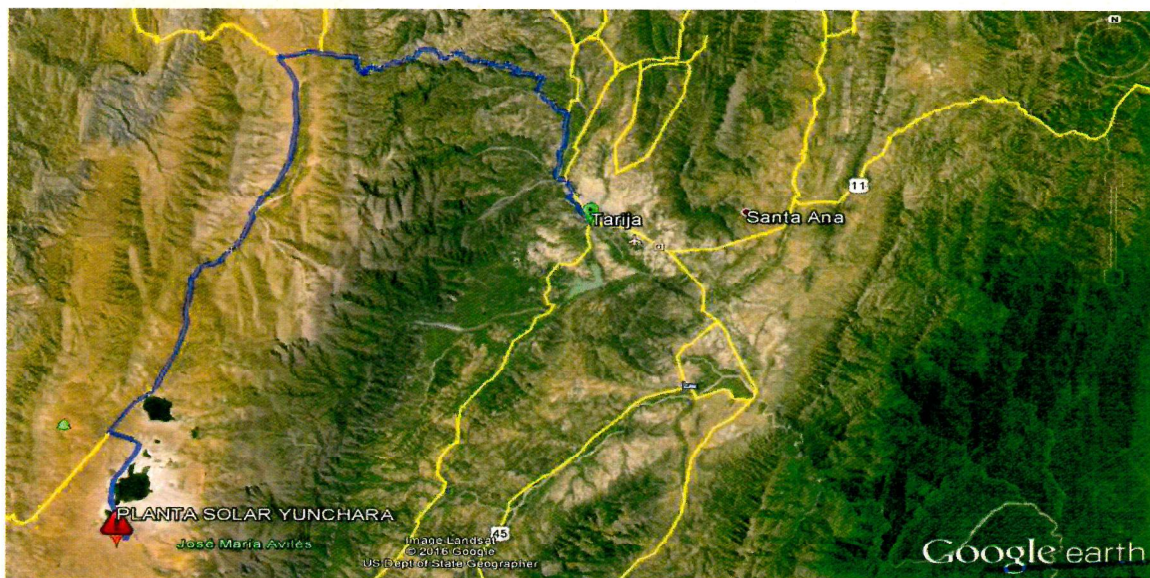


Imagen 1 (Detalle del Ingreso al sitio de trabajo)





El sitio destinado para el emplazamiento pertenece a la comunidad de Copacabana, la cual se ubica geográficamente en las coordenadas 283839 E; 7584526 N (Zona 20K; WGS 84), a una altitud aproximada de 3700 m.s.n.m.

El predio estudiado se encuentra limitado por las siguientes coordenadas, las cuales fueron proporcionadas por el cliente:

Punto	Norte	Este	Altitud
Vértice 01	7583399,000	282452,000	3723,404
Vértice 02	7583570,000	282452,000	3721,245
Vértice 03	7583570,000	282614,000	3721,529
Vértice 04	7583724,000	282614,000	3718,622
Vértice 05	7583725,000	282776,000	3717,595
Vértice 06	7583872,000	282776,000	3714,478
Vértice 07	7583870,000	282953,000	3714,696
Vértice 08	7583753,000	283063,000	3716,082
Vértice 09	7583705,000	283041,000	3717,126
Vértice 10	7583706,000	282954,000	3717,525
Vértice 11	7583548,000	282953,000	3719,751
Vértice 12	7583403,000	282792,000	3723,514
Vértice 13	7583548,000	282792,000	3720,874

Cuadro 2 (Coordenadas de los límites del proyecto)

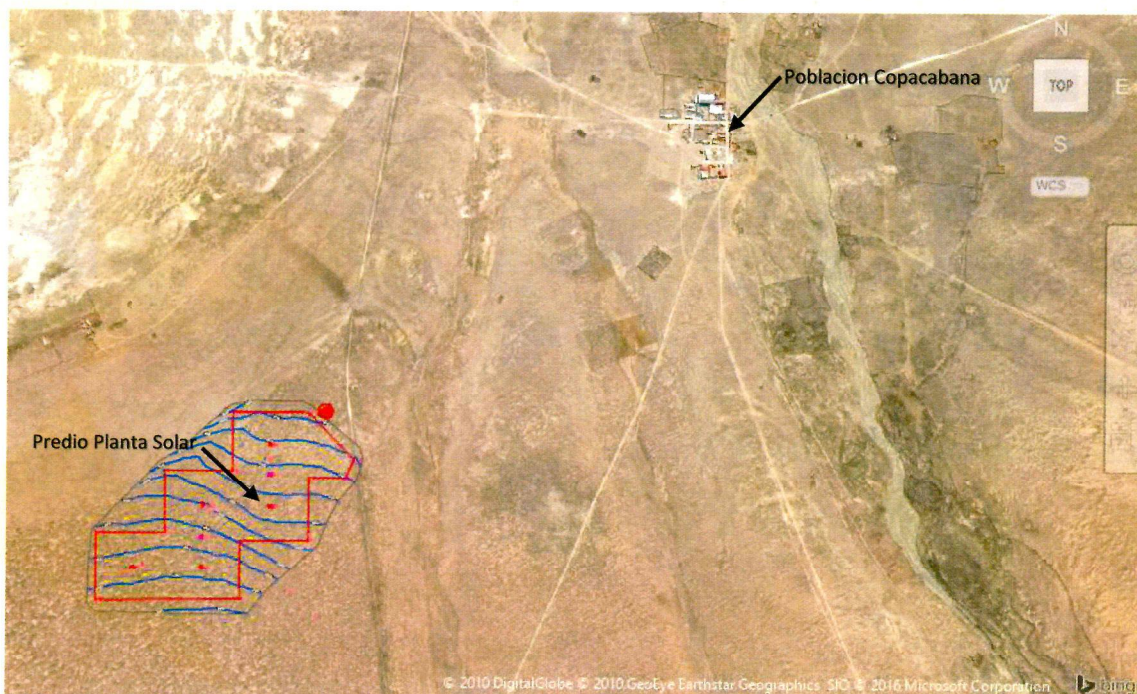


Imagen 2 (Referencia de ubicación del predio)

1.3. Recopilación de información





Antes de dar inicio a los trabajos se sostuvieron reuniones informativas con el cliente, el cual ha brindado la siguiente información para el trabajo:

- Lugares de acceso al predio.
- Coordenadas de los límites del predio.
- Autorización comunal para proceder con los trabajos.
- Autorización del Servicio Nacional de Áreas Protegidas, luego de verificadas las coordenadas de trabajo por esta entidad.
- Imágenes satelitales de Google Earth, para referencia.
- Esquemas de distribución general del predio en archivo .kmz.

2. Objetivo del trabajo

El presente trabajo contempla la ejecución de un levantamiento topográfico, la elaboración de planos topográficos y perfiles

3. Levantamiento topográfico.

3.1. Objetivo y alcances del levantamiento topográfico.

El objetivo del Estudio Topográfico es proporcionar información básica y necesaria basada en datos topográficos tomados en campo y procesados en gabinete del predio en el que se emplazará el proyecto “Planta Solar Yunchará”, todo esto a solicitud de la Empresa Barlovento Recursos Naturales SL.

El objetivo secundario es obtener Benchs Marks o Puntos de control en un número suficiente como para desarrollar trabajos de verificación de cotas (principalmente Su-rasante) y tener cotas de referencia para los trabajos a realizarse a futuro.

El objetivo de un levantamiento topográfico es la determinación, tanto en planimetría como en altimetría, de puntos del terreno necesarios para la representación fidedigna de un determinado sector del terreno a fin de:

- Realizar el levantamiento topográfico, correspondiente al sitio de interés donde se construirán las obras propias de este proyecto.





- Generar toda la información del terreno, por medio de nube de puntos, detallando las características topográficas del predio.
- Aplicar conocimientos básicos de topografía para la generación de información primaria usando equipos de última tecnología.
- Elaborar planos topográficos a escalas adecuadas.
- Proporcionar información de base para los estudios geotécnicos.

3.2. Metodología.

La metodología adoptada para el cumplimiento de los objetivos antes descritos es la siguiente:

- Recopilación y evaluación de la información topográfica existente tales como Cartas nacionales, planos topográficos e imágenes satelitales gratuitas del área de estudio.
- Desplazamiento de una brigada de topografía a la zona en estudio
- Luego de la entrega del terreno, se procedió con el reconocimiento de la zona en campo, verificando el área de trabajo así como las zonas aledañas para su delimitación.
- Se estableció puntos base, que sirvieron de apoyo para el levantamiento de los detalles propios del presente estudio.
- Se realizó el levantamiento topográfico empleando una Estación Total.
- La automatización del trabajo de campo se efectuó en forma diaria y de la siguiente manera: se efectuó la toma de datos de campo durante el día, la transmisión de la información de campo a una computadora por la noche, la verificación en la computadora de la información tomada en campo, el procesamiento de la información para obtener planos topográficos a escala conveniente.
- Una vez terminado el trabajo en campo de topografía se procedió al procesamiento en gabinete de la información topográfica en el software AutoCAD Civil 3D 2015, elaborando planos topográficos, perfiles longitudinales, curvas de nivel a escala conveniente
- Se incluye el presente Informe de Topografía, que contiene información general de los trabajos realizados para la elaboración de este informe, tal como, la descripción detallada de los procedimientos llevados a cabo tanto en campo como en gabinete, información técnica, memorias de cálculo, reporte de fotografías, planos topográficos, entre otros relativos al levantamiento topográfico.

3.3. Trabajos de campo





El Levantamiento Topográfico se refiere al establecimiento de puntos de control horizontal y vertical, los cuales tiene que ser enlazados a un sistema de referencia WGS-84 y a la toma de una cantidad adecuada de puntos de levantamiento a fin de representar fidedignamente el terreno existente en planos topográficos.

La automatización del trabajo se efectuó de la siguiente manera:

- Toma de datos de campo durante el día.
- Descarga de información por la noche.
- Verificación en la computadora de la información tomada en campo
- Procesamiento de la información

3.3.1.Reconocimiento del área de estudio

Como primer trabajo se ubicó los puntos del perímetro dado por el cliente para que a partir de ellos poder definir puntos base para el levantamiento topográfico.

3.3.2.Equipo y personal empleado.

La campaña de topografía inició en fecha 04 de febrero de 2016 y concluyo el día 07 de febrero de 2016, empleándose para la tarea los siguientes recursos:

Personal:

- Un ingeniero civil responsable de la logística y de la organización de los trabajos.
- Un técnico licenciado en topografía, encargado de la operación topográfica.
- Tres alarifes.
- Un ayudante.
- Un chofer de vehículo liviano.

Equipo:

- Estación Total marca SOKKIA





Modelo		CX-105
Telescopio		
Aumento / Potencia de resolución		30x / 2,5"
Otros		Longitud 171mm 6.7 , Apertura del objetivo 45mm (1.8in) (48mm(1.9in) para EDM), Imagen: directa, campo de visión: 1 ° 30 '(26m / 1.000 m) enfoque mínimo 1,3 m (4.3ft) iluminación del retículo:5 niveles de brillo
Medición del ángulo		
Resolución de la pantalla		1" / 5" 0.0002 / 0.001gon, 0.005 / 0.02mil)
Precisión (ISO 17123-3:2001)		5"
IACS (Sistema de Calibración de Ángulos Independiente)		Proporcionado
Compensador de doble eje colimación de compensación		De doble eje Sensor líquido de inclinación rango de trabajo: $\pm 6' \pm 111\text{mgon}$ colimación indemnización disponible
Medición de distancia		
Salida de láser		Reflector: Clase 3R Prisma modo de ficha técnica: Clase 1
Rango de medición en condiciones normales	Reflector	0,3 a 500 metros (1,0 a 1.640 pies)
	Lámina reflectora	RS90N-K: de 1,3 a 500m (de 4,3 a 1640 pies); RS50N K: de 1,3 a 300m (de 4,3 a 980 pies); RS10N-K: de 1,3 a 100m (de 4,3 a 320 pies)
	Mini prismas	CP01: de 1,3 a 2500m (8200 pies); OR1PA: de 1,3 a 500m (1640 pies)
	Un prisma AP	1,3 a 4000m (de 4,3 a 13.120 pies) / En buenas condiciones: 5000m (16.400 pies)
	Tres prismas AP	Hasta 5000m (16.400 pies) / En buenas condiciones: hasta 6000m (19.680 pies)
Resolución de pantalla		Fina/rápida: 0,001m / 0,01 pies / $\frac{1}{16}$ in. Seguimiento: 0,01m / 0,1 pies / $\frac{1}{8}$ in.
Precisión (ISO 17123-4:2001)	Sin prisma	(3 + 2ppm x D) mm
	Hoja reflectante	(3 + 2ppm x D) mm
	Prisma AP/CP	(2 + 2ppm x D) mm
Tiempo de medición		Fina: 0,9 segundos (1,7 segundos la inicial); Rápida: 0,7 el inicial)(1,4 segundos la inicial); Seguimiento: 0,3 segundos (1,4 segundos la inicial);
General		
Puntero Láser		Láser coaxial rojo con haz de EDM
Guía de la luz		LED verde (524 nm) y LED rojo (626 nm), intervalo de funcionamiento: de 1,3 a 150 m (de 4,3 a 490 pies)
Niveles	Gráfico	6 '(Círculo Interno)
	Nivel esférico	10' / 2mm
Plomada láser		Diodo de láser rojo (635nm \pm 10nm); Precisión del haz: $\leq 1,0\text{mm}@1,3\text{m}$; Producto láser Clase 2
Plomada óptica (opcional)		Ampliación: el enfoque de 3x; Mínimo: 0,3m (11,8 pulg.) desde la base nivelante
Protección contra agua y polvo		IP66 (IEC 60529:2001)
Temperatura de funcionamiento		-20 to +50°C (-4 to +122°F)
Fuente de alimentación		
Batería	BBDC70 batería desmontable	Batería Li-ion recargable



Tiempo de funcionamiento (20 ° C)	BDC70	Aprox.36 horas (una sola medición de la distancia cada 30 segundos)
	De la batería externa (opcional)	BDC60: aprox. 44 horas, BDC61: aprox. 89 horas (medición de la distancia solo cada 30 segundos)

- Tres prismas con sus respectivos porta prismas.
- Radios portátiles de comunicación MOTOROLA.
- Navegador GPS GARMIN Serie 64s.
- Vehículo 4x4.
- Accesorios varios (Trípode, Winchas, Flexómetros, entre otros)

3.3.3. Medición de ángulos horizontales y verticales

La medición de los ángulos horizontales se efectuó con una Estación Total SOKKIA CX-105, la cual elimina los errores del cálculo de ángulos horizontales y verticales que se producen normalmente en los teodolitos convencionales.

El principio de lectura está basado en la lectura de una señal integrada sobre la superficie completa del dispositivo electrónico horizontal y vertical y la obtención de un valor angular medio. De esta manera, se elimina completamente la falta de precisión que se produce debido a la excentricidad y a la graduación, el sistema de medición de ángulos facilita la compensación automática en los siguientes casos:

- Corrección automática de errores del censor de ángulos.
- Corrección automática del error de colimación y de la inclinación del eje de muñones.
- Corrección automática de error de colimación del seguidor.
- Cálculo de la medida aritmética para la eliminación de los errores de puntería.

3.3.4. Cálculo del ángulo horizontal

La fórmula que a continuación se explica, se emplea para calcular el ángulo horizontal.

$$AH = AH_S + E_H * \frac{1}{\sin V} + Y_H * \frac{1}{\tan V} + V * \frac{1}{\tan V}$$

Dónde:

- AH_S: Ángulo horizontal medido por el censor electrónico.
 E_H: Error de colimación horizontal.
 Y_H: Error de nivelado en ángulo recto al telescopio.
 V: Error de eje horizontal.





3.3.5.Cálculo del ángulo vertical

La fórmula que a continuación se explica, se emplea para calcular el ángulo vertical.

$$AV = AV_S + E_V + Y_V$$

Dónde:

- AV_s: Ángulo vertical medido por el sensor electrónico.
E_v: Error de colimación vertical.
Y_v: Desviación en el vertical, medida por el compensador automático del nivel.

3.3.6.Corrección del error de refracción y curvatura

Ya que la proyección de las alturas y las distancias se calcula con sólo multiplicar la distancia medida geométricamente por el seno y el coseno, respectivamente del ángulo cenital medido, los errores de cálculo se pueden deber principalmente a la curvatura de la tierra, y la refracción.

A continuación se muestran las dos fórmulas que la estación total emplea para el cálculo automático de los errores de curvatura y refracción.

$$DH = DG * \sin Z - \frac{DG^2 * \sin 2Z}{2 * R_T} * \left(1 - \frac{K}{2}\right)$$

$$DV = DG * \cos Z + \frac{DG^2 * \sin^2 2Z}{2 * R_T} * (1 - K)$$

Dónde:

- DH: Distancia horizontal.
DZ: Diferencia de altura.
DG: Distancia geométrica.
DV: Distancia vertical.
RT: Valor medio del radio de la tierra en Km. = 6372.
K: Media de la constante de refracción = 0,142.

4. Trabajos de gabinete

Los trabajos de gabinete consistieron básicamente en:

- Procesamiento de la información topográfica tomada en campo.
- Elaboración de planos topográficos a escalas adecuadas.





4.1. Equipo empleado

Los datos correspondientes al levantamiento topográfico han sido procesados en sistemas computarizados, utilizando los siguientes equipos y herramientas:

- Equipo de computación Intel (R) Core (TM) i7-4770 CPU @ 3,40 GHz; Memoria RAM de 8,0 GB; Sistema operativo Windows 8.1 Pro de 64 bits.
- Software SOKKIA, para transmitir toda la información tomada en el campo a la PC.
- Software AutoCAD Civil 3D 2015 para el procesamiento de los datos topográficos.
- Software AutoCAD 2016 para la elaboración de los planos correspondientes.

5. Datos de campo.

A continuación se presenta un resumen de los puntos más relevantes del levantamiento ejecutado, el detalle completo se lo puede apreciar en el anexo correspondiente.

Nº	Norte	Este	Altitud	Cód.
1	7583638,320	282717,251	3720,000	P2
2	7583478,979	282538,149	3722,567	P1
324	7583755,150	282852,483	3716,869	P3
325	7583873,355	282994,300	3714,589	P4
326	7583425,198	282901,052	3722,334	P5
1	7583399,000	282452,000	3723,404	VRTC
2	7583570,000	282452,000	3721,245	VRTC
3	7583570,000	282614,000	3721,529	VRTC
4	7583724,000	282614,000	3718,622	VRTC
5	7583725,000	282776,000	3717,595	VRTC
6	7583872,000	282776,000	3714,478	VRTC
7	7583870,000	282953,000	3714,696	VRTC
8	7583753,000	283063,000	3716,082	VRTC
9	7583705,000	283041,000	3717,126	VRTC
10	7583706,000	282954,000	3717,525	VRTC
11	7583548,000	282953,000	3719,751	VRTC
12	7583403,000	282792,000	3723,514	VRTC
13	7583548,000	282792,000	3720,874	VRTC
1	7583481,000	282540,000	3722,656	GEO-S1
2	7583482,000	282702,000	3722,598	GEO-S2
3	7583637,000	282705,000	3720,099	GEO-S3
4	7583635,000	282865,000	3718,392	GEO-S4

5	7583791,000	282865,000	3716,237	GEO-S5
6	7583559,000	282703,000	3721,385	APQ-1
7	7583715,000	282865,000	3717,267	APQ-2

Cuadro 3 (Cuadro resumen de puntos topográficos destacados)

6. Plano topográfico de la zona.

A continuación se muestra el plano topográfico, que detalle las condiciones de la zona analizada para el presente proyecto:

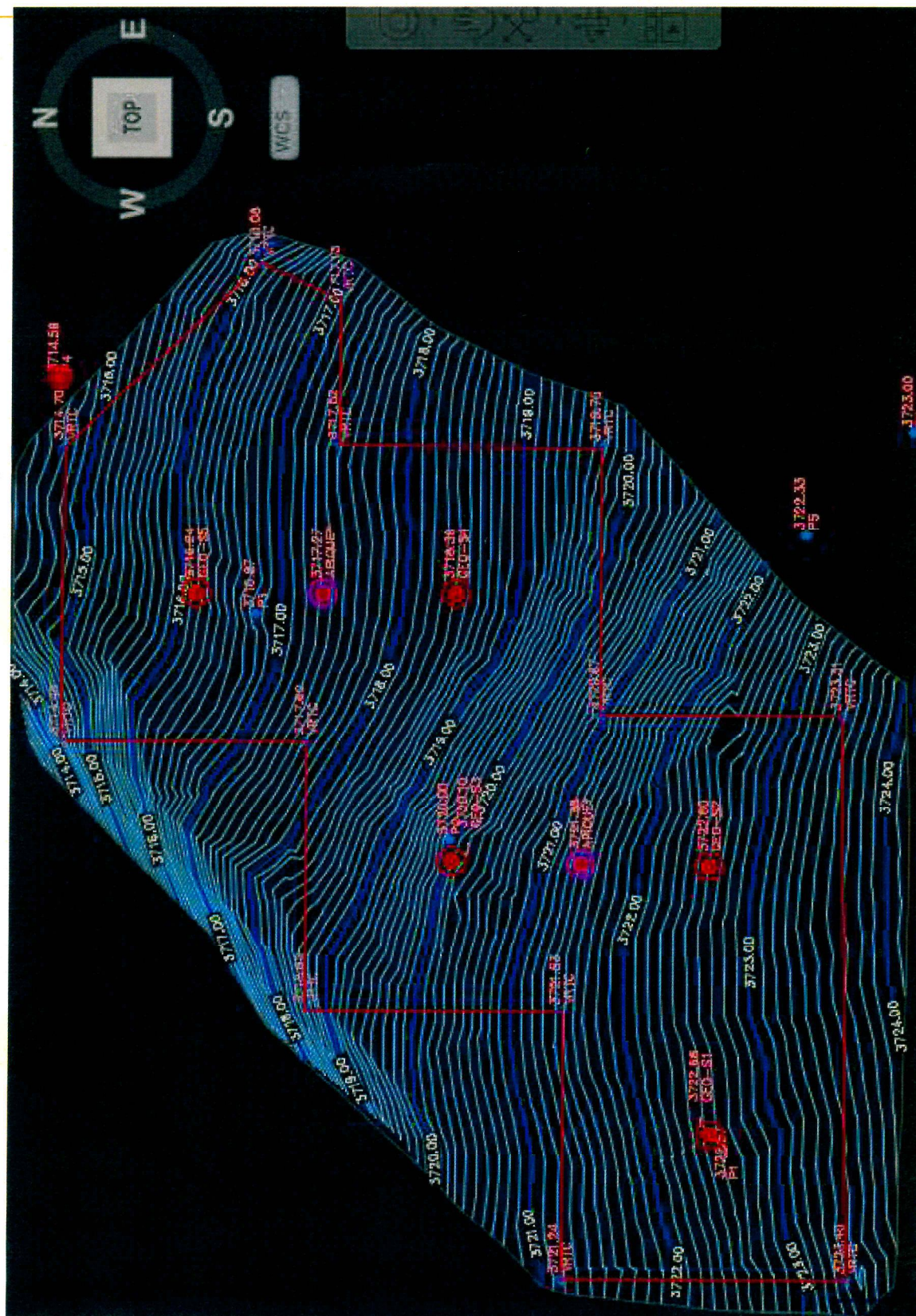
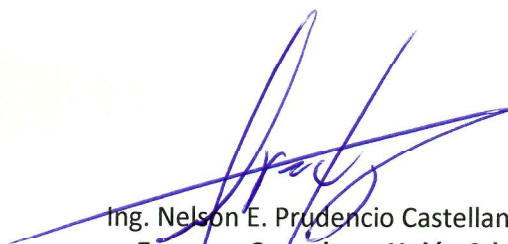


Imagen 3 (Detalle de topografía del terreno)



7. Conclusiones

- La zona del proyecto no presenta grandes variaciones topográficas, áreas complejas en relación al relieve y sus características de pendiente.
- Se ha utilizado el elipsoide World Geodetic Systems 1984 (WGS-84)
- La zona levantada se encuentra enteramente en la Zona 20 K.
- La precisión obtenida en los puntos, está por encima de 1/100 000. Lo cual garantiza la confiabilidad de los puntos, para el desarrollo de proyectos de ingeniería.
- El control topográfico de campo fue llevado a cabo en forma continua utilizando una Estación Total SOKKIA CX-105; un GPS navegador GARMIN Serie 64s; equipos portátiles de comunicación MOTROLA; el Software SOKKIA, para transmisión de datos; software AutoCAD Civil 3D 2015, para el procesamiento de los datos tomados en campo y AutoCAD 2016, para la presentación en planos topográficos.
- Los trabajos referentes al levantamiento topográfico están referidos a coordenadas de proyección UTM con datum horizontal y vertical (Elevación Geoidal): WGS-84.
- Se ha elaborado planos topográficos del área de estudio a escala 1:500 con equidistancia de curvas de nivel a 0,10 metros, la topografía procesada sirvió de base para la elaboración de los perfiles geotécnico.



Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Empresa Consultora Unión Srl.

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
S.I.B. INGENIERO CIVIL
TARIJA R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO





Número	Norte	Este	Elevación	Descripción
1	75.833.990.000	2.824.520.000	37.234.040	VRTC
2	75.835.700.000	2.824.520.000	37.212.450	VRTC
3	75.835.700.000	2.826.140.000	37.215.290	VRTC
4	75.837.240.000	2.826.140.000	37.186.220	VRTC
5	75.837.250.000	2.827.760.000	37.175.950	VRTC
6	75.838.720.000	2.827.760.000	37.144.780	VRTC
7	75.838.700.000	2.829.530.000	37.146.960	VRTC
8	75.837.530.000	2.830.630.000	37.160.820	VRTC
9	75.837.050.000	2.830.410.000	37.171.260	VRTC
10	75.837.060.000	2.829.540.000	37.175.250	VRTC
11	75.835.480.000	2.829.530.000	37.197.510	VRTC
12	75.834.030.000	2.827.920.000	37.235.140	VRTC
13	75.835.480.000	2.827.920.000	37.208.740	VRTC



Número	Norte	Este	Elevación	Descripción
1	7.583.638.320	282.717.251	3.720.000	P2
2	7.583.478.979	282.538.149	3.722.567	P1
3	7.583.390.559	282.456.017	3.723.535	TER
4	7.583.370.677	282.449.651	3.723.750	TER
5	7.583.389.525	282.475.380	3.723.595	TER
6	7.583.368.339	282.470.118	3.723.805	TER
7	7.583.389.730	282.500.304	3.723.584	TER
8	7.583.368.425	282.496.691	3.723.889	TER
9	7.583.390.198	282.526.000	3.723.615	TER
10	7.583.368.162	282.524.422	3.723.919	TER
11	7.583.390.443	282.551.544	3.723.632	TER
12	7.583.366.491	282.551.220	3.723.952	TER
13	7.583.391.598	282.577.253	3.723.675	TER
14	7.583.366.011	282.578.505	3.723.975	TER
15	7.583.392.702	282.604.541	3.723.711	TER
16	7.583.365.559	282.606.112	3.724.050	TER
17	7.583.393.588	282.632.383	3.723.784	TER
18	7.583.364.579	282.633.237	3.724.121	TER
19	7.583.392.218	282.659.543	3.723.785	TER
20	7.583.363.788	282.659.312	3.724.184	TER
21	7.583.392.470	282.685.629	3.723.809	TER
22	7.583.363.054	282.684.980	3.724.156	TER
23	7.583.393.109	282.713.716	3.723.779	TER
24	7.583.363.468	282.710.444	3.724.167	TER
25	7.583.363.813	282.736.480	3.724.194	TER
26	7.583.394.271	282.741.344	3.723.757	TER
27	7.583.364.520	282.762.687	3.724.158	TER
28	7.583.395.992	282.768.052	3.723.708	TER
29	7.583.364.927	282.789.302	3.724.065	TER
30	7.583.396.779	282.800.243	3.723.545	TER
31	7.583.365.976	282.811.273	3.723.997	TER
32	7.583.397.254	282.819.569	3.723.509	TER
33	7.583.422.296	282.820.758	3.723.073	TER
34	7.583.412.450	282.840.079	3.723.137	TER
35	7.583.443.294	282.844.161	3.722.485	TER
36	7.583.429.510	282.860.663	3.722.572	TER
37	7.583.464.405	282.867.296	3.721.870	TER
38	7.583.464.293	282.899.274	3.721.416	TER
39	7.583.484.890	282.890.285	3.721.092	TER
40	7.583.486.378	282.923.749	3.720.659	TER





41	7.583.506.243	282.913.149	3.720.403	TER
42	7.583.545.530	282.956.740	3.719.668	TER
43	7.583.545.528	282.956.744	3.719.662	TER
44	7.583.535.349	282.978.287	3.719.852	TER
45	7.583.561.100	282.966.385	3.719.483	TER
46	7.583.558.868	282.930.385	3.719.575	TER
47	7.583.579.476	282.940.634	3.719.238	TER
48	7.583.572.373	282.903.866	3.719.340	TER
49	7.583.594.668	282.913.119	3.719.013	TER
50	7.583.585.429	282.877.152	3.719.133	TER
51	7.583.608.959	282.886.658	3.718.791	TER
52	7.583.598.464	282.850.106	3.719.028	TER
53	7.583.622.615	282.860.692	3.718.583	TER
54	7.583.622.615	282.860.698	3.718.585	TER
55	7.583.611.222	282.824.944	3.718.989	TER
56	7.583.637.541	282.833.801	3.718.464	TER
57	7.583.624.428	282.798.974	3.719.130	TER
58	7.583.651.508	282.808.221	3.718.428	TER
59	7.583.637.842	282.771.754	3.719.204	TER
60	7.583.665.309	282.781.959	3.718.454	TER
61	7.583.650.737	282.745.675	3.719.184	TER
62	7.583.678.653	282.754.315	3.718.514	TER
63	7.583.662.786	282.719.302	3.719.244	TER
64	7.583.690.434	282.727.178	3.718.693	TER
65	7.583.675.660	282.693.410	3.719.209	TER
66	7.583.702.600	282.701.010	3.718.628	TER
67	7.583.688.370	282.666.704	3.719.150	TER
68	7.583.715.487	282.674.717	3.718.672	TER
69	7.583.700.811	282.641.620	3.719.188	TER
70	7.583.728.216	282.648.827	3.718.711	TER
71	7.583.714.171	282.616.303	3.718.959	TER
72	7.583.738.860	282.621.770	3.718.149	TER
73	7.583.722.785	282.600.745	3.718.450	TER
74	7.583.747.432	282.603.764	3.717.260	TER
75	7.583.705.525	282.584.084	3.718.886	TER
76	7.583.693.372	282.595.773	3.719.467	TER
77	7.583.673.203	282.574.543	3.719.753	TER
78	7.583.687.146	282.562.344	3.719.209	TER
79	7.583.668.863	282.539.901	3.719.545	TER
80	7.583.653.539	282.552.943	3.720.060	TER
81	7.583.650.132	282.516.425	3.719.903	TER



82	7.583.633.580	282.531.965	3.720.301	TER
83	7.583.629.812	282.495.195	3.720.382	TER
84	7.583.613.348	282.510.580	3.720.600	TER
85	7.583.591.809	282.489.020	3.720.956	TER
86	7.583.605.743	282.474.134	3.720.778	TER
87	7.583.581.061	282.448.495	3.720.993	TER
88	7.583.560.447	282.458.969	3.721.297	TER
89	7.583.565.922	282.443.068	3.721.208	TER
90	7.583.536.911	282.439.450	3.721.577	TER
91	7.583.529.918	282.458.198	3.721.631	TER
92	7.583.504.344	282.436.826	3.721.953	TER
93	7.583.500.244	282.457.213	3.721.992	TER
94	7.583.474.582	282.433.622	3.722.326	TER
95	7.583.471.407	282.456.052	3.722.410	TER
96	7.583.443.987	282.432.398	3.722.753	TER
97	7.583.441.771	282.455.572	3.722.806	TER
98	7.583.414.459	282.431.955	3.723.110	TER
99	7.583.412.851	282.455.975	3.723.193	TER
100	7.583.389.220	282.429.058	3.723.435	TER
101	7.583.390.279	282.455.865	3.723.463	TER
102	7.583.456.686	282.464.331	3.722.679	TER
103	7.583.456.793	282.464.164	3.722.681	TER
104	7.583.424.833	282.460.491	3.723.018	TER
105	7.583.456.371	282.493.271	3.722.718	TER
106	7.583.425.510	282.490.386	3.723.145	TER
107	7.583.456.056	282.522.798	3.722.731	TER
108	7.583.426.829	282.520.801	3.723.182	TER
109	7.583.457.518	282.552.675	3.722.857	TER
110	7.583.426.136	282.549.409	3.723.179	TER
111	7.583.458.026	282.585.148	3.722.872	TER
112	7.583.426.067	282.577.645	3.723.288	TER
113	7.583.457.801	282.613.157	3.722.999	TER
114	7.583.425.678	282.606.987	3.723.373	TER
115	7.583.458.074	282.641.928	3.722.995	TER
116	7.583.425.453	282.635.811	3.723.396	TER
117	7.583.458.827	282.671.571	3.722.997	TER
118	7.583.425.118	282.663.742	3.723.461	TER
119	7.583.424.676	282.692.238	3.723.444	TER
120	7.583.460.648	282.701.015	3.722.919	TER
121	7.583.461.423	282.730.224	3.722.823	TER
122	7.583.423.295	282.720.722	3.723.407	TER



123	7.583.462.280	282.757.521	3.722.799	TER
124	7.583.421.791	282.749.515	3.723.364	TER
125	7.583.464.701	282.786.276	3.722.562	TER
126	7.583.421.220	282.781.416	3.723.250	TER
127	7.583.464.615	282.786.359	3.722.545	TER
128	7.583.467.017	282.813.924	3.722.321	TER
129	7.583.425.056	282.811.390	3.723.085	TER
130	7.583.465.615	282.834.425	3.722.209	TER
131	7.583.484.811	282.875.382	3.721.248	TER
132	7.583.484.764	282.875.306	3.721.216	TER
133	7.583.499.565	282.853.106	3.721.275	TER
134	7.583.522.833	282.880.252	3.720.396	TER
135	7.583.513.717	282.828.832	3.721.204	TER
136	7.583.536.455	282.852.617	3.720.362	TER
137	7.583.550.002	282.826.310	3.720.445	TER
138	7.583.526.603	282.804.389	3.721.269	TER
139	7.583.539.156	282.779.652	3.721.209	TER
140	7.583.563.383	282.800.482	3.720.484	TER
141	7.583.554.900	282.754.275	3.721.120	TER
142	7.583.576.679	282.773.535	3.720.485	TER
143	7.583.569.513	282.731.109	3.721.034	TER
144	7.583.590.524	282.748.908	3.720.504	TER
145	7.583.581.404	282.706.599	3.720.983	TER
146	7.583.603.501	282.722.746	3.720.504	TER
147	7.583.616.418	282.697.305	3.720.417	TER
148	7.583.595.524	282.682.230	3.720.867	TER
149	7.583.630.175	282.672.722	3.720.313	TER
150	7.583.609.300	282.657.383	3.720.719	TER
151	7.583.622.508	282.633.403	3.720.610	TER
152	7.583.643.810	282.648.165	3.720.186	TER
153	7.583.658.053	282.623.550	3.720.007	TER
154	7.583.636.450	282.606.766	3.720.367	TER
155	7.583.668.305	282.607.843	3.719.828	TER
156	7.583.645.933	282.588.747	3.720.282	TER
157	7.583.594.000	282.525.054	3.720.899	TER
158	7.583.560.457	282.491.230	3.721.344	TER
159	7.583.588.995	282.551.733	3.721.056	TER
160	7.583.560.255	282.521.424	3.721.339	TER
161	7.583.578.852	282.576.706	3.721.286	TER
162	7.583.560.037	282.551.215	3.721.475	TER
163	7.583.574.743	282.592.010	3.721.392	TER



164	7.583.558.014	282.577.831	3.721.628	TER
165	7.583.572.285	282.616.448	3.721.429	TER
166	7.583.556.783	282.606.912	3.721.710	TER
167	7.583.569.692	282.643.498	3.721.468	TER
168	7.583.554.471	282.634.414	3.721.712	TER
169	7.583.553.305	282.659.376	3.721.689	TER
170	7.583.573.508	282.670.626	3.721.277	TER
171	7.583.572.369	282.697.257	3.721.206	TER
172	7.583.551.467	282.687.827	3.721.612	TER
173	7.583.569.198	282.724.857	3.721.071	TER
174	7.583.549.195	282.715.645	3.721.531	TER
175	7.583.568.662	282.752.104	3.720.904	TER
176	7.583.547.737	282.743.094	3.721.396	TER
177	7.583.546.540	282.772.264	3.721.155	TER
178	7.583.575.220	282.735.080	3.720.866	TER
179	7.583.535.093	282.739.987	3.721.613	TER
180	7.583.584.542	282.707.717	3.720.926	TER
181	7.583.534.385	282.711.940	3.721.812	TER
182	7.583.592.766	282.681.343	3.720.885	TER
183	7.583.532.911	282.683.690	3.721.880	TER
184	7.583.602.065	282.654.583	3.720.865	TER
185	7.583.531.539	282.656.497	3.722.028	TER
186	7.583.605.505	282.627.563	3.720.925	TER
187	7.583.530.061	282.628.535	3.722.042	TER
188	7.583.610.122	282.600.219	3.720.865	TER
189	7.583.528.220	282.600.606	3.722.057	TER
190	7.583.613.449	282.574.267	3.720.771	TER
191	7.583.528.426	282.573.684	3.721.993	TER
192	7.583.528.707	282.545.899	3.721.886	TER
193	7.583.528.402	282.515.796	3.721.804	TER
194	7.583.529.740	282.485.701	3.721.715	TER
195	7.583.529.910	282.460.312	3.721.682	TER
196	7.583.747.307	282.652.042	3.718.159	TER
197	7.583.766.647	282.671.653	3.717.758	TER
198	7.583.781.589	282.659.022	3.716.604	TER
199	7.583.761.760	282.637.757	3.717.359	TER
200	7.583.739.161	282.681.441	3.718.395	TER
201	7.583.750.446	282.691.242	3.718.196	TER
202	7.583.726.005	282.707.409	3.718.189	TER
203	7.583.735.166	282.713.015	3.718.000	TER
204	7.583.712.816	282.735.718	3.718.161	TER

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA



205	7.583.738.245	282.745.889	3.717.654	TER
206	7.583.728.021	282.773.266	3.717.586	TER
207	7.583.698.999	282.763.303	3.718.098	TER
208	7.583.713.752	282.799.847	3.717.556	TER
209	7.583.687.101	282.790.612	3.718.047	TER
210	7.583.699.115	282.826.690	3.717.623	TER
211	7.583.673.462	282.817.517	3.718.049	TER
212	7.583.686.827	282.853.699	3.717.726	TER
213	7.583.659.367	282.844.473	3.718.127	TER
214	7.583.672.856	282.879.653	3.717.878	TER
215	7.583.646.062	282.872.191	3.718.243	TER
216	7.583.660.138	282.907.495	3.718.039	TER
217	7.583.632.552	282.899.259	3.718.399	TER
218	7.583.647.700	282.934.852	3.718.195	TER
219	7.583.619.257	282.925.489	3.718.618	TER
220	7.583.638.427	282.962.240	3.718.319	TER
221	7.583.606.708	282.951.678	3.718.809	TER
222	7.583.629.795	282.988.706	3.718.403	TER
223	7.583.598.025	282.978.376	3.718.912	TER
224	7.583.621.809	283.006.224	3.718.455	TER
225	7.583.590.776	282.997.052	3.718.998	TER
226	7.583.647.158	283.024.846	3.717.975	TER
227	7.583.651.846	283.015.784	3.718.023	TER
228	7.583.696.202	283.064.020	3.716.993	TER
229	7.583.703.166	283.045.213	3.717.073	TER
230	7.583.719.021	283.020.147	3.717.011	TER
231	7.583.666.517	282.991.452	3.717.922	TER
232	7.583.681.978	282.966.774	3.717.772	TER
233	7.583.734.059	282.996.008	3.716.945	TER
234	7.583.697.894	282.941.118	3.717.630	TER
235	7.583.748.755	282.971.258	3.716.860	TER
236	7.583.712.774	282.917.132	3.717.400	TER
237	7.583.763.695	282.946.581	3.716.670	TER
238	7.583.726.816	282.891.780	3.717.205	TER
239	7.583.779.143	282.921.960	3.716.442	TER
240	7.583.742.081	282.867.752	3.716.961	TER
241	7.583.794.457	282.897.087	3.716.105	TER
242	7.583.756.627	282.842.142	3.716.779	TER
243	7.583.809.265	282.872.878	3.715.812	TER
244	7.583.770.910	282.817.470	3.716.608	TER
245	7.583.824.378	282.848.433	3.715.631	TER

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA



246	7.583.787.189	282.794.420	3.716.528	TER
247	7.583.839.851	282.823.542	3.715.653	TER
248	7.583.800.033	282.770.585	3.716.572	TER
249	7.583.854.820	282.798.612	3.715.050	TER
250	7.583.869.152	282.776.004	3.714.481	TER
251	7.583.817.816	282.741.197	3.716.244	TER
252	7.583.829.301	282.725.185	3.715.383	TER
253	7.583.881.983	282.761.075	3.713.292	TER
254	7.583.869.806	282.804.073	3.714.704	TER
255	7.583.889.870	282.773.338	3.713.241	TER
256	7.583.895.556	282.801.121	3.713.770	TER
257	7.583.900.883	282.829.823	3.714.239	TER
258	7.583.870.028	282.832.017	3.715.054	TER
259	7.583.870.079	282.859.252	3.714.854	TER
260	7.583.900.410	282.857.967	3.714.590	TER
261	7.583.870.435	282.886.137	3.714.755	TER
262	7.583.900.092	282.885.176	3.714.404	TER
263	7.583.870.707	282.914.003	3.714.837	TER
264	7.583.899.995	282.912.866	3.714.395	TER
265	7.583.870.000	282.953.000	3.714.696	TER
266	7.583.899.387	282.940.038	3.714.403	TER
267	7.583.891.054	282.955.441	3.714.445	TER
268	7.583.872.565	282.969.835	3.714.682	TER
269	7.583.860.909	282.984.787	3.714.729	TER
270	7.583.848.468	282.972.842	3.714.981	TER
271	7.583.843.172	283.005.383	3.714.991	TER
272	7.583.827.565	282.992.371	3.715.260	TER
273	7.583.826.181	283.026.294	3.715.160	TER
274	7.583.806.843	283.011.847	3.715.527	TER
275	7.583.806.566	283.044.706	3.715.386	TER
276	7.583.786.646	283.031.027	3.715.838	TER
277	7.583.782.758	283.075.464	3.715.400	TER
278	7.583.765.694	283.050.405	3.715.974	TER
279	7.583.752.425	283.063.541	3.716.125	TER
280	7.583.754.696	283.082.691	3.715.756	TER
281	7.583.728.537	283.075.155	3.716.143	TER
282	7.583.730.630	283.055.609	3.716.552	TER
283	7.583.746.389	283.032.497	3.716.478	TER
284	7.583.757.750	283.042.589	3.716.286	TER
285	7.583.774.643	283.022.336	3.716.039	TER
286	7.583.762.194	283.009.685	3.716.335	TER

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.

TARIJA - BOLIVIA



287	7.583.791.315	283.000.944	3.715.940	TER
288	7.583.776.524	282.985.136	3.716.252	TER
289	7.583.808.245	282.978.016	3.715.718	TER
290	7.583.791.422	282.960.718	3.716.092	TER
291	7.583.806.294	282.936.789	3.715.910	TER
292	7.583.823.039	282.955.048	3.715.467	TER
293	7.583.821.017	282.912.990	3.715.698	TER
294	7.583.838.366	282.932.001	3.715.305	TER
295	7.583.836.621	282.888.711	3.715.361	TER
296	7.583.851.588	282.910.156	3.715.090	TER
297	7.583.853.703	282.864.666	3.715.158	TER
298	7.583.832.148	282.801.728	3.715.925	TER
299	7.583.817.258	282.749.437	3.716.341	TER
300	7.583.798.842	282.772.727	3.716.563	TER
301	7.583.804.604	282.707.512	3.716.502	TER
302	7.583.780.698	282.795.228	3.716.578	TER
303	7.583.791.940	282.719.661	3.717.141	TER
304	7.583.761.836	282.817.209	3.716.716	TER
305	7.583.778.550	282.744.459	3.717.126	TER
306	7.583.743.500	282.839.288	3.716.973	TER
307	7.583.765.125	282.767.678	3.717.042	TER
308	7.583.725.132	282.862.283	3.717.198	TER
309	7.583.750.754	282.789.750	3.717.099	TER
310	7.583.706.887	282.886.032	3.717.423	TER
311	7.583.737.373	282.812.457	3.717.143	TER
312	7.583.720.323	282.836.312	3.717.285	TER
313	7.583.651.405	282.729.811	3.719.468	TER
314	7.583.732.964	282.709.068	3.718.181	TER
315	7.583.633.601	282.683.985	3.720.310	TER
316	7.583.622.834	282.685.100	3.720.459	TER
317	7.583.590.690	282.710.606	3.720.875	TER
318	7.583.485.492	282.774.276	3.722.488	TER
319	7.583.473.478	282.794.138	3.722.556	TER
320	7.583.532.785	282.789.064	3.721.343	TER
321	7.583.508.581	282.940.703	3.720.370	TER
322	7.583.478.966	282.538.137	3.722.577	TER
323	7.583.755.173	282.852.507	3.716.868	TER
324	7.583.755.150	282.852.483	3.716.869	P3
325	7.583.873.355	282.994.300	3.714.589	P4
326	7.583.425.198	282.901.052	3.722.334	P5
327	7.583.361.524	282.962.721	3.722.997	P6

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.

TARIJA - BOLIVIA

Oficina Central: Calle O'Connor N 0458 - Telf/ Fax: (04) 66-68727 • Lab. Suelos: Calle Andrés Bello s/n B. San Jorge - Telf: (04) 66-60900

consunion.srl@gmail.com

Tarija 8 Bolivia

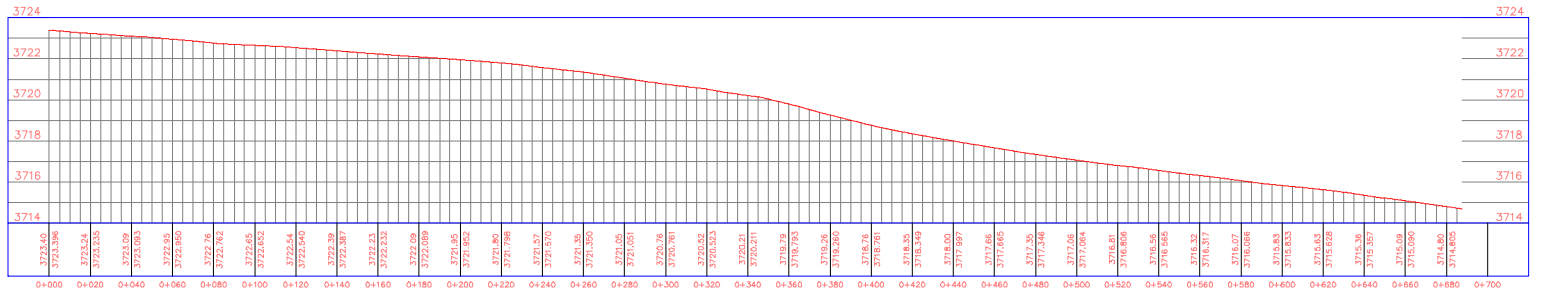


Número	Norte	Este	Elevación	Descripción
1	75.834.810.000	2.825.400.000	37.226.560	GEO-S1
2	75.834.820.000	2.827.020.000	37.225.980	GEO-S2
3	75.836.370.000	2.827.050.000	37.200.990	GEO-S3
4	75.836.350.000	2.828.650.000	37.183.920	GEO-S4
5	75.837.910.000	2.828.650.000	37.162.370	GEO-S5
6	75.835.590.000	2.827.030.000	37.213.850	APQ-1
7	75.837.150.000	2.828.650.000	37.172.670	APQ-2

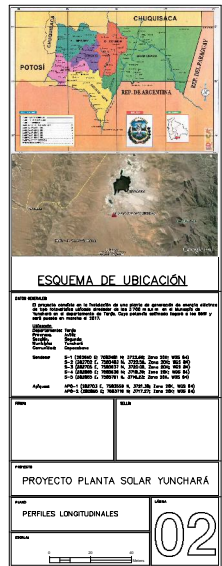
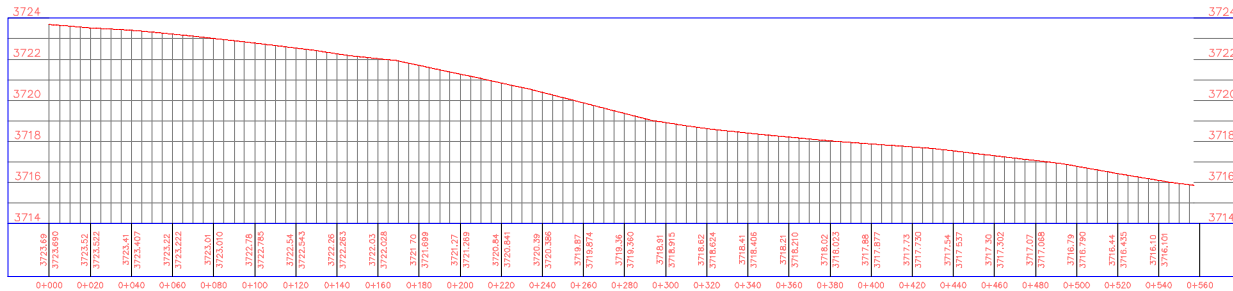
PLANOS



Longitudinal 01 PROFILE



Longitudinal 02 PROFILE



0+020.00			
3730	-1.4%	0.4%	1.3%
3720			
3710			

0+040.00			
3730	-1.1%	0.8%	1.0%
3720			
3710			

0+060.00			
3730	-0.9%	0.8%	1.0%
3720			
3710			

0+080.00			
3730	-0.8%	0.8%	1.0%
3720			
3710			

0+100.00			
3730	-1.4%	0.8%	1.0%
3720			
3710			

0+120.00			
3730	-1.1%	0.8%	1.0%
3720			
3710			

0+140.00			
3730	-1.1%	0.8%	1.0%
3720			
3710			

0+160.00			
3730	-1.1%	0.8%	1.0%
3720			
3710			

0+180.00			
3730	-1.4%	0.8%	1.0%
3720			
3710			

0+200.00			
3730	-1.5%	0.8%	1.0%
3720			
3710			

0+220.00			
3730	-1.4%	0.8%	1.0%
3720			
3710			

0+240.00			
3730	-0.8%	0.8%	1.0%
3720			
3710			

0+260.00			
3730	-1.4%	0.8%	1.0%
3720			
3710			

0+280.00			
3730	-1.1%	0.8%	1.0%
3720			
3710			

0+300.00			
3730	-0.8%	0.8%	1.0%
3720			
3710			

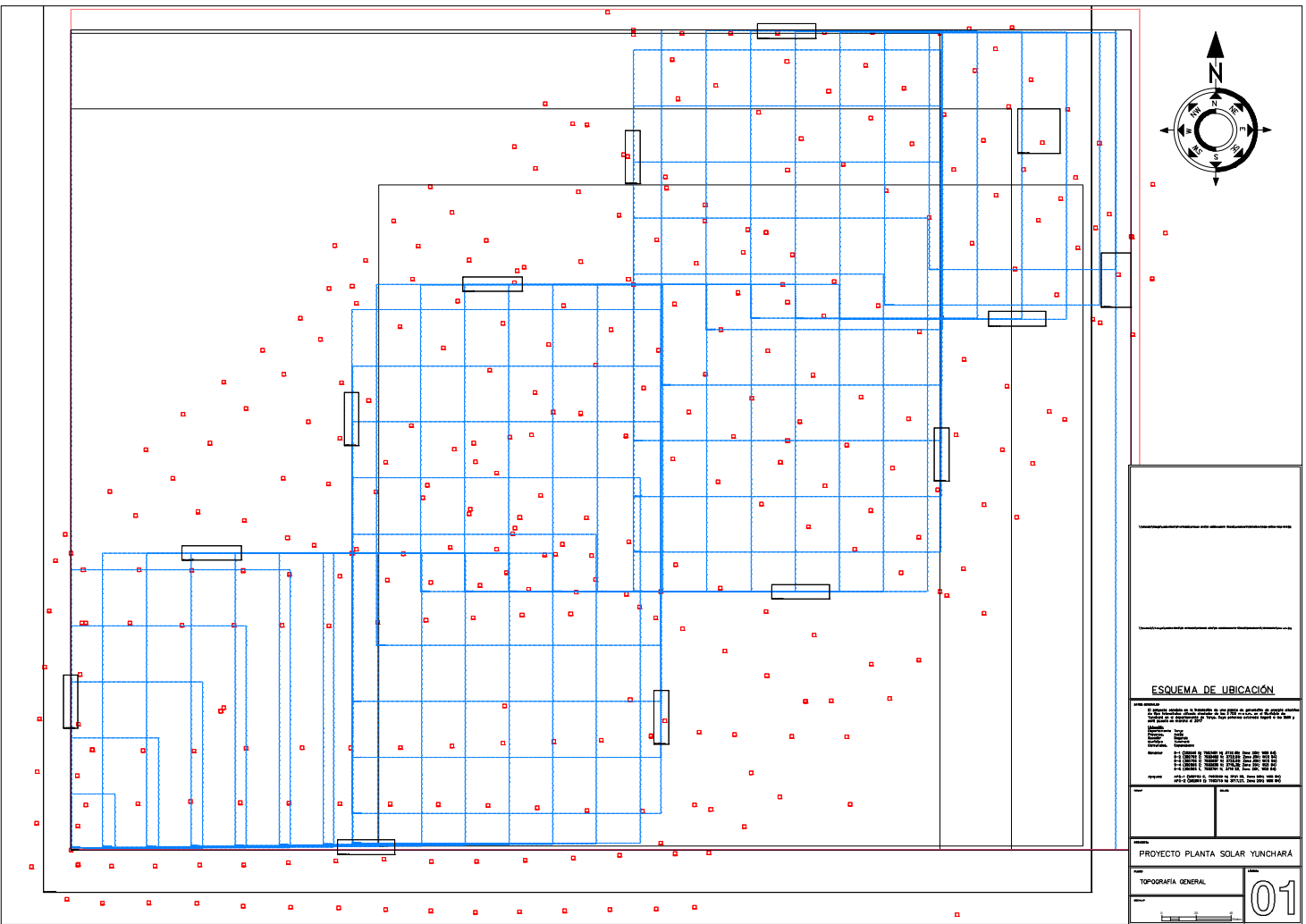
0+320.00			
3730	-1.6%	0.8%	1.0%
3720			
3710			

ESQUEMA DE UBICACIÓN

OTRO DATOS:
 El presente estudio es un estudio de ingeniería de caminos, el cual se realizó en el marco de la ejecución del proyecto de inversión pública "PROYECTO PLANTA SOLAR YUNCHARA".

PROYECTO: PLANTA SOLAR YUNCHARA

SECCIONES TRANSVERSALES: 03



ANEXO 2.2

Estudio de suelos

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA YUNCHARA-TARIJA (5 MW)



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Solar Yunchará

Procedencia: Comunidad Copocabano, Municipio Yunchará, 2º Secc. Prov. Avilez, Tarija(282865 E; 7583635 S; Zona 20K; WGS-84)

Laboratorista: Israel Tapia

Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos

Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: S-4

Muestra Nº: M-3

Fecha: 15-feb-16

Datos Standardizados del Equipo		Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	Rechazo (> 50 golpes)
Peso del Martillo	63,5 kg		
Altura de caída	76,2 cm		

Sondeo Nº Muestra Nº	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-4 M-3	3,00	Rechazo (> 50 golpes)	4,13 Kg/cm2	56.758,43 KN/m3	GM A-1-b

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 * N. de Golpes}{23 + 0,716 * N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 85,03$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 42,50$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 * \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 43,13$$

(Kulhawy and Chen 2007)

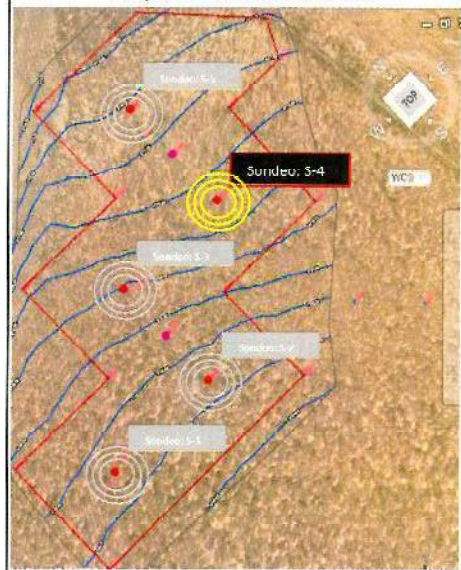
Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,92$$

$$\mu_c = 0,94$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Yunchará
Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2ª Secc. Prov. Avilez, Tarija(282865 E; 7583635 S; Zona 20K; WGS-84)
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL.

Sondeo: S-4
Muestra: M-4
Material: Granular
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh	MUESTRA TOTAL SECA, Pst.
Suelo húmedo + cápsula, P1	82,90 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	75,60 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	7,30 gr.
Peso de la cápsula, Pc	27,70 gr.
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	47,90 gr.
Porcentaje de humedad	
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	15,24 %
	Muestra total húmeda Pht. 8643 gr.
	Ag. Grueso (Ret. N°10)=AG 6053 gr.
	Pasa N°10 húmedo, Mh 2590 gr.
	Pasa N°10 seco
	$Ms = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$ 2247 gr.
	Muestra total seca, Pst= (AG + Ms)= 8300 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	0,0	0,0	0,00	63,50 mm	100,00	
2"	1227,0	1227,0	14,78	50,80 mm	85,22	
1 1/2"	556,0	1783,0	21,48	38,10 mm	78,52	
1"	1201,0	2984,0	35,95	25,00 mm	64,05	
3/4"	714,0	3698,0	44,55	19,00 mm	55,45	
3/8"	895,0	4593,0	55,33	9,50 mm	44,67	
N°4	790,0	5383,0	64,85	4,80 mm	35,15	
N°10	670,0	6053,0	72,92	2,00 mm	27,08	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa N° 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa N°10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 434 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
N°40	38,4	38,4	8,85	91,15	0,42 mm	24,68	
N°200	98,2	136,6	31,48	68,52	0,075 mm	18,55	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara N°	121	200	209	7		Gravas 64,85%
Suelo Húmedo + Tara	26,22	25,54	23,95	21,60		Arenas: 16,60%
Suelo Seco + Tara	23,43	23,20	22,12	20,06		Finos: 18,55%
Peso del Agua	2,79	2,34	1,83	1,54		
Peso de la Tara	15,66	16,29	15,80	15,21		
Peso Suelo Seco	7,77	6,91	6,32	4,85		
% de Humedad, %h	35,91	33,86	28,96	31,75		
Número de Golpes	9	25	30,35			
LIMITE LIQUIDO = LL =			32,79			
LIMITE PLASTICO = LP =			30,35			
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =			2,43			

OBSERVACIONES:

Wnatral= 15,24%
Profundidad= 8,0 m.
Cota= 3714,392 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Solar Yunchará

Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2º Secc. Prov. Avilez, Tarija (282865 E; 7583635 S; Zona 20K; WGS-84)

Laboratorista: Israel Tapia

Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos

Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: S-4

Muestra N°: M-4

Fecha: 15-feb-16

Datos Standardizados del Equipo		Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	Rechazo (> 50 golpes)
Peso del Martillo	63,5 kg		
Altura de caída	76,2 cm		

Sondeo N° Muestra N°	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-4 M-4	4,00	Rechazo (> 50 golpes)	4,13 Kg/cm2	56.758,43 KN/m3	GM A-1-b

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 * N. de Golpes}{23 + 0,716 * N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 85,03$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 42,50$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 * \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 43,13$$

(Kulhawy and Chen 2007)

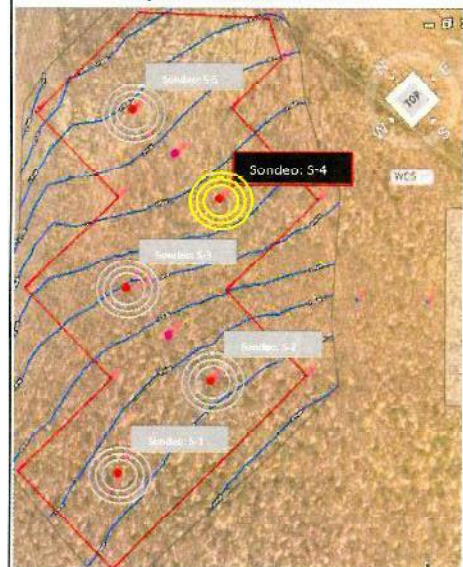
Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,92$$

$$\mu_c = 0,94$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos

Jefe de Laboratorio

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos

INGENIERO CIVIL

R.N.I. 22.603

SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



SONDEO 5



RESUMEN SONDEOS GEOTÉCNICOS

Proyecto: Planta Solar Yunchará

Ubicación: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2ª Secc. Prov. Avilés, Tarija

Jefe de Lab.: Ing. Nelson Eduardo Prudencio Castellanos

Técnico de Lab.: Tec. Israel Tapia Álvares

Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: S-5 **Fecha:** 15-feb-16

Coords: 282865 E; 7583791 S; Zona 20K; WGS-84

Cota Inicio: 3716,237 m.s.n.m.

Prof. (m)	Perfil del Suelo	W _{natural} (%)	Granulometría			Límites de Atterberg			Clasificación Unificada		Prof. (m)	Penetración Nominal						
			Gravas	Arenas	Finos	L.L.	L.P.	I.P.	Sigla	Descripción		No. de Golpes	Fatiga Adm. (Kg/cm ²)					
													0	1	2	3	4	5
0,0	Muestreo (S5-M0)	3,65	45,17	29,68	25,15	17,55	16,69	0,86	GM	Grava limosa con arena	0,0	27						
0,1										0,1								
0,2										0,2								
0,3										0,3								
0,4										0,4								
0,5										0,5								
0,6										0,6								
0,7										0,7								
0,8	SPT (S5-M1)	15,36	63,08	20,28	16,64	41,91	36,02	5,89	GM	Grava limosa con arena	0,8							
0,9										0,9								
1,0										1,0								
1,1										1,1								
1,2										1,2								
1,3										1,3								
1,4										1,4								
1,5										1,5								
1,6										1,6								
1,7										1,7								
1,8										1,8								
1,9										1,9								
2,0										2,0								
2,1										2,1								
2,2										2,2								
2,3										2,3								
2,4										2,4								
2,5										2,5								
2,6										2,6								
2,7										2,7								
2,8										2,8								
2,9										2,9								
3,0										3,0								
3,1										3,1								
3,2										3,2								
3,3										3,3								
3,4										3,4								
3,5										3,5								
3,6										3,6								
3,7										3,7								
3,8	SPT (S5-M4)	14,81	54,09	30,24	15,67	40,66	33,87	6,79	GM	Grava limosa con arena	3,8							
3,9										3,9								
4,0										4,0								
4,1										4,1								

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Proyecto Planta Solar Yunchará
Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2ª Secc. Prov. Avilés, Tarija (282865 E; 7583791 S; Zona 20K; WGS-84)
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: S-5
Muestra: M-0
Material: Grunulur
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh	MUESTRA TOTAL SECA, Pst.
Suelo húmedo + cápsula, P1	133,50 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	130,00 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	3,50 gr.
Peso de la cápsula, Pc	34,02 gr.
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	95,98 gr.
Porcentaje de humedad	
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	3,65 %
	Muestra total húmeda Pht. 10000 gr.
	Ag. Grueso (Ret. N°10)=AG 4550 gr.
	Pasa N°10 húmedo, Mh 5450,00 gr.
	Pasa N°10 seco
	$Ms = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$ 5258 gr.
	Muestra total seca,
	$Pst = (AG + Ms) =$ 9808 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	445,0	445,0	4,54	63,50 mm	95,46	
2"	310,0	755,0	7,70	50,80 mm	92,30	
1 1/2"	1000,0	1755,0	17,89	38,10 mm	82,11	
1"	1300,0	3055,0	31,15	25,00 mm	68,85	
3/4"	610,0	3665,0	37,37	19,00 mm	62,63	
3/8"	600,0	4265,0	43,48	9,50 mm	56,52	
N°4	165,0	4430,0	45,17	4,80 mm	54,83	
N°10	120,0	4550,0	46,39	2,00 mm	53,61	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa N° 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa N°10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 482 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
N°40	35,0	35,0	7,26	92,74	0,42 mm	49,72	
N°200	221,1	256,1	53,09	46,91	0,075 mm	25,15	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara N°	206	134	29	204	Gravas 45,17%
Suelo Húmedo + Tara	38,44	35,37	24,23	25,55	Arenas: 29,68%
Suelo Seco + Tara	34,64	32,52	23,00	24,20	Finos: 25,15%
Peso del Agua	3,80	2,85	1,23	1,35	CLASIFICACION:
Peso de la Tara	15,27	15,23	15,73	16,00	S.U.C.S.
Peso Suelo Seco	19,37	17,29	7,27	8,20	GM
% de Humedad, %h	19,62	16,48	16,92	16,46	Grava lixiosa con arena
Número de Golpes	11	37	16,69		AASHTO
LIMITE LIQUIDO = LL =			17,55		A-1-b
LIMITE PLASTICO = LP =			16,69		Fragmentos de roca, grava y arena
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =			0,86		Indice de Grupo (G)

OBSERVACIONES:

Wnatral= 3,65%
Profundidad= 0,2 m.
Cota= 3715,037 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

Nelson E. Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Yunchará
Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2º Secc. Prov. Avilez, Tarija (282865 E; 7583791 S; Zona 20K; WGS-84)
Laboratorista: Israci Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL.

Sondeo: S-5
Muestra: M-1
Material: Granular
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh		MUESTRA TOTAL SECA, Pst.	
Suelo húmedo + cápsula, P1	100,30 gr.	Muestra total húmeda Pht.	7604 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	90,50 gr.	Ag. Grueso (Ret. Nº10)=AG	4977 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	9,80 gr.	Pasa Nº10 húmedo, Mh	2627 gr.
Peso de la cápsula, Pc	26,70 gr.	Pasa Nº10 seco	
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	63,80 gr.		
Porcentaje de humedad		$Ms = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$	2277 gr.
		Muestra total seca,	
		$Pst = (AG + Ms) -$	7254 gr.
	$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$		
	15,36 %		

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	483,0	483,0	6,66	63,50 mm	93,34	
2"	637,0	1120,0	15,44	50,80 mm	84,56	
1 1/2"	366,0	1486,0	20,48	38,10 mm	79,52	
1"	968,0	2454,0	33,83	25,00 mm	66,17	
3/4"	481,0	2935,0	40,46	19,00 mm	59,54	
3/8"	1163,0	4098,0	56,49	9,50 mm	43,51	
Nº4	478,0	4576,0	63,08	4,80 mm	36,92	
Nº10	401,0	4977,0	68,61	2,00 mm	31,39	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa Nº 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa Nº10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 433 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
Nº40	61,0	61,0	14,07	85,93	0,42 mm	26,97	
Nº200	142,7	203,7	47,00	53,00	0,075 mm	16,64	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara Nº	209	23	18	8	Gravas 63,08% Arenas 20,28% Finos 16,64%
Suelo Húmedo + Tara	25,69	24,36	21,00	21,73	
Suelo Seco + Tara	22,65	21,80	19,63	20,15	
Peso del Agua	3,04	2,56	1,37	1,58	
Peso de la Tara	15,80	15,77	15,72	15,88	CLASIFICACION: S.U.C.S. GM Grava limosa con arena AASHTO A-1-b Prescritos de esp. a. arena y arena Índice de Grupo (0)
Peso Suelo Seco	6,85	6,03	3,91	4,27	
% de Humedad, %h	44,38	42,45	35,04	37,00	
Número de Golpes	12	29	36,02	5,89	
LIMITE LIQUIDO = LL =				41,91	CONSUNION S.R.L. TARIJA - BOLIVIA
LIMITE PLASTICO = LP =				36,02	
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =				5,89	

OBSERVACIONES:

Wnatral= 15,36%
Profundidad= 1,0 m.
Cota= 3715,237 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Solar Yunchará

Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2ª Secc. Pruv Aviler, Tarija(282865 E; 7583791 S; Zona 20K; WGS-84)

Laboratorista: Israel Topia

Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos

Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL.

Sondeo: S-5

Muestra N°: M-1

Fecha: 15-feb-16

Datos Standardizados del Equipo		Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	27
Peso del Martillo	63,5 kg		
Altura de caída	76,2 cm		

Sondeo N° Muestra N°	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-5 M-1	1,00	27	3,00 Kg/cm2	41.278,86 KN/m3	GM A-1-b

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 * N. de Golpes}{23 + 0,716 * N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 63,78$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 32,69$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 * \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 40,67$$

(Kulhawy and Chen 2007)

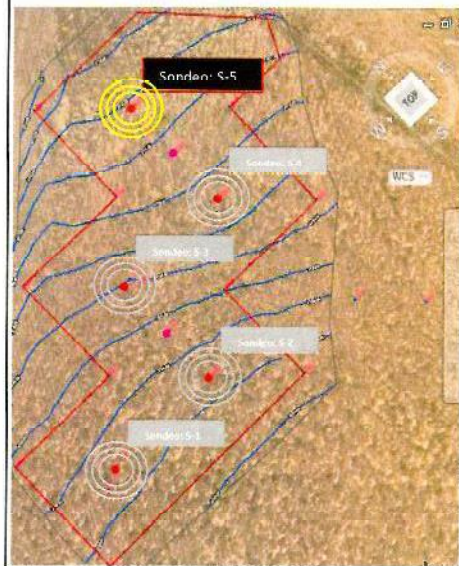
Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,64$$

$$\mu_c = 0,86$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA





ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Yunchará
Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2ª Secc. Prov. Avilez, Tarija (282865 E; 7583791 S; Zona 20K; WGS-84)
Laboratorista: Israel Iñapla
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: S-5
Muestra: M-2
Material: Granular
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh	MUESTRA TOTAL SECA, Pst.
Suelo húmedo + cápsula, P1	Muestra total húmeda Pht. 7575 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	Ag. Grueso (Ret. Nº10)=AG 5698 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	Pasa Nº10 húmedo, Mh 1877 gr.
Peso de la cápsula, Pc	Pasa Nº10 seco
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	Ms= $\frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$ 1647 gr.
Porcentaje de humedad	Muestra total seca,
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$ 13,99 %	Pst= (AG + Ms)= 7345 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	0,0	0,0	0,00	63,50 mm	100,00	
2"	0,0	0,0	0,00	50,80 mm	100,00	
1 1/2"	1396,0	1396,0	19,01	38,10 mm	80,99	
1"	1109,0	2505,0	34,11	25,00 mm	65,89	
3/4"	694,0	3199,0	43,56	19,00 mm	56,44	
3/8"	1096,0	4295,0	58,48	9,50 mm	41,52	
Nº4	806,0	5101,0	69,45	4,80 mm	30,55	
Nº10	597,0	5698,0	77,58	2,00 mm	22,42	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa Nº 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa Nº10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 439 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
Nº40	74,3	74,3	16,94	83,06	0,42 mm	18,62	
Nº200	196,7	271,0	61,79	38,21	0,075 mm	8,57	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara Nº	124	16	4	121	Gravas 69,45%
Suelo Húmedo + Tara	25,74	25,69	21,10	21,89	Arenas: 21,98%
Suelo Seco + Tara	22,55	22,80	19,70	20,35	Finos: 8,57%
Peso del Agua	3,19	2,89	1,40	1,54	CLASIFICACION: S.U.C.S. GP-GM Grava mal graduada con limo y arena AASHTO A-2-5 Grava y arena, silíceas o limosas (Índice de Grupo (G))
Peso de la Tara	15,89	15,73	15,40	15,66	
Peso Suelo Seco	6,66	7,07	4,30	4,69	
% de Humedad, %h	47,90	40,88	32,56	32,84	
Número de Golpes	12	29	32,70		
LIMITE LIQUIDO = LL =					42,72
LIMITE PLASTICO = LP =					32,70
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =					10,02

OBSERVACIONES:

Wnatral= 13,99%
Profundidad= 2,0 m.
Cota= 3714,237 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

SIB INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Solar Yunchará
Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2ª Secc. Prov. Avilez, Tarija (282865 E; 7583791 S; Zona 20K; WGS-84)
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales S.L.

Sondeo: S-5
Muestra N°: M-2
Fecha: 15-feb-16

Datos Standardizados del Equipo		Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	50
Peso del Martillo	63,5 kg		
Altura de caída	76,2 cm		

Sondeo N° Muestra N°	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-5 M-2	2,00	50	3,94 Kg/cm2	54.178,50 KN/m3	GP-GM A-2-5

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 * N. de Golpes}{23 + 0,716 * N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 85,03$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 42,50$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 * \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 43,13$$

(Kulhawy and Chen 2007)

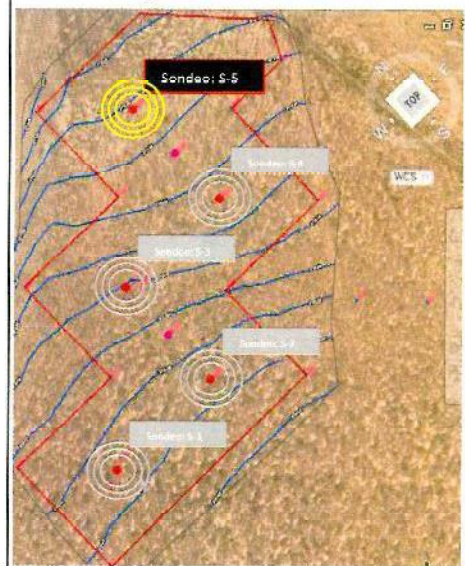
Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,92$$

$$\mu_c = 0,94$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Yunchará
Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2º Secc. Prov. Avilez, Tarija (282865 E; 7583791 S; Zona 20K; WGS-84)
Laboratorista: Icaral Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL.

Sondeo: S-5
Muestra: M-3
Material: Granular
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh	MUESTRA TOTAL SECA, Pst.
Suelo húmedo + cápsula, P1	115,10 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	105,50 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	9,60 gr.
Peso de la cápsula, Pc	28,70 gr.
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	76,80 gr.
Porcentaje de humedad	
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	12,50 %
	Muestra total húmeda Pht. 8714 gr.
	Ag. Grueso (Ret. Nº10)=AG 6599 gr.
	Pasa Nº10 húmedo, Mh 2115 gr.
	Pasa Nº10 seco
	$Ms = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$ 1880 gr.
	Muestra total seca,
	Pst= (AG + Ms)= 8479 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	0,0	0,0	0,00	63,50 mm	100,00	
2"	1073,0	1073,0	12,65	50,80 mm	87,35	
1 1/2"	476,0	1549,0	18,27	38,10 mm	81,73	
1"	813,0	2362,0	27,86	25,00 mm	72,14	
3/4"	574,0	2936,0	34,63	19,00 mm	65,37	
3/8"	1216,0	4152,0	48,97	9,50 mm	51,03	
Nº4	1163,0	5315,0	62,68	4,80 mm	37,32	
Nº10	1284,0	6599,0	77,83	2,00 mm	22,17	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa Nº 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa Nº10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 444 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
Nº40	158,2	158,2	35,60	64,41	0,42 mm	14,28	
Nº200	122,9	281,1	63,25	36,75	0,075 mm	8,15	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara Nº	6	19	10	21	
Suelo Húmedo + Tara	22,30	24,61	21,13	21,06	
Suelo Seco + Tara	20,00	21,77	19,73	19,60	
Peso del Agua	2,30	2,84	1,40	1,46	
Peso de la Tara	15,42	15,44	15,37	15,12	
Peso Suelo Seco	4,58	6,33	4,36	4,48	
% de Humedad, %h	50,22	44,87	32,11	32,59	
Número de Golpes	16	28	32,35		
LIMITE LIQUIDO = LL =				46,52	
LIMITE PLASTICO = LP =				32,35	
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =				14,17	

CLASIFICACION:

S.U.C.S.

GP-GM

Grava mal graduada con limo y arena

AASHTO

A-2-7

Grava y arena arcillosa limosa
Índice de Grupo (IG)

OBSERVACIONES:

Wnatral= 12,50%
 Profundidad= 3,0 m.
 Cota= 3713,237 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
 TARIJA - BOLIVIA

Nelson E. Prudencio Castellanos
 INGENIERO CIVIL
 R.N.I. 22.603
 SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Solar Yunchará
Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2ª Secc. Prov. Avilez, Tarija (282865 E; 7583791 S; Zona 20K; WGS-84)
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL.

Sondeo: S-5
Muestra N°: M-3
Fecha: 15-feb-16

Datos Standardizados del Equipo		Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	50
Peso del Martillo	63,5 kg		
Altura de caída	76,2 cm		

Sondeo N° Muestra N°	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-5 M-3	3,00	50	3,94 Kg/cm2	54.178,50 KN/m3	GP-GM A-2-7

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 * N. de Golpes}{23 + 0,716 * N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 85,03$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 42,50$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 * \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 43,13$$

(Kulhawy and Chen 2007)

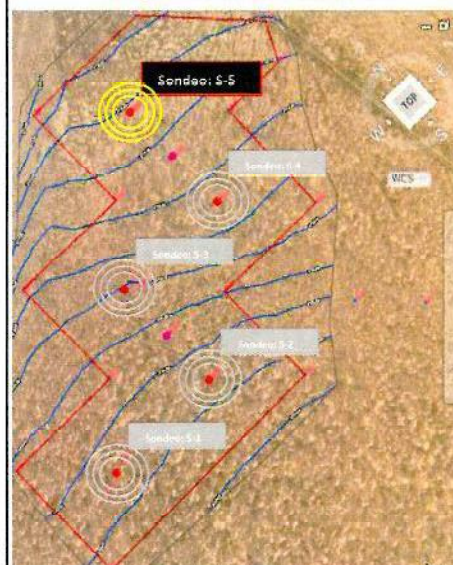
Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,92$$

$$\mu_c = 0,94$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Yunchará
Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2º Secc. Prov. Avilez, Tarija (282865 E; 7583791 S; Zona 20K; WGS-84)
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL.

Sondeo: S-5
Muestra: M-4
Material: Granular
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh	MUESTRA TOTAL SECA, Pst.
Suelo húmedo + cápsula, P1	Muestra total húmeda Pht. 8442 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	Ag. Grueso (Ret. Nº10)=AG 5714 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	Pasa Nº10 húmedo, Mh 2728 gr.
Peso de la cápsula, Pc	Pasa Nº10 seco
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	Ms= $\frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$ 2376 gr.
Porcentaje de humedad	Muestra total seca, Pst= (AG + Ms)= 8090 gr.
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	
	14,81 %

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	0,0	0,0	0,00	63,50 mm	100,00	
2"	0,0	0,0	0,00	50,80 mm	100,00	
1 1/2"	270,0	270,0	3,34	38,10 mm	96,66	
1"	859,0	1129,0	13,96	25,00 mm	86,04	
3/4"	607,0	1736,0	21,46	19,00 mm	78,54	
3/8"	1450,0	3186,0	39,38	9,50 mm	60,62	
Nº4	1190,0	4376,0	54,09	4,80 mm	45,91	
Nº10	1338,0	5714,0	70,63	2,00 mm	29,37	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa Nº 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa Nº10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 435 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
Nº40	66,0	66,0	15,16	84,84	0,42 mm	24,92	
Nº200	137,2	203,2	46,66	53,34	0,075 mm	15,67	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara Nº	11	210	212	208	Gravas 54,09%
Suelo Húmedo + Tara	23,75	24,94	22,55	22,19	Arenas: 30,24%
Suelo Seco + Tara	21,17	22,07	20,67	20,44	Finos: 15,67%
Peso del Agua	2,58	2,87	1,88	1,75	
Peso de la Tara	15,38	15,15	15,09	15,30	
Peso Suelo Seco	5,79	6,92	5,58	5,14	
% de Humedad, %h	44,56	41,47	33,69	34,05	
Número de Golpes	10	25	33,87		
LIMITE LIQUIDO = LL =			40,66		
LIMITE PLASTICO = LP =			33,87		
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =			6,79		

CLASIFICACION:

S.U.C.S.

GM

Grava limosa con arena

AASHTO

A-2-5

Grava y arena granulítica limosa
Índice de Grupo (0)

OBSERVACIONES:

Wnatral= 14,81%
Profundidad= 4,0 m.
Cota= 9712,237 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Solar Yunchará
Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2ª Secc. Prov. Avilez, Tarija(282865 E; 7583791 S; Zona 20K; WGS-84)
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL.

Sondeo: S-5
Muestra N°: M-4
Fecha: 15-feb-16

Datos Standardizados del Equipo		Datos de Campo	
Altura de penetracion	30 cm	Nº Golpes Corregido:	Rechazo (> 50 golpes)
Peso del Martillo	63,5 kg		
Altura de caída	76,2 cm		

Sondeo N° Muestra N°	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-5 M-4	4,00	Rechazo (> 50 golpes)	4,13 Kg/cm2	56.758,43 KN/m3	GM A-2-5

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 * N. de Golpes}{23 + 0,716 * N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 85,03$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 42,50$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 * \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 43,13$$

(Kulhawy and Chen 2007)

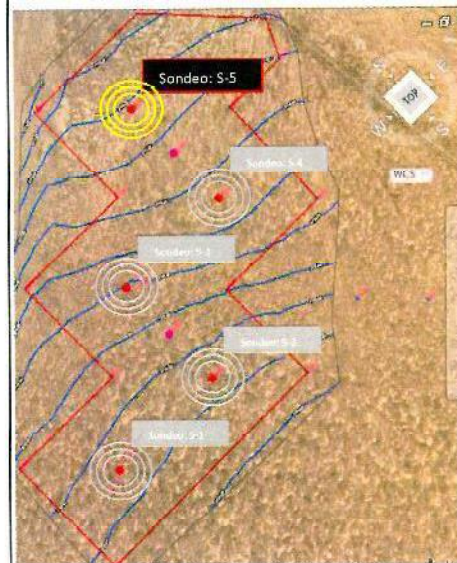
Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,92$$

$$\mu_c = 0,94$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
 Jefe de Laboratorio

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
 INGENIERO CIVIL
 R.N.I. 22.603
 SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
 TARIJA - BOLIVIA

APIQUE 1



RESUMEN SONDEOS GEOTÉCNICOS

Proyecto: Planta Solar Yunchará

Ubicación: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2ª Sec. Prov. Avilez, Tarija

Jefe de Lab.: Ing. Nelson Eduardo Prudencio Castellanos

Técnico de Lab.: Tec. Israel Tapia Álvares

Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: APQ-1 **Fecha:** 15-feb-16

Coords: 282703 E; 7583559 S; Zona 20K; WGS-84

Cota Inicio: 3721,185 m.s.n.m.

Prof. (m)	Perfil del Suelo	W _{natural} (%)	Granulometría			Límites de Atterberg			Clasificación Unificada		Prof. (m)	PROCTOR T-180		C.B.R.	
			Gravas	Arenas	Finos	L.L.	L.P.	I.P.	Sigla	Descripción		Densidad Máxima	Humedad Óptima	% C.B.R. al 100% Dmax	% C.B.R. al 95% Dmax
0,0	Muestreo (APQ1 - M0)	4,57	46,76	26,61	26,63	19,26	16,44	2,82	GM	Grava limosa con arena	0,1	-	-	-	-
0,1											0,2				
0,2											0,3				
0,3	C.B.R. (APQ1 - M1)	11,67	54,24	19,48	26,29	25,61	17,58	8,03	GC	Grava arcillosa con arena y bloques	0,4	1,89	12,61	62,47	42,78
0,4											0,5				
0,5											0,6				



Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Proyecto Planta Solar Yunchará
Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2ª Secc. Prov. Avilez, Tarija (282/03 E; 7583559 S; Zona 20K; WGS-84)
Laboraturlista: Israel Tuplu
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: APQ -1
Muestra: M-0
Material: Granular
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh		MUESTRA TOTAL SECA, Pst.	
Suelo húmedo + cápsula, P1	130,00 gr.	Muestra total húmeda Pht.	7964 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	127,50 gr.	Ag. Grueso (Ret. N°10)=AG	3780 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	2,50 gr.	Pasa N°10 húmedo, Mh	4184,00 gr.
Peso de la cápsula, Pc	33,80 gr.	Pasa N°10 seco	
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	93,70 gr.	$Ms = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$	4075 gr.
Porcentaje de humedad	$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	Muestra total seca, Pst= (AG + Ms)=	7855 gr.
	2,67 %		

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	410,0	410,0	5,22	63,50 mm	94,78	
2"	405,0	815,0	10,38	50,80 mm	89,62	
1 1/2"	794,0	1609,0	20,48	38,10 mm	79,52	
1"	996,0	2605,0	33,16	25,00 mm	66,84	
3/4"	518,0	3123,0	39,76	19,00 mm	60,24	
3/8"	430,0	3553,0	45,23	9,50 mm	54,77	
N°4	120,0	3673,0	46,76	4,80 mm	53,24	
N°10	107,0	3780,0	48,12	2,00 mm	51,88	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa N° 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa N°10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 487 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
N°40	45,0	45,0	9,24	90,76	0,42 mm	47,09	
N°200	192,0	237,0	48,66	51,34	0,075 mm	26,63	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara N°	106	130	147	141	Gravas 46,76%		
Suelo Húmedo + Tara	36,20	35,20	40,50	41,30	Arenas: 26,61%		
Suelo Seco + Tara	34,80	33,90	39,90	40,60	Finos: 26,63%		
Peso del Agua	1,40	1,30	0,60	0,70	CLASIFICACION:		
Peso de la Tara	26,70	27,90	36,20	36,40			
Peso Suelo Seco	8,10	6,00	3,70	4,20	S.U.C.S.		
% de Humedad, %h	17,28	21,67	16,22	16,67			
Número de Golpes	15	31	16,44		GM		
LIMITE LIQUIDO = LL =					Grava limosa con arena		
LIMITE PLASTICO = LP =					AASHTO		
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =					A-2-4		
					Grava y arena arcillosa-limosa		
					Indice de Grupo (IG)		

OBSERVACIONES:

Wnatral= 4,57%
 Profundidad= 0,2 m.
 Cota= 3721,185 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
 TARIJA - BOLIVIA

S.I.B. INGENIERO CIVIL
 R.N.I. 22.603
 SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Yunchará
Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2ª Secc. Prov. Avilez, Tarija (282703 E; 7583559 S; Zona 20K; WGS-84)
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: APQ-1
Muestra: M-1
Material: Grunulur
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh		MUESTRA TOTAL SECA, Pst.	
Suelo húmedo + cápsula, P1	121,70 gr.	Muestra total húmeda Pht.	19529 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	111,80 gr.	Ag. Grueso (Ret. N°10)=AG	11364 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	9,90 gr.	Pasa N°10 húmedo, Mh	8165 gr.
Peso de la cápsula, Pc	27,00 gr.	Pasa N°10 seco	
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	84,80 gr.		
Porcentaje de humedad			
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$		$Ms = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$	11,67 %
		Muestra total seca,	
		Pst= (AG + Ms)=	18675 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO						
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		Tamaño	% que pasa del	Especificaciones
		(gr)	(%)	(mm)	Total	
3"	1.202,0	1202,0	6,44	76,20 mm	93,56	
2 1/2"	1.312,0	2514,0	13,46	63,50 mm	86,54	
2"	1.077,0	3591,0	19,23	50,80 mm	80,77	
1 1/2"	770,0	4361,0	23,35	38,10 mm	76,65	
1"	2.008,0	6369,0	34,10	25,00 mm	65,90	
3/4"	815,0	7184,0	38,47	19,00 mm	61,53	
3/8"	1.758,0	8942,0	47,88	9,50 mm	52,12	
Nº4	1.187,0	10129,0	54,24	4,80 mm	45,76	
Nº10	1.235,0	11364,0	60,85	2,00 mm	39,15	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO			
Pasa N° 10 húmedo, Sh.	500 gr.	Pasa N°10 seco Ss.	$\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh} = 448 \text{ gr.}$

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO							
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
		(gr)	(%)				
Nº40	56,8	56,8	12,69	87,31	0,42 mm	34,18	
Nº200	90,3	147,1	32,85	67,15	0,075 mm	26,29	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO					
Cápsula o Tara N°	206	202	113	123	
Suelo Húmedo + Tara	33,59	32,81	19,48	19,30	Gravas 54,24%
Suelo Seco + Tara	29,60	29,29	18,83	18,65	Arenas: 19,48%
Peso del Agua	3,99	3,52	0,65	0,57	Finos: 26,29%
Peso de la Tara	15,31	15,35	15,35	15,19	
Peso Suelo Seco	14,29	13,94	3,48	3,46	
% de Humedad, %h	27,92	25,25	18,68	16,47	
Número de Golpes	11	31		17,58	
LIMITE LIQUIDO = LL =				25,61	
LIMITE PLASTICO = LP =				17,58	
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =				8,03	

OBSERVACIONES:

Wnatral= 11,67%
 Profundidad= 0,5 m.
 Cota= 3720,880 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
 TARIJA - BOLIVIA

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
 INGENIERO CIVIL
 R.N.I. 22.603
 SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



CURVA GRANULOMÉTRICA

Proyecto: Planta Solar Yunchará

Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2ª Secc. Prov Avilez, Tarija
(282703 E; 7583559 S; Zona 20K; WGS-84)

Laboratorista: Israel Tapia

Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencia Castellanos

Sondeo: APQ-1

Muestra Nº: M-1

Material: Granular

Fecha : 15-feb-16



[Signature]

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUMION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

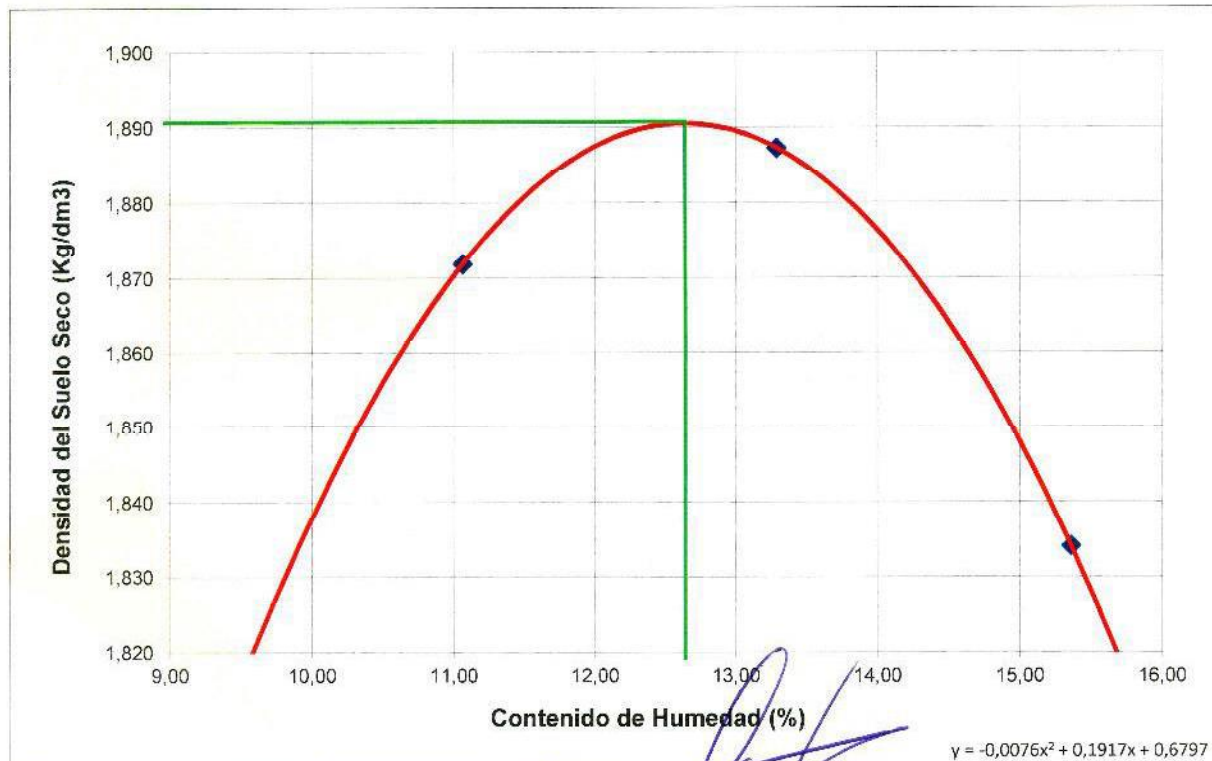
INGENIERO CIVIL
F.N.I. 22.803
TARIJA - BOLIVIA



ENSAYO DE COMPACTACION: AASHTO T-180 (MODIFICADO)

Proyecto: Planta Solar Yunchará		Sondeo: APQ-1	
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL		Muestra N°: M-1	
Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2º Secc. Prov. Avilez, Tarija (282703 E; 7583559 S; Zona 20K; WGS-84)		Material: GC A-2-4	
Laboratorista: Israel Tapia		Fecha: 15-feb-16	
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos			

	Volumen:	2075	cm3	Peso:	2592	grs.
Nº de Capas	5	5	5			
Nº de Golpes por capa	56	56	56			
Peso suelo húmedo + molde	7130	7255	7208			
Peso del molde	2735	2735	2735			
Peso suelo húmedo	4395	4520	4473			
Volumen de la muestra	2114	2114	2114			
Densidad suelo húmedo (Kg/dm3)	2,079	2,138	2,116			
Cápsula N°	1	2	3			
Peso suelo húmedo + cápsula	298,1	278,9	293,6			
Peso suelo seco + cápsula	280,1	258,9	270,3			
Peso del agua	18,0	20,0	23,3			
Peso de la cápsula	117,40	108,40	118,60			
Peso suelo seco	162,70	150,50	151,70			
Contenido de humedad (%h)	11,06	13,29	15,36			
Densidad suelo seco (Kg/dm3)	1,872	1,887	1,834			



Densidad Máxima **1,889** Kg/dm3
 Humedad Optima **12,61** %

Observaciones:

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
 INGENIERO CIVIL
 R.N.I. 22.603
 SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
 TARIJA - BOLIVIA

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Proyecto: Planta Solar Yunchará	Sondeo: APQ-1
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL	Muestra N°: M-1
Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2º Secc. Prov. Avilez, Tarija (282703 E; 7583559 S; Zona 20K; WGS-84)	Material: GC A-2-4
Procedencia: Zona 20K; WGS-84	
Laboratorista: Israel Tapia	Fecha: 15-feb-16
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos	

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Muestra N°	L.L.	I.P.	Clasificación	Hum. Óptima	D. Máxima
#(REF)	25,61	8,03	GC A-2-4	12,61	1,889

CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

Molde N°	10			11			12		
Nº de Capas	5			5			5		
Nº de Golpes por Capa	56			25			12		
Condición de la Muestra	Antes de Mojarse		Después de Mojarse	Antes de Mojarse		Después de Mojarse	Antes de Mojarse		Después de Mojarse
Peso Muestra Hum + Molde	10822		10989	10797		11027	10455		10729
Peso del Molde	6640		6640	6700		6700	6590		6590
Peso Muestra Húmeda	4182		4349	4097		4327	3905		4179
Volumen de la Muestra	2015		2015	2047		2047	2069		2069
Peso Unit. De la Muestra Húmeda	2,075		2,158	2,001		2,114	1,887		2,020
Muestra de Humedad del	Fondo	Superf.	2º Sup.	Fondo	Superf.	2º Sup.	Fondo	Superf.	2º Sup.
Lata N°	130	137	10	108	133	11	138	107	12
Peso Muestra Húm. + Lata	103,5	101,4	265,7	98,0	86,1	270,1	99,8	98,7	302,4
Peso Muestra Seca + Lata	95,4	92,5	243,1	89,6	79,8	242,4	91,3	90,8	272,6
Peso del Agua	8,1	8,9	22,6	8,4	6,3	27,7	8,5	7,9	5,0
Peso de la Lata	27,90	27,70	117,40	34,80	27,70	108,40	29,20	29,50	118,60
Peso de la Muestra Seca	67,50	64,80	125,70	54,80	52,10	134,00	62,10	61,30	154,00
Contenido de Humedad %	12,00	13,73	17,98	15,33	12,09	20,67	14,69	12,89	3,25
Promedio de Cont. de Humedad	12,87			13,71			13,29		
Peso Unit. de la Muestra Seca	1,839			1,760			1,666		

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DÍAS	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
			LECTURA EXTENS.	cm.	%	LECTURA EXTENS.	cm.	%	LECTURA EXTENS.	cm.	%
08-feb	10:00	0	0			0			0		
09-feb		1	65			90			105		
10-feb		2	65			90			105		
11-feb		3	65			90			105		
12-feb		4	65		0,560	90		0,776	105		0,905

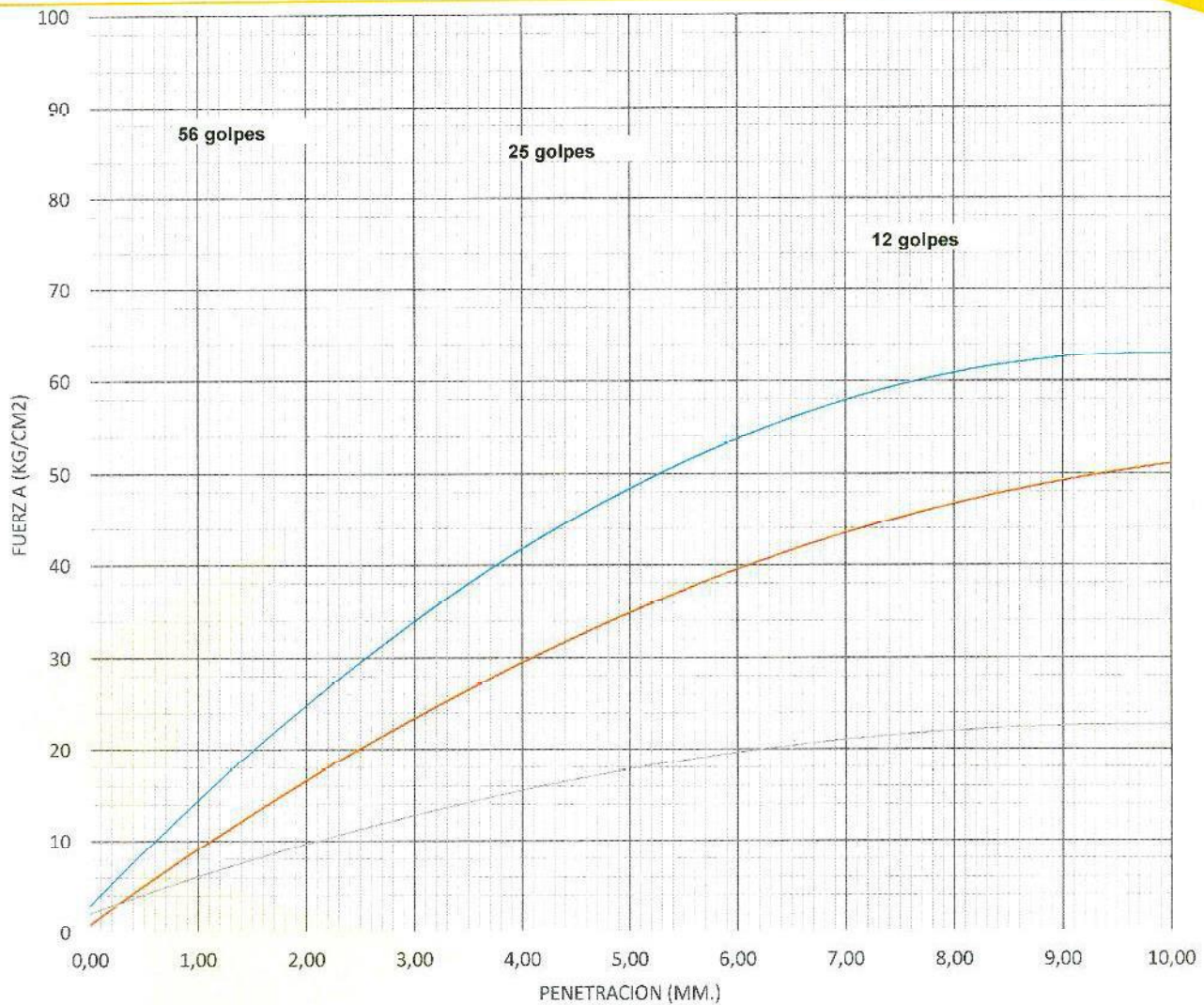
C.B.R.

PENETRACION		Carga Normal Kg/cm2	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
Pulg.	mm.		Carga Ensayo			C.B.R. %	Carga Ensayo			C.B.R. %	Carga Ensayo			C.B.R. %
			Lectura	Kg	Kg/cm2		Lectura	Kg	Kg/cm2		Lectura	Kg	Kg/cm2	
0,025	0,64		35	120,3	6,22		25	98,9	5,11		25	98,9	5,11	
0,050	1,27		130	324,3	16,76		75	206,2	10,66		51	154,7	7,99	
0,075	1,91		250	582,0	30,08		145	356,5	18,43		75	206,2	10,66	
0,1	2,54		320	732,3	37,05	53,8	185	442,4	22,86	32,5	90	238,1	12,32	17,5
0,2	5,08		385	871,9	45,06	42,7	280	646,4	33,41	31,7	130	324,3	16,76	15,9
0,3	7,62		465	1043,7	53,94		380	861,1	44,50		165	399,5	20,64	
0,4	10,16		580	1290,6	66,70		450	1011,5	52,27		190	453,2	23,42	
0,5	12,70			45,2	2,33			45,2	2,33			45,2	2,33	

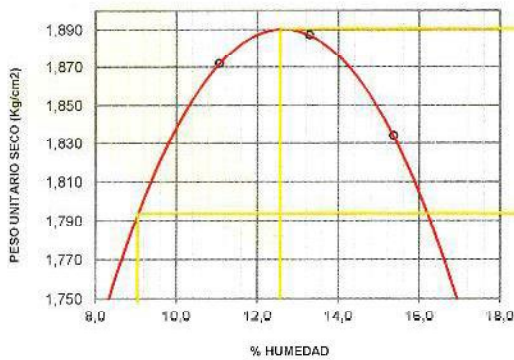
CONSULTORA UNION S.R.L.

CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

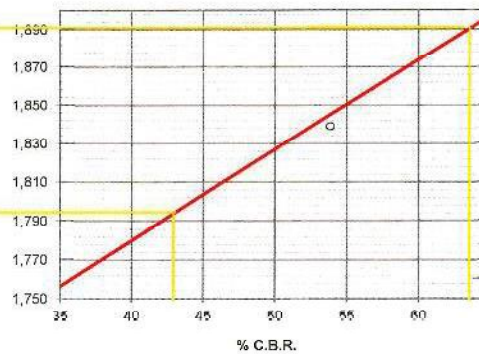
Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD



CURVA
% C.B.R. - PESO UNITARIO



Al 100% Dmax
62,47
Al 95% Dmax
42,78

Nelson Eduardo Prudencio Castellano
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

APIQUE 2



RESUMEN SONDEOS GEOTÉCNICOS

Proyecto: Planta Solar Yunchará

Ubicación: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2ª Secc. Prov. Avilez, Tarija

Jefe de Lab.: Ing. Nelson Eduardo Prudencio Castellanos

Técnico de Lab.: Tec. Israel Tapia Álvares

Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: APQ-2 **Fecha:** 15-feb-16

Coords: 282865 E; 7583715 S; Zona 20K; WGS-84

Cota Inicio: 3717,067 m.s.n.m.

Prof. (m)	Perfil del Suelo	W _{natural} (%)	Granulometría			Límites de Atterberg			Clasificación Unificada		Prof. (m)	PROCTOR T-180		C.B.R.	
			Gravas	Arenas	Finos	L.L.	L.P.	I.P.	Sigla	Descripción		Densidad Máxima	Humedad Óptima	% C.B.R. al 100% Dmax	% C.B.R. al 95% Dmax
0.0	Muestreo (APQ2-M0)	4,57	59,54	28,53	11,92	24,91	19,84	5,07	GP-GC	Grava mal graduada con limo arcilla y arena	0.0	-	-	-	-
0.1											0.1				
0.2											0.2				
0.3	C.B.R. (APQ 2-M1)	8,98	49,76	23,65	26,59	29,85	21,41	8,44	GC	Grava arcillosa con arena y bloques	0.3	1,88	13,24	97,46	71,10
0.4											0.4				
0.5											0.5				


Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
S.I.B. INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Proyecto Planta Solar Yunchará
Procedencia: Comunidad Copacobana, Municipio Yunchará, 2º Secc. Prov. Avilez, Tarija (282865 E; 7583715 S; Zona 20K; WGS-84)
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: APQ-2
Muestra: M-0
Material: Grunulul
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh	MUESTRA TOTAL SECA, Pst.
Suelo húmedo + cápsula, P1	Muestra total húmeda Pht.
Suelo seco + cápsula, P2	Ag. Grueso (Ret. Nº10)=AG
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	Pasa Nº10 húmedo, Mh
Peso de la cápsula, Pc	Pasa Nº10 seco
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	Ms= $\frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$
Porcentaje de humedad	Muestra total seca, Pst= (AG + Ms)=
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	0,0	0,0	63,50 mm	100,00	
2"	235,0	235,0	50,80 mm	98,04	
1 1/2"	791,0	1026,0	38,10 mm	91,43	
1"	2097,0	3123,0	25,00 mm	73,91	
3/4"	930,0	4053,0	19,00 mm	66,13	
3/8"	1754,0	5807,0	9,50 mm	51,48	
Nº4	1319,0	7126,0	4,80 mm	40,46	
Nº10	1130,0	8256,0	2,00 mm	31,02	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa Nº 10 húmedo, Sh. **500,0** gr. Pasa Nº10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 475 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
Nº40	165,6	165,6	65,10	0,42 mm	20,19	
Nº200	126,5	292,1	38,45	0,075 mm	11,92	
Base						

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara Nº	211	208	15	16	Gravas 59,54%
Suelo Húmedo + Tara	26,46	25,10	20,27	20,73	Arenas: 28,53%
Suelo Seco + Tara	24,05	23,20	19,45	19,87	Finos: 11,92%
Peso del Agua	2,41	1,90	0,82	0,86	CLASIFICACION:
Peso de la Tara	15,35	15,30	15,21	15,64	S.U.C.S.
Peso Suelo Seco	8,70	7,90	4,24	4,23	GP-GC
% de Humedad, %h	27,70	24,05	19,34	20,33	Grava: mal graduada con limo arcilla y arena
Número de Golpes	12	29	19,84		AASHTO
LIMITE LIQUIDO = LL =			24,91		A-1-a
LIMITE PLASTICO = LP =			19,84		Fragmentos de roca, grava y arena
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =			5,08		Indice de Grupo (G)

OBSERVACIONES:

Wnatral= **8,57%**
Profundidad= **0,2 m.**
Cota= **3717,067 msnm.**

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Yunchará
Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2º Secc. Prov. Avilés, Tarija (282865 E; 7583715 S; Zona 20K; WGS-84)
Laboratorista: Israel Tupiú
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: APQ-2
Muestra: M-1
Material: Granular
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh		MUESTRA TOTAL SECA, Pst.	
Suelo húmedo + cápsula, P1	167,30 gr.	Muestra total húmeda Pht.	12564 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	155,80 gr.	Ag. Grueso (Ret. N°10)=AG	6399 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	11,50 gr.	Pasa N°10 húmedo, Mh	6165 gr.
Peso de la cápsula, Pc	27,20 gr.	Pasa N°10 seco	
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	128,10 gr.	$M_s = \frac{M_h \times 100}{100 + \%Hh}$	5657 gr.
Porcentaje de humedad		Muestra total seca,	
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	8,98 %	Pst= (AG + Ms)=	12056 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO						
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	970,0	970,0	8,05	76,20 mm	91,95	
2 1/2"	713,0	1683,0	13,96	63,50 mm	86,04	
2"	473,0	2156,0	17,88	50,80 mm	82,12	
1 1/2"	694,0	2850,0	23,64	38,10 mm	76,36	
1"	970,0	3820,0	31,69	25,00 mm	68,31	
3/4"	491,0	4311,0	35,76	19,00 mm	64,24	
3/8"	1.110,0	5421,0	44,96	9,50 mm	55,04	
N°4	578,0	5999,0	49,76	4,80 mm	50,24	
N°10	400,0	6399,0	53,08	2,00 mm	46,92	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO			
Pasa N° 10 húmedo, Sh.	500 gr.	Pasa N°10 seco Ss.	$\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh} = 459 \text{ gr.}$

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO						
Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total
N°40	58,1	58,1	12,66	87,34	0,42 mm	40,98
N°200	140,7	198,8	43,33	56,67	0,075 mm	26,59
Base						

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO						
Cápsula o Tara N°	200	201	202	204	Gravas 49,76%	
Suelo Húmedo + Tara	33,95	35,22	20,66	21,33	Arenas: 23,65%	
Suelo Seco + Tara	29,48	31,11	19,73	20,41	Finos: 26,59%	
Peso del Agua	4,47	4,11	0,93	0,92	CLASIFICACION: S.U.S.C GC Grava arcillosa con arena y bloques AASHTO A-2-4 Grava y arena arcillosa limosa Índice de Grupo (0)	
Peso de la Tara	16,05	16,13	15,35	16,15		
Peso Suelo Seco	13,43	14,98	4,38	4,26		
% de Humedad, %h	33,28	27,44	21,23	21,60		
Número de Golpes	17	29	21,41		 INGENIERO CIVIL R.N.I. 22.603 SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA	
LIMITE LIQUIDO = LL =				29,85		
LIMITE PLASTICO = LP =				21,41		
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =				8,43		

OBSERVACIONES:

Watral= 8,98%
Profundidad= 0,5 m.
Cota= 3716,970 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

CURVA GRANULOMÉTRICA

Proyecto: Planta Solar Yunchará

Solicitante: Barlovento Recursos Naturales S.L.

Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2ª Secc. Prov. Avilez, Tarija
(282865 E; 7583715 S; Zona 20K; WGS-84)

Laboratorista: Israel Tapia

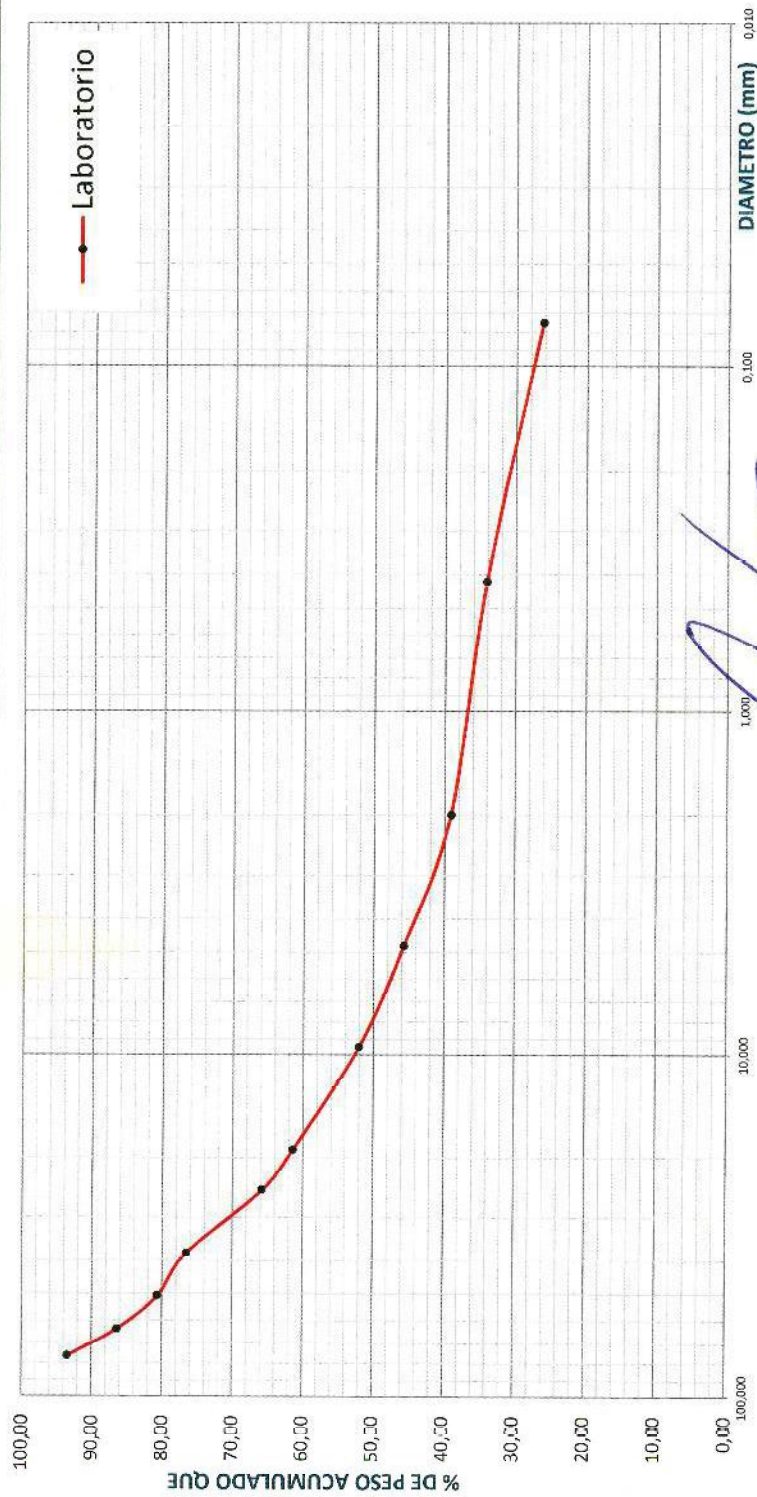
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos

Sondeo: APQ-2

Muestra N°: M-1

Material: Granular

Fecha : 15-feb-16

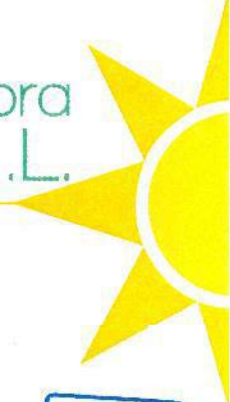


[Signature]

SIB
Nelson E. Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
TARIJA - SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUMION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

Consultora
Union S.R.L.

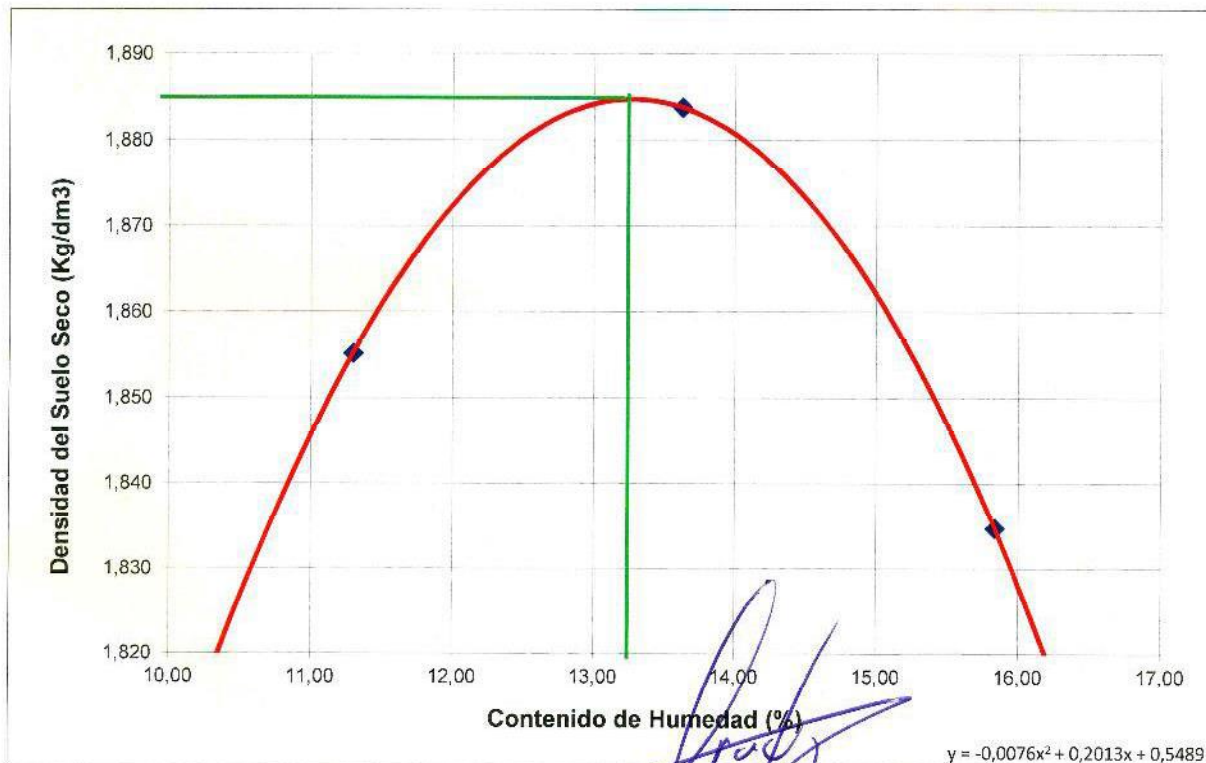




ENSAYO DE COMPACTACION: AASHTO T-180 (MODIFICADO)

Proyecto: Planta Solar Yunchará
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL.
 Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2ª Sccc. Prov. Avilcz, Tarija
Procedencia: (282865 E; 7583715 S; Zona 20K; WGS-84)
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Sondeo: APQ-2
Muestra N°: M-1
Fecha: 15-feb-16
Material: GC A-2-4

	Volumen:	2075	cm3	Peso:	2592	grs.
Nº de Capas	5	5	5			
Nº de Golpes por capa	56	56	56			
Peso suelo húmedo + molde	7100	7260	7228			
Peso del molde	2735	2735	2735			
Peso suelo húmedo	4365	4525	4493			
Volumen de la muestra	2114	2114	2114			
Densidad suelo húmedo (Kg/dm3)	2,065	2,140	2,125			
Cápsula N°	4	5	6			
Peso suelo húmedo + cápsula	288,9	268,1	276,6			
Peso suelo seco + cápsula	270,6	250,1	255,0			
Peso del agua	18,3	18,0	21,6			
Peso de la cápsula	108,60	118,00	118,60			
Peso suelo seco	162,00	132,10	136,40			
Contenido de humedad (%h)	11,30	13,63	15,84			
Densidad suelo seco (Kg/dm3)	1,855	1,884	1,835			



Densidad Máxima: **1,882** Kg/dm3
 Humedad Optima: **13,24** %

Observaciones:

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
 SIB INGENIERO CIVIL
 TARIJA R.N.T. 22.603
 SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
 CONSUNION S.R.L.
 TARIJA - BOLIVIA

ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Proyecto: Planta Solar Yunchoró	
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL.	
Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchoró, 2ª Secc. Prov. Aviler, Tarija (282865 E; 7583715 S; Zona 20K WGS-84)	
Laboratorista: Israel Tapia	Fecha: 15-feb-16
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos	3er. Lev. AFQ-2 Muestra N°: M-1 Material: GC A-2-4

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Muestra N°	L.L.	I.P.	Clasificación	Hum. Óptima	D. Máxima
APQ-2 M-1	29,85	8,43	GC A-2-4	13,24	1,882

CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO

Molde N°	13			14			15		
N° de Capas	5			5			5		
N° de Golpes por Capa	56			25			12		
Condición de la Muestra	Antes de Mojarse		Después de Mojarse	Antes de Mojarse		Después de Mojarse	Antes de Mojarse		Después de Mojarse
Peso Muestra Hum + Molde	10647		10887	10349		10658	10356		10704
Peso del Molde	6565		6565	6460		6460	6550		6550
Peso Muestra Húmeda	4082		4322	3889		4198	3806		4154
Volumen de la Muestra	2080		2080	2080		2080	2078		2078
Peso Unit. De la Muestra Húmeda	0,005		2,078	1,870		2,018	1,842		1,999
Muestra de Humedad del	Fondo	Superf.	2" Sup.	Fondo	Superf.	2" Sup.	Fondo	Superf.	2" Sup.
Lata N°	131	105	13	115	106	14	118	134	15
Peso Muestra Húm. + Lata	79,5	80,2	248,8	103,7	91,2	244,6	91,2	99,6	256,6
Peso Muestra Seca + Lata	72,7	74,6	223,1	94,9	83,0	218,0	83,0	90,9	224,6
Peso del Agua	6,8	5,6	25,7	8,8	8,2	26,6	8,2	8,7	5,0
Peso de la Lata	27,00	28,30	102,80	28,80	26,70	100,80	27,50	27,80	89,50
Peso de la Muestra Seca	45,70	46,30	120,30	66,10	56,30	117,20	55,50	63,10	135,10
Contenido de Humedad %	14,88	12,10	21,36	13,31	14,56	22,70	14,77	15,79	5,70
Promedio de Cont. de Humedad	13,49			13,94			14,28		
Peso Unit. de la Muestra Seca	1,729			1,641			1,603		

EXPANSIÓN

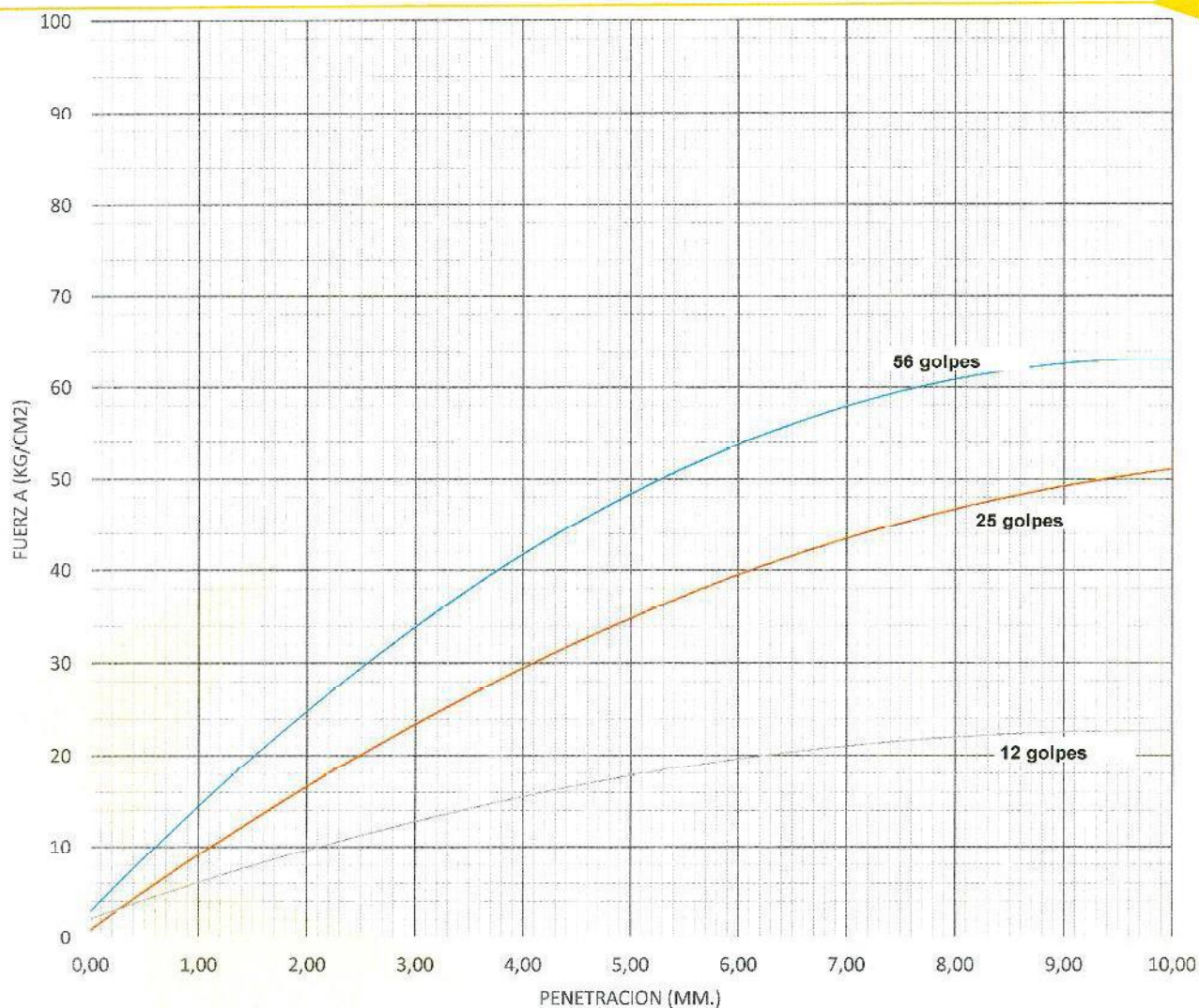
FECHA	HORA	TIEMPO TRANSCURRIDO DÍAS	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
			LECTURA EXTENS.	EXPANSIÓN		LECTURA EXTENS.	EXPANSIÓN		LECTURA EXTENS.	EXPANSIÓN	
				cm.	%		cm.	%		cm.	%
08-feb	10:00	0	0			0			0		
09-feb		1	90			90			65		
10-feb		2	90			80			65		
11-feb		3	90			80			65		
12-feb		4	90		0,776	80		0,690	65		0,560

C.B.R.

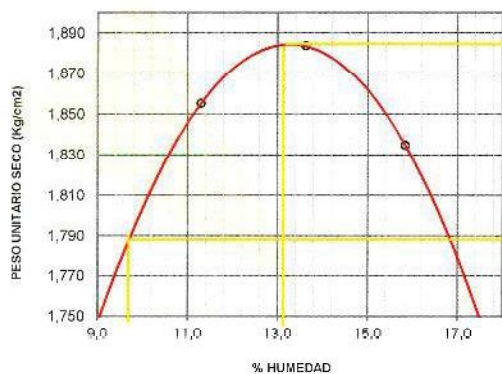
PENETRACION		Carga Normal Kg/cm2	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
Pulg.	mm.		Carga Ensayo			C.B.R.	Carga Ensayo			C.B.R.	Carga Ensayo			C.B.R.
			Lectura	Kg	Kg/cm2		%	Lectura	Kg		Kg/cm2	%	Lectura	
0,025	0,64		30	109,6	5,66		20	88,1	4,55		20	88,1	4,55	
0,050	1,27		100	259,9	13,43		55	163,3	8,44		40	131,1	6,77	
0,075	1,91		165	399,5	20,64		90	238,4	12,32		60	174,0	8,99	
0,1	2,54		225	528,3	27,30	38,8	115	292,1	15,10	21,5	75	206,7	10,66	15,2
0,2	5,08		340	775,3	40,06	38,0	170	410,2	21,20	20,1	105	270,6	13,99	13,3
0,3	7,62		415	936,3	48,39		220	517,6	26,75		135	335,1	17,32	
0,4	10,16		485	1086,6	56,16		260	603,5	31,19		160	388,7	20,09	
0,5	12,70			45,2	2,33			45,2	2,33			45,2	2,33	

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.

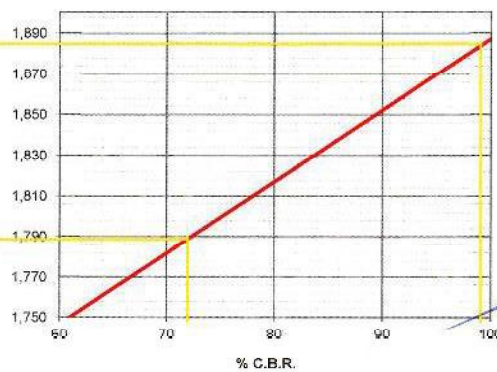
Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



DETERMINACION DEL CONTENIDO OPTIMO DE HUMEDAD



CURVA
% C.B.R. - PESO UNITARIO



Al 100% Dmax
97,46
Al 95% Dmax
71,10

Nelson Eduardo Prudencio Castellano
S.I.B. INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

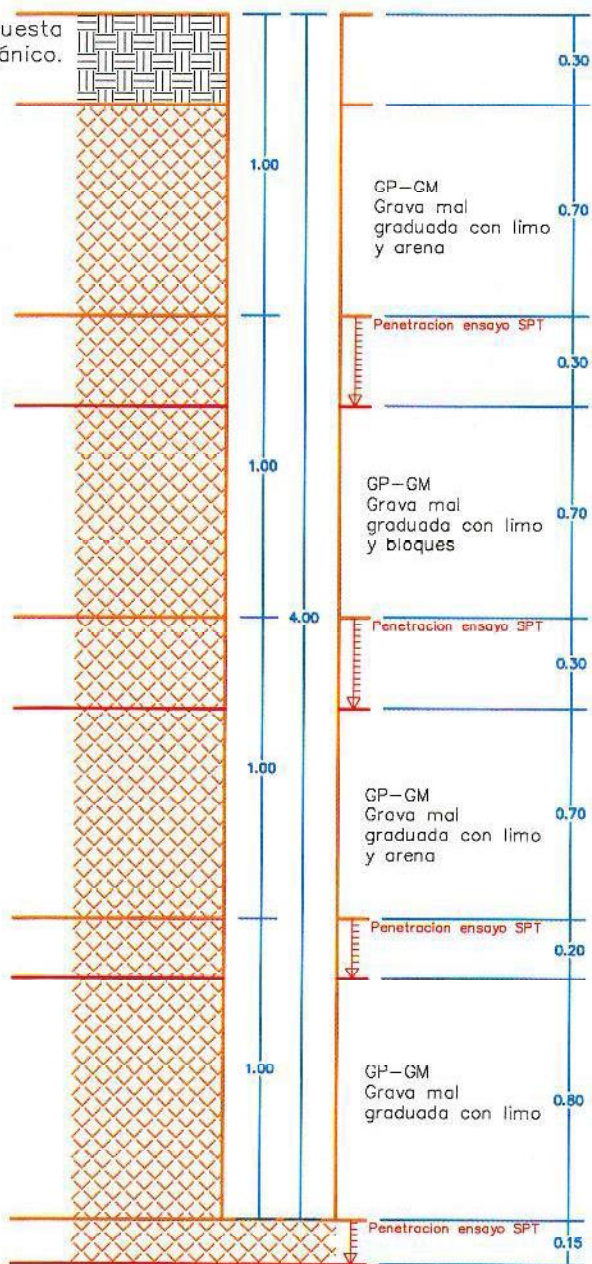
CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

ESQUEMAS



PERFIL GEOTÉCNICO SONDEO N°01

Capa de cubierta vegetal, compuesta principalmente por material orgánico.



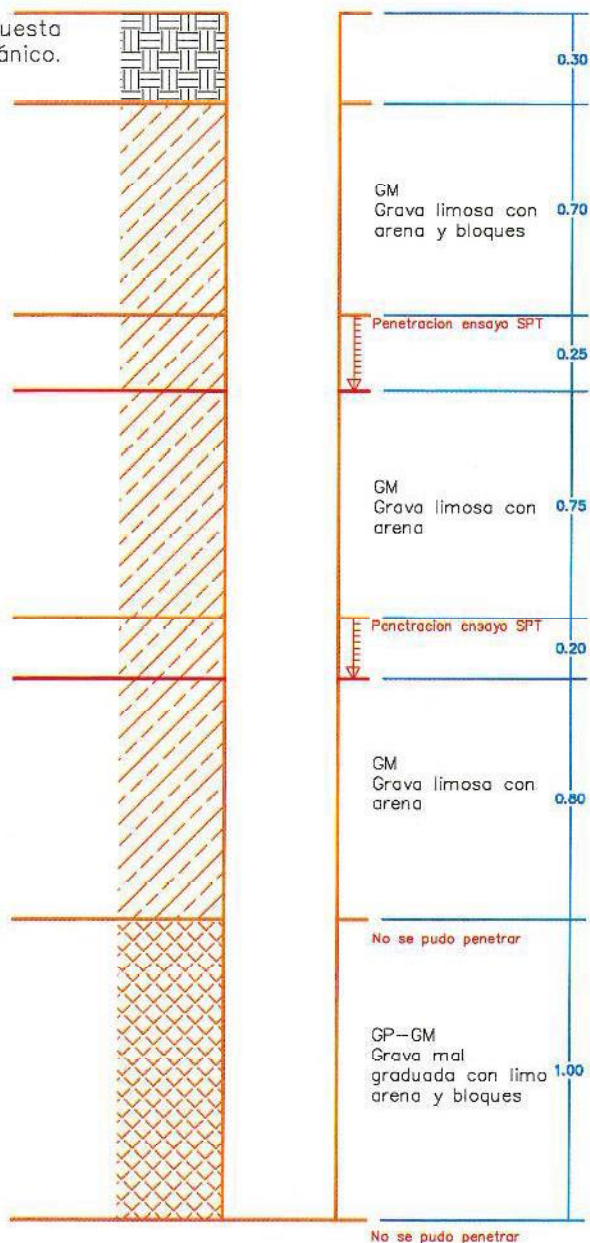
Nelson Eduardo Pinedo Castellano
S.I.B. INGENIERO CIVIL
 R.N.I. 22.603
 TARIJA SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUMION S.R.L.
 TARIJA - BOLIVIA



PERFIL GEOTÉCNICO SONDEO N°02

Capa de cubierta vegetal, compuesta principalmente por material orgánico.



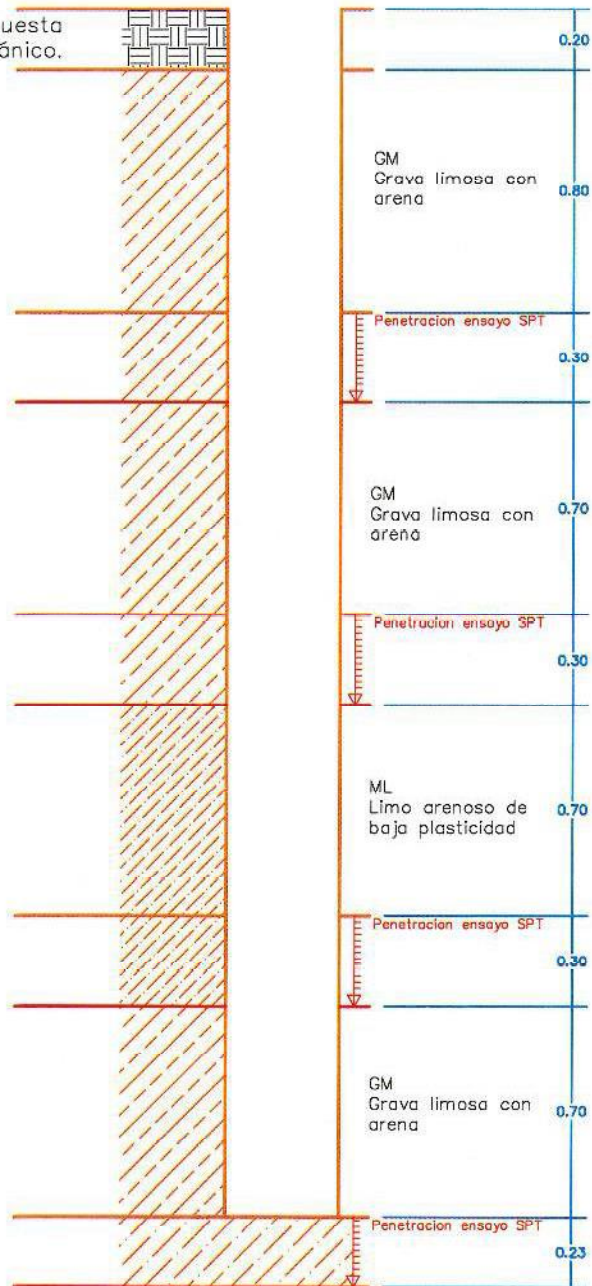
Nelson Eduardo Prudencio Castellano
S.T.B. INGENIERO CIVIL
R.N.T. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA



PERFIL GEOTÉCNICO SONDEO N°03

Capa de cubierta vegetal, compuesta principalmente por material orgánico.



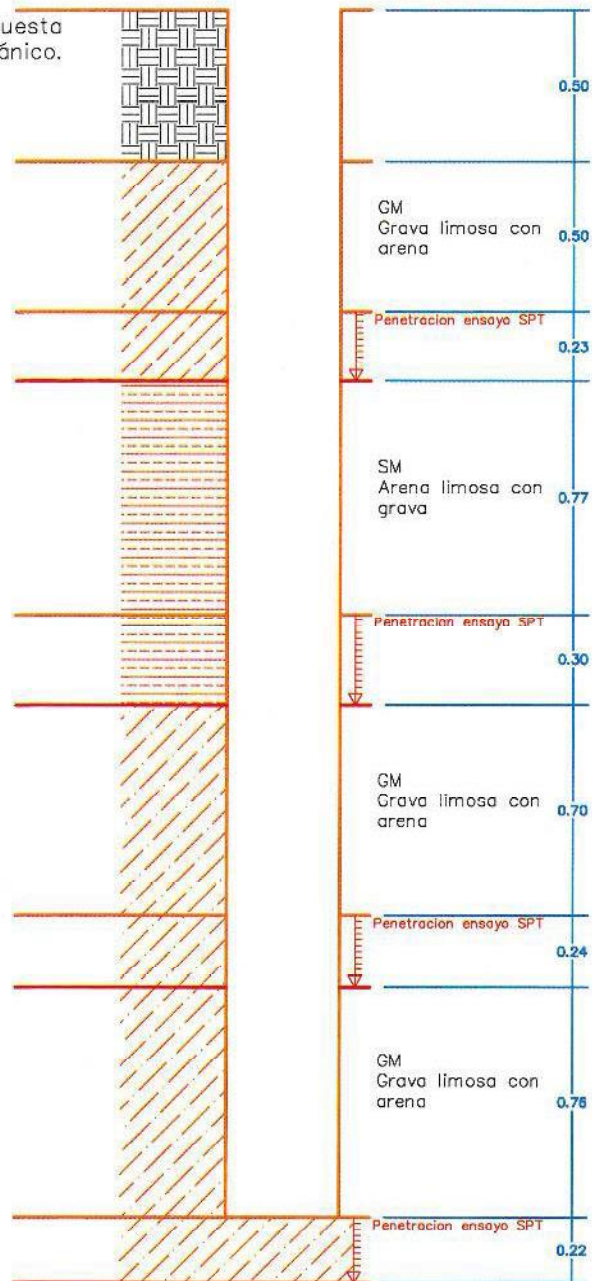
Nelson Eduardo Prudente Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA



PERFIL GEOTÉCNICO SONDEO N°04

Capa de cubierta vegetal, compuesta principalmente por material orgánico.



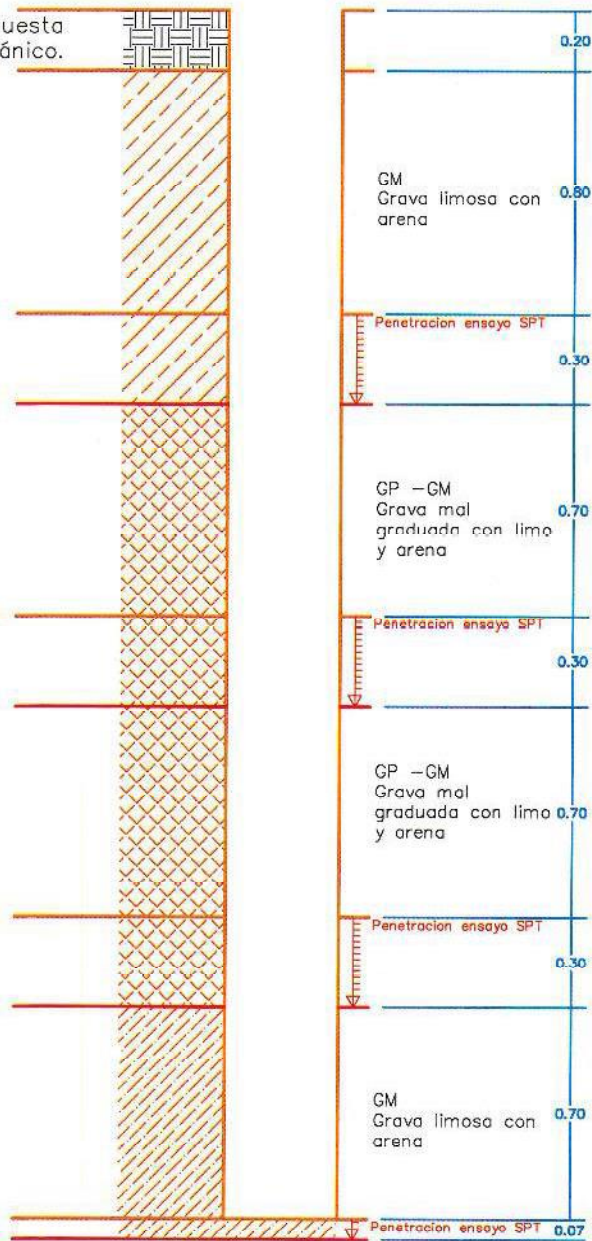
[Firma]
Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
S.I.B. INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA



PERFIL GEOTÉCNICO SONDEO N°05

Capa de cubierta vegetal, compuesta principalmente por material orgánico.



Nelson Eduardo Prudente Castellanos
S.I.B. INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
TARIJA SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA



INFORME GEOTÉCNICO

Proyecto: Planta Solar Yunchará

Solicitante: Empresa BARLOVENTO RECURSOS NATURALES SL

*Laboratorio de Suelos Hormigones y Asfaltos
Empresa Consultora Unión S.R.L.*

Tarija - Bolivia
Febrero de 2016

INFORME TÉCNICO (GEOTECNIA)



1. Generalidades

1.1. Introducción

A solicitud de la empresa BARLOVENTO RECURSOS NATURALES SL, nuestra Empresa Consultora Unión Srl., movilizó a campo el equipo y personal de laboratorio de suelos y ha empezado con los trabajos el día 28 de enero de 2016, acorde al cronograma presentado al cliente, el trabajo de campo se realizó en dos días 28 y 29 de enero, consistiendo en la exploración del sitio de emplazamiento de la Planta solar Yunchará, una vez concluido el trabajo de campo, se continuó con las siguientes fases que son los trabajos de laboratorio de suelos y de gabinete.

El presente informe contiene los resultados obtenidos de los ensayos de suelos y el relevamiento geotécnico del área del proyecto.

1.2. Objetivo

El objetivo principal de la investigación geotécnica, es la determinación e interpretación de las características geotécnicas del terreno de fundación que comprometan la estabilidad y seguridad de las estructuras, al mismo tiempo se pretende obtener una descripción certera de los distintos tipos de suelos que se presentan en el sitio de ubicación de la planta solar.

Dentro del trabajo de campo se realizaron las siguientes tareas:

- 1) Inspección visual del suelo del lugar.
- 2) Descripción del perfil del suelo y detección de las anomalías.
- 3) Detección del nivel freático.
- 4) Ejecución del ensayo de Penetración Estándar.
- 5) Extracción de muestras.

1.3. Descripción y Ubicación del Proyecto

El proyecto denominado “**PLANTA SOLAR YUNCHARÁ**” consiste en la instalación de una planta de generación de energía eléctrica de tipo fotovoltaico ubicada alrededor de los 3.700 m.s.n.m. en el Municipio de Yunchará en el departamento de Tarija. Cuya potencia estimada llegará a los 5MW y será puesta en marcha el 2017.

1.4. Geotécnica





1.5. Ubicación de los Ensayos

La ubicación de todos los ensayos realizados se muestra a continuación:

- 282540 E; 7583481 N; 3722.65 Zona 20K; WGS 84. (Sondeo: S1)
- 282702 E; 7583482 N; 3722.59 Zona 20K; WGS 84. (Sondeo: S2)
- 282705 E; 7583637 N; 3720.09 Zona 20K; WGS 84. (Sondeo: S3)
- 282865 E; 7583635 N; 3718.39 Zona 20K; WGS 84. (Sondeo: S4)
- 282865 E; 7583791 N; 3716.23 Zona 20K; WGS 84. (Sondeo: S5)
- 282703 E; 7583559 N; 3721.38 Zona 20K; WGS 84. (APQ- 1)
- 282865 E; 7583715 N; 3717.27 Zona 20K; WGS 84. (APQ -2)

Los sondeos realizados en las ubicaciones descritas en líneas superiores se han llevado a cabo hasta profundidades de alrededor de 4,00 metros como se puede observar en los esquemas detallados en los informes anexos.

1.6. Equipo Utilizado

Equipo de SPT

- Marca: COSACOV
- Industria: Argentina
- Peso de Martillo: 63,50 kg.
- Altura de Caída: 76,20 cm.
- Muestreador Tipo "Terzaghi".

Equipo de CBR

- Marca: SOILTEST
- Industria: USA

Anillos de carga:

- Número de Serie: 10002482
- Marca: CONTROLS





- Industria: Italiana
- Alcance máximo: 5.000 kgf.
- Calibración N°: CC-LZ-089-2014
- Número de Serie: 23559
- Marca: SOILTEST
- Industria: USA
- Alcance máximo: 1.000 kgf.
- Calibración N°: CC-LZ-087-2014

1.7. Trabajo de Laboratorio

El trabajo de laboratorio consistió en el procesamiento de las muestras obtenidas de campo con la finalidad de determinar las características y propiedades de las mismas.

1.7.1. Análisis físico - mecánicos

La relación de los ensayos es la siguiente: (1) Análisis comunes: Distribución granulométrica, Humedad natural y Límites consistencia. Finalmente, con los parámetros analizados y en número de N de golpes fue calculada la fatiga admisible del suelo.

1.7.2. Descripción de las Muestras

La muestra obtenida en la cuchara de TERZAGHI, luego de ser examinadas las características granulométricas, fue colocada en bolsa plástica para que en laboratorio de suelos sean procesadas. La descripción individual de cada uno de los sondeos se ve en detalle en los anexos.

1.7.3. Ensayo de penetración dinámica

La muestra fue extraída por medio de la cuchara partida (TERZAGHI) la misma permite ejecutar ensayos de penetración dinámica S.P.T. mediante la percusión con caída libre del martillo de 63.5 kg cada 76.2 cm de altura registrándolos el número de golpes (N) necesario para un total de 30 centímetros.

1.7.4. Propiedades físico - mecánicas





i. Distribución granulométrica

El procesamiento consiste en un análisis mecánico de la fracción gruesa por el método vía seca y la fracción fina por el método vía húmeda.

Del análisis realizado a la muestra obtenida del sitio del ensayo se obtuvo la siguiente información:

Granulometría fina:

Este tipo de granulometría, ha sido identificado únicamente en el sondeo 3 a una profundidad comprendida entre los 2,40 y los 3,80 metros y en el sondeo 4 entre los 1,30 y los 2,30 metros. Son materiales que pasa el tamiz 3/8" en proporción al 80% y están conformadas por arcillas y limos inorgánicos.

Como suelos de fundación tienen cierta vulnerabilidad, en el sentido de que sufren fenómenos de compresibilidad y una falla según el criterio de la curva de MORH.

Hidrogeológicamente, se los consignan como materiales altamente impermeables y conservan en su estructura granular alto contenido de humedad.

Granulometría gruesa:

En el resto de los sondeos se ha identificado este tipo de suelo en las diferentes profundidades en las que se realizaron los ensayos. Están formadas por mezclas en proporciones variables de arenas y grava con contenido de material fino. Por su conformación granulométrica, son excelentes materiales que aportan porosidad y permeabilidad. La presencia de fracción fina, las hace muy sensibles a la acción de erosión subterránea produciendo una reducción progresiva de la resistencia al corte.

De los sondeos realizados se obtuvo lo siguiente:

SONDEO "S-1"

Profundidad (m)	Código	SUCS	Grava	Arena	Fino	Descripción
0,00 – 0,30	S1 - M0	SC-SM	34,71	51,56	13,73	Arena Limosa con Grava
0,30 – 1,30	S1 - M1	GP-GM	70,63	21,66	7,72	Grava Mal Graduada con Limo y Arena



1,30 – 2,30	S1 - M2	GP-GM	84,65	6,68	8,58	Grava Mal Graduada con Limo y Bloques
2,30 – 3,20	S1 - M3	GP-GM	68,09	21,12	10,79	Grava Mal Graduada con Limo y Arena
3,20 – 4,15	S1 - M4	GP-GM	73,71	14,88	11,41	Grava Mal Graduada con Limo

SONDEO "S-2"

Profundidad (m)	Código	SUCS	Grava	Arena	Fino	Descripción
0,00 – 0,30	S2 - M0	SC-SM	24,20	53,61	22,19	Arena con arcilla arena y grava
0,30 – 1,20	S2 - M1	GM	47,41	31,15	21,44	Grava Limosa con Arena y Bloques
1,20 – 2,20	S2 - M2	GM	67,05	18,98	13,98	Grava Limosa con Arena
2,20 – 3,00	S2 - M3	GM	64,82	19,78	15,40	Grava Limosa con Arena
3,00 – 4,00	S2 - M4	GP-GM	73,35	16,59	10,06	Grava Mal Graduada con Limo, arena y bloques

SONDEO "S-3"

Profundidad (m)	Código	SUCS	Grava	Arena	Fino	Descripción
0,00 – 0,20	S3 - M0	GM	45,08	34,94	19,98	Grava Limosa con Arena
0,30 – 1,30	S3 - M1	GM	64,20	17,33	18,47	Grava Limosa con Arena
1,30 – 2,30	S3 - M2	GM	53,13	26,38	20,48	Grava Limosa con Arena
2,30 – 3,80	S3 - M3	ML	0,00	34,42	65,58	Limo Arenoso de Baja Plasticidad
3,80 – 4,23	S3 - M4	GM	57,84	18,80	23,36	Grava Limosa con Arena

SONDEO "S-4"

Profundidad (m)	Código	SUCS	Grava	Arena	Fino	Descripción
0,00 – 0,50	S4 - M0	GC-GM	40,14	30,69	29,17	Grava Limosa con Arena
0,50 – 1,20	S4 - M1	GM	57,46	17,85	24,69	Grava Limosa con Arena
1,20 – 2,30	S4 - M2	SM	32,35	45,81	21,84	Arena limosa con grava
Profundidad (m)	Código	SUCS	Grava	Arena	Fino	Descripción
2,30 – 3,20	S4 - M3	GM	59,48	21,07	19,45	Grava limosa con arena
3,20 – 4,22	S4 - M4	GM	64,85	16,60	18,55	Grava Limosa con Arena

SONDEO "S-5"

Profundidad (m)	Código	SUCS	Grava	Arena	Fino	Descripción
0,00 – 0,20	S5 - M0	GC-GM	45,17	29,68	25,15	Grava Limosa con Arena
0,20 – 1,30	S5 - M1	GM	63,08	20,28	16,64	Grava Limosa con Arena
1,30 – 2,30	S5 - M2	GP-GM	13,99	69,45	21,98	Grava Mal Graduada con Limo y Arena
2,30 – 3,30	S5 - M3	GM	62,68	29,17	8,15	Grava Mal Graduada con Limo y Arena
3,30 – 4,10	S5 - M4	GM	54,09	30,24	15,67	Grava Limosa con Arena



APQ- 1

Profundidad (m)	Código	SUCS	Grava	Arena	Fino	Descripción
0,00 – 0,20	APQ1 - M0	GM	46,76	26,61	26,63	Grava Limosa con Arena
0,20 – 0,50	APQ1 - M1	GC	54,24	19,48	26,29	Grava Arcillosa con Arena y Bloques

APQ- 2

Profundidad (m)	Código	SUCS	Grava	Arena	Fino	Descripción
0,00 – 0,20	APQ2 - M0	GP-GC	59,54	28,53	11,97	Grava Mal Graduada con Limo Arcilla y Arena
0,20 – 0,50	APQ2 - M1	GC	49,76	23,65	26,59	Grava Arcillosa con Arena y Bloques

ii. Humedad natural

El contenido de humedad del terreno ensayado a las distintas profundidades ensayadas es considerado como medio, sin embargo se puede fácilmente establecer que el suelo no se encuentra saturado y que el nivel freático no se encuentra próximo.

De los sondeos realizados se obtuvo lo siguiente:

SONDEO "S-1"

Profundidad (m)	Código	% W Natural	Grado de W Natural
0,00 – 0,30	S1 - M0	5,15	Bajo
0,30 – 1,30	S1 - M1	7,76	Bajo
1,30 – 2,30	S1 - M2	12,70	Medio
2,30 – 3,20	S1 - M3	8,96	Bajo
3,20 – 4,15	S1 - M4	9,62	Bajo

SONDEO "S-2"

Profundidad (m)	Código	% W Natural	Grado de W Natural
0,00 – 0,30	S2 - M0	2,13	Bajo
0,30 – 1,20	S2 - M1	8,13	Bajo
1,20 – 2,20	S2 - M2	15,52	Alto
2,20 – 3,00	S2 - M3	15,83	Alto
3,00 – 4,00	S2 - M4	14,79	Medio





SONDEO "S-3"

Profundidad [m]	Código	% W Natural	Grado de W Natural
0,00 – 0,20	S3 - M0	3,34	Bajo
0,30 – 1,30	S3 - M1	13,16	Medio
1,30 – 2,30	S3 - M2	12,83	Medio
2,30 – 3,80	S3 - M3	3,77	Bajo
3,80 – 4,23	S3 - M4	12,27	Medio

SONDEO "S-4"

Profundidad (m)	Código	% W Natural	Grado de W Natural
0,00 – 0,50	S4 - M0	2,53	Bajo
0,50 – 1,20	S4 - M1	15,10	Alto
1,20 – 2,30	S4 - M2	11,10	Medio
2,30 – 3,20	S4 - M3	13,81	Medio
3,20 – 4,22	S4 - M4	15,24	Alto

SONDEO "S-5"

Profundidad (m)	Código	% W Natural	Grado de W Natural
0,00 – 0,20	S5 - M0	3,65	Bajo
0,20 – 1,30	S5 - M1	15,36	Alto
1,30 – 2,30	S5 - M2	13,99	Medio
2,30 – 3,30	S5 - M3	12,50	Medio
3,30 – 4,10	S5 - M4	14,81	Alto

APQ - 1

Profundidad (m)	Código	% W Natural	Grado de W Natural
0,00 – 0,20	APQ1 - M0	4,57	Bajo
0,20 – 0,50	APQ1 - M1	11,67	Medio

APQ - 2

Profundidad (m)	Código	% W Natural	Grado de W Natural
0,00 – 0,20	APQ2 - M0	3,65	Bajo
0,20 – 0,50	APQ2 - M1	14,81	Medio

iii. Límites de consistencia





Los límites de consistencia o ATTERBERG, son propiedades índices que son utilizadas para clasificación del tipo de suelo.

De los sondeos realizados se obtuvieron los siguientes resultados:

SONDEO "S-1"

Profundidad (m)	Código	L.L.	L.P.	I.P.
0,00 – 0,30	S1 - M0	23,57	18,90	4,67
0,30 – 1,30	S1 - M1	-	-	-
1,30 – 2,30	S1 - M2	31,91	28,34	3,57
2,30 – 3,20	S1 - M3	29,87	27,88	1,99
3,20 – 4,15	S1 - M4	30,90	28,40	2,50

SONDEO "S-2"

Profundidad (m)	Código	L.L.	L.P.	I.P.
0,00 – 0,30	S2 - M0	19,69	15,24	4,45
0,30 – 1,20	S2 - M1	-	-	-
1,20 – 2,20	S2 - M2	40,24	30,06	10,18
2,20 – 3,00	S2 - M3	39,86	32,16	7,70
3,00 – 4,00	S2 - M4	43,00	32,20	10,80

SONDEO "S-3"

Profundidad (m)	Código	L.L.	L.P.	I.P.
0,00 – 0,20	S3 - M0	20,65	17,48	3,17
0,30 – 1,30	S3 - M1	37,62	31,67	5,96
1,30 – 2,30	S3 - M2	32,79	24,01	8,77
2,30 – 3,80	S3 - M3	26,71	22,31	4,40
3,80 – 4,23	S3 - M4	29,06	24,18	4,87

SONDEO "S-4"

Profundidad (m)	Código	L.L.	L.P.	I.P.
0,00 – 0,50	S4 - M0	26,18	21,27	4,90
0,50 – 1,20	S4 - M1	38,78	27,74	11,04
1,20 – 2,30	S4 - M2	31,80	27,74	4,15
2,30 – 3,20	S4 - M3	34,35	28,97	5,38
3,20 – 4,22	S4 - M4	32,79	30,35	2,43



SONDEO "S-5"

Profundidad (m)	Código	L.L.	L.P.	I.P.
0,00 – 0,20	S5 - M0	17,55	16,69	0,86
0,20 – 1,30	S5 - M1	41,91	36,02	5,89
1,30 – 2,30	S5 - M2	42,72	32,70	10,02
2,30 – 3,30	S5 - M3	46,52	32,35	14,17
3,30 – 4,10	S5 - M4	40,66	33,87	6,79

APQ -1

Profundidad (m)	Código	L.L.	L.P.	I.P.
0,00 – 0,20	APQ1 -M0	19,26	16,44	2,82
0,20 – 0,50	APQ1 -M1	25,61	17,58	8,03

APQ -2

Profundidad (m)	Código	L.L.	L.P.	I.P.
0,00 – 0,20	APQ2 -M0	24,91	19,84	5,07
0,20 – 0,50	APQ2 -M1	29,85	21,41	8,44

iv. Fatiga admisible del suelo

La fatiga admisible del suelo, ha sido obtenida mediante la correlación del tipo del suelo sobre el gráfico B. K HOUGH, los valores se muestran en el cuadro siguiente:

SONDEO "S-1"

Profundidad (m)	Código	Resistencia Admisible (kg/cm ²)	Coefficiente de Balasto (KN/m ³)
1,00 – 1,30	S1 - M1	3,75	51.598,58
2,00 – 2,30	S1 - M2	3,94	54.178,50
3,00 – 3,20	S1 - M3	4,13	56.758,43
4,00 – 4,15	S1 - M4	4,13	56.758,43

SONDEO "S-2"

Profundidad (m)	Código	Resistencia Admisible (kg/cm ²)	Coefficiente de Balasto (KN/m ³)
1,00 – 1,20	S2 - M1	4,13	56.758,43
2,00 – 2,20	S2 - M2	4,13	56.758,43
3,00	S2 - M3	4,13	56.758,43
4,00	S2 - M4	4,13	56.758,43





SONDEO "S-3"

Profundidad (m)	Código	Resistencia Admisible (kg/cm ²)	Coefficiente de Balasto (KN/m ³)
1,00 – 1,30	S3 - M1	3,76	51.701,77
2,00 – 2,30	S3 - M2	3,38	46.438,72
3,00 – 3,30	S3 - M3	1,40	19.194,67
4,00 – 4,23	S3 - M4	4,13	56.758,43

SONDEO "S-4"

Profundidad (m)	Código	Resistencia Admisible (kg/cm ²)	Coefficiente de Balasto (KN/m ³)
1,00 – 1,20	S4 - M1	4,13	56.758,43
2,00 – 2,30	S4 - M2	3,00	41.278,86
3,00 – 3,20	S4 - M3	4,13	56.758,43
4,00 – 4,22	S4 - M4	4,13	56.758,43

SONDEO "S-5"

Profundidad (m)	Código	Resistencia Admisible (kg/cm ²)	Coefficiente de Balasto (KN/m ³)
1,00 – 1,30	S5 - M1	3,00	41.278,86
2,00 – 2,30	S5 - M2	3,94	54.178,50
3,00 – 3,30	S5 - M3	3,94	54.178,50
4,00 – 4,10	S5 - M4	4,13	56.758,43

1.7.5. Ensayo de Relación de Soporte de California y Coeficiente de Permeabilidad

En las dos muestras procesadas se obtuvieron los siguientes resultados:

Profundidad (m)	Código	Clasificación		Proctor		% de Expansión			% de CBR	
		S.U.C.S.	AASHTO	Densidad Máxima	W Óptima	12 Golpes	25 Golpes	56 Golpes	Densidad 95%	Densidad 100%
0,30 – 0,50	APQ1-M1	GC	A-2-4	1,889	12,61	0,905	0,776	0,560	42,78	62,47
0,30 – 0,50	APQ2-M1	GC	A-2-4	1,882	13,23	0,560	0,690	0,776	71,10	97,46

2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La investigación geotécnica, se ha realizado con el objetivo de determinar los parámetros físico-mecánicos del suelo.





- Todos los trabajos de campo se realizaron entre el 27 y 30 de enero de 2016 sin mayores complicaciones.
- Al momento del ingresar al predio se lo hizo en compañía del Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNAP) quienes verificaron que el lugar a intervenir se encuentra fuera del área protegida.
- Se realizaron cinco (5) sondeos en los siguientes puntos:
 - 282540 E; 7583481 N; 3722.65 Zona 20K; WGS 84. (Sondeo: S1)
 - 282702 E; 7583482 N; 3722.59 Zona 20K; WGS 84. (Sondeo: S2)
 - 282705 E; 7583637 N; 3720.09 Zona 20K; WGS 84. (Sondeo: S3)
 - 282865 E; 7583635 N; 3718.39 Zona 20K; WGS 84. (Sondeo: S4)
 - 282865 E; 7583791 N; 3716.23 Zona 20K; WGS 84. (Sondeo: S5)

En los cuales se realizaron pruebas de SPT a partir de un metro de profundidad con una separación de un metro. Además se recuperaron muestras que se consideraron necesarias para analizar y caracterizar todo el perfil geotécnico del suelo.

- La exploración en los sondeos llegó a una profundidad que oscila entre los 4,00 metros.
- A partir de los sondeos realizados se pudo evidenciar la presencia de diferentes estratos conformados principalmente por gravas, arenas y material fino como se puede observar en los perfiles esquematizados en los anexos.
- En todos los sondeos realizados en las diferentes profundidades ensayadas se observaron excelentes capacidades portantes del terreno, todas con valores iguales o mayores a los 3,00 kg/cm². Únicamente en el sondeo S-3 a una profundidad de 3,30 metros se obtuvo una capacidad portante de 1,40 kg/cm². Esto debido a la presencia de un material fino tipo limo arenoso (ML) en un estrato de 1,40 metros de espesor, siendo este un caso aislado. Sin embargo, en el estrato que le precede las características del terreno vuelven a mejorar.
- Se podría adoptar una profundidad de fundación de 1,50 metros desde la cota de terreno debido a los excelentes valores de capacidad portante obtenidos en este nivel y que al mismo tiempo a esta profundidad garantizamos que la fundación no se encuentre dentro de la cubierta vegetal la cual tiene un espesor entre 20 y 50 centímetros. Cabe mencionar que se deberá tener especial cuidado con las fundaciones que se encuentren cercanas al sondeo S-3. Sin embargo, se considera que el valor de soporte que presenta el estrado



compuesto por limo arenoso (ML) presenta una capacidad portante lo suficientemente buena como para ser utilizado como suelo de fundación.

- A pesar de que los ensayos fueron realizados en época de lluvias (periodo en el cual el nivel freático alcanza su máximo) no se encontró nivel freático ni siquiera próximo en los ensayos realizados a profundidades de 4,00 m. Por lo tanto se desestima la posibilidad de que se generen sub presiones por la presencia de agua que influyan en las fundaciones.
- Se aprecia una geología uniforme en todo el predio formada por un depósito de origen aparentemente aluvial.
- Se parametrizaron los suelos estudiados aplicando diversas ecuaciones desarrolladas principalmente por Kulhawy y Chen en su publicación del año 2007, las cuales nos dan la posibilidad de obtener varios parámetros a partir del ensayo de SPT y características granulométricas del suelo.

Sondeo S- 1		
Espesor Observado (m)	Parámetro	Magnitud
1,00 – 1,30	Tipo de Suelo	Grava mal graduada con limo y arena
	Índice de Plasticidad	No Plástico
	Capacidad Portante	3,75
	Coefficiente de Balasto	51.598,58
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,86
2,00 – 2,30	Tipo de Suelo	Grava mal graduada con limo y bloques
	Índice de Plasticidad	Bajo
	Capacidad Portante	3,94
	Coefficiente de Balasto	54.178,50
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,52
3,00 – 3,20	Tipo de Suelo	Grava mal graduada con limo y arena
	Índice de Plasticidad	Bajo
	Capacidad Portante	4,13
	Coefficiente de Balasto	56.758,43
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,92
2,00 – 2,40	Tipo de Suelo	Grava mal graduada con limo
	Índice de Plasticidad	Bajo
	Capacidad Portante	4,13



	Coefficiente de Balasto	56.758,43
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,92
Sondeo S- 2		
Espesor Observado (m)	Parámetro	Magnitud
1,00 – 1,20	Tipo de Suelo	Grava limosa con arena y bloques
	Índice de Plasticidad	No Plástico
	Capacidad Portante	4,13
	Coefficiente de Balasto	56.758,43
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,92
2,00 – 2,20	Tipo de Suelo	Grava limosa con arena
	Índice de Plasticidad	Medio
	Capacidad Portante	4,13
	Coefficiente de Balasto	56.758,43
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,92
3,00	Tipo de Suelo	Grava limosa con arena
	Índice de Plasticidad	Bajo
	Capacidad Portante	4,13
	Coefficiente de Balasto	56.758,43
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,92
4,00	Tipo de Suelo	Grava mal graduada con limo arena y bloques
	Índice de Plasticidad	Medio
	Capacidad Portante	4,13
	Coefficiente de Balasto	56.758,43
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,92

Sondeo S- 3		
Espesor Observado (m)	Parámetro	Magnitud
1,00 – 1,30	Tipo de Suelo	Grava limosa con arena
	Índice de Plasticidad	Bajo
	Capacidad Portante	3,76
	Coefficiente de Balasto	51.701,77
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,87
2,00 – 2,30	Tipo de Suelo	Grava limosa con arena
	Índice de Plasticidad	Medio
	Capacidad Portante	3,38



3,00 – 3,30	Coefficiente de Balasto	46.438,72
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,74
	Tipo de Suelo	Limo arenoso de baja plasticidad
	Índice de Plasticidad	Bajo
	Capacidad Portante	1,40
4,00 – 4,23	Coefficiente de Balasto	19.194,67
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,63
	Tipo de Suelo	Grava limosa con arena
	Índice de Plasticidad	Bajo
	Capacidad Portante	4,13
	Coefficiente de Balasto	56.758,43
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,92

Sondeo S- 4		
Espesor Observado (m)	Parámetro	Magnitud
1,00 – 1,20	Tipo de Suelo	Grava limosa con arena
	Índice de Plasticidad	Medio
	Capacidad Portante	4,13
	Coefficiente de Balasto	56.758,43
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,92
2,00 – 2,30	Tipo de Suelo	Arena limosa con grava
	Índice de Plasticidad	Bajo
	Capacidad Portante	3,00
	Coefficiente de Balasto	41.278,86
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,80
3,00 – 3,20	Tipo de Suelo	Grava limosa con arena
	Índice de Plasticidad	Bajo
	Capacidad Portante	4,13
	Coefficiente de Balasto	56.758,43
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,92
4,00 – 4,22	Tipo de Suelo	Grava limosa con arena
	Índice de Plasticidad	Bajo
	Capacidad Portante	4,13
	Coefficiente de Balasto	56.758,43
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,92



Sondeo S- 5		
Espesor Observado (m)	Parámetro	Magnitud
1,00 – 1,30	Tipo de Suelo	Grava limosa con arena
	Índice de Plasticidad	Bajo
	Capacidad Portante	3,00
	Coefficiente de Balasto	41.278,86
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,64
2,00 – 2,30	Tipo de Suelo	Grava mal graduada con limo y arena
	Índice de Plasticidad	Medio
	Capacidad Portante	3,94
	Coefficiente de Balasto	54.178,50
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,92
3,00 – 3,30	Tipo de Suelo	Grava mal graduada con limo y arena
	Índice de Plasticidad	Alto
	Capacidad Portante	3,94
	Coefficiente de Balasto	54.178,50
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,92
4,00 – 4,10	Tipo de Suelo	Grava limosa con arena
	Índice de Plasticidad	Medio
	Capacidad Portante	4,13
	Coefficiente de Balasto	56.758,43
	Coefficiente de Fricción Interna μ	0,92

- Por otra parte, se realizó el muestreo en dos apiques a una profundidad de 50 centímetros para realizar en ensayo de Capacidad de Soporte de California mismos que se encontraban ubicados en las siguientes coordenadas:
 - 282703 E; 7583559 N; 3721.38 Zona 20K; WGS 84. (APQ- 1)
 - 282865 E; 7583715 N; 3717.27 Zona 20K; WGS 84. (APQ -2)
- Con respecto a la relación de capacidad de Soporte de California se observan valores considerablemente altos según se detalla a continuación:



Profundidad (m)	Código	Clasificación		Proctor		% de CBR	
		S.U.C.S.	AASHTO	Densidad Máxima	W Óptima	Densidad 95%	Densidad 100%
0,30 – 0,50	APQ1-M1	GC	A-2-4	1,889	12,61	42,78	62,47
0,30 – 0,50	APQ2-M1	GC	A-2-4	1,882	13,23	71,10	97,46

- Es muy recomendable que el Ingeniero Calculista cuide que las cargas verticales y deformación plástica no excedan de los valores admisibles del suelo.
- Es importante fiscalizar todas las etapas de construcción del proyecto.
- En los anexos adjuntos al presente informe se encuentran todos los informes de los ensayos de laboratorio, esquemas, planos y fotografías del trabajo.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio
Empresa Consultora Unión Srl.

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
SLB INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



INFORMES DE LABORATORIO

SONDEO 1



RESUMEN SONDEOS GEOTÉCNICOS

Proyecto: Planta Solar Yunchará
Ubicación: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2ª Secc. Proje Avier, Tarija
Jefe de Lab.: Ing. Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
Técnico de Lab.: Tec. Israel Tapia Alvares

Solicitante: Barlovento Recursos Naturales S.L.
Sondeo: S-1 **Fecha:** 15-feb-16
Coords: 282540 E; 7583481 S; Zona 20K; WGS-84
Cota Inicio: 3722,656 m s.n.m.

Prof. (m)	Perfil del Suelo	W _{natural} (%)	Granulometría			Límites de Atterberg			Clasificación Unificada		Prof. (m)	Penetración Nominal						
			Gravas	Arenas	Finos	L.L.	L.P.	I.P.	Sigla	Descripción		No. de Golpes	Fatiga Adm. (Kg/cm ²)					
													0	1	2	3	4	5
0.0	Muestreo (C-1-M0)	5.15	34.71	51.56	13.73	21.57	18.50	2.57	SC-SM	Arena limosa con grava	0.0	45						
0.1											0.1							
0.2											0.2							
0.3											0.3							
0.4											0.4							
0.5											0.5							
0.6											0.6							
0.7											0.7							
0.8											0.8							
0.9											0.9							
1.0	S-T (S1-M2)	7.75	70.55	27.66	7.77	0.30	0.00	0.00	GP-GM	Grava mal graduada con limo y arena	1.0							
1.1											1.1							
1.2											1.2							
1.3											1.3							
1.4											1.4							
1.5											1.5							
1.6											1.6							
1.7											1.7							
1.8											1.8							
1.9											1.9							
2.0	SP1 (S1-M2)	12.70	94.69	6.69	6.62	81.01	28.34	3.57	GP-GM	Grava mal graduada con limo y arena	2.0	30						
2.1											2.1							
2.2											2.2							
2.3											2.3							
2.4											2.4							
2.5											2.5							
2.6											2.6							
2.7											2.7							
2.8											2.8							
2.9											2.9							
3.0	S-T (S1-M2)	8.95	69.39	21.12	10.79	29.87	17.88	1.89	GP-GM	Grava mal graduada con limo y arena	3.0	Hechazo (>50 Golpes)						
3.1											3.1							
3.2											3.2							
3.3											3.3							
3.4											3.4							
3.5											3.5							
3.6											3.6							
3.7											3.7							
3.8											3.8							
3.9											3.9							
4.0	SP1 (S1-M4)	9.02	73.71	14.88	11.41	80.60	28.40	2.50	LUS-CL	Grava mal graduada con limo	4.0	Hechazo (>50 Golpes)						
4.1											4.1							
4.2											4.2							
4.3											4.3							
4.4											4.4							
4.5											4.5							
4.6											4.6							
4.7											4.7							
4.8											4.8							
4.9											4.9							
5.0											5.0							



Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
 R.N.I. 22.603
 Jefe de Laboratorio





ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Proyecto Planta Solar Yancharé
Procedencia: Comunalidad Capaculera, Municipio Yancharé, 29 Set. Pura Pura, Tarija (262500 E) 258300 S; Zona 2B; WGS-84)
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencia Castellanos
Solicitante: Ecolavento Recursos Naturales S.

Sondeo: S1
Muestra: M-0
Material: Granular
Fecha: 15-jun-26

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh		MUESTRA TOTAL SECA, Pst.	
Suelo húmedo + cápsula, P1	111,00 gr.	Muestra total húmeda (Pht.	7811 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	107,00 gr.	Ag. Grueso (Ret. Nº10)-AG	3040 gr.
Peso del agua, Pa=(P1 - P2)	4,00 gr.	Fase Nº10 húmeda, Mh	4771,00 gr.
Peso de la cápsula, Pc	29,97 gr.	Fase Nº10 seco	
Peso del suelo seco, Ps=(P2 - Pc)	77,63 gr.	$Mh \times 100$	
Porcentaje de humedad		$Ms = \frac{100 + \%Hh}{100 + \%Hh}$	4537 gr.
		Muestra total seca,	
		$Pst = [AG + Ms] =$	7577 gr.

ANÁLISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	Peso Retenido Acumulado (%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	0,0	0,0	0,00	63,50 mm	100,00	
2"	0,0	0,0	0,00	50,80 mm	100,00	
1 1/2"	765,0	765,0	10,10	38,10 mm	89,90	
1"	1125,0	1890,0	24,94	25,00 mm	75,06	
3/4"	55,0	1945,0	25,67	19,00 mm	74,33	
3/8"	150,0	2095,0	27,65	9,50 mm	72,35	
Nº4	535,0	2630,0	34,71	4,75 mm	65,29	
Nº10	410,0	3040,0	40,12	2,00 mm	59,88	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa Nº 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa Nº10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 475 gr.

ANÁLISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	Peso Retenido Acumulado (%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
Nº40	231,0	231,0	48,58	51,42	0,42 mm	50,79	
Nº200	135,5	366,5	77,08	22,92	0,075 mm	11,73	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara Nº	20	27	112	129		Gravas: 34,71%
Suelo húmedo + Tara	36,22	37,15	22,94	22,10		Arenas: 51,56%
Suelo seco + Tara	31,88	33,10	21,32	21,00		Finos: 13,73%
Peso del Agua	4,34	4,05	1,12	1,10		
Peso de la Tara	15,91	15,49	15,32	15,25		
Peso Suelo Seco	15,97	17,61	6,00	5,75		
% de Humedad, %H	27,18	23,00	18,67	19,13		
Número de Golpes	8	29	18,90			
LIMITE LIQUIDO = LL =				23,57		
LIMITE PLASTICO = LP =				18,90		
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = [LL-LP] =				4,67		

OBSERVACIONES:

Wnatral: 5,15%
Profundidad: 0,3 m.
Cota: 3722,356 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

Nelson E. Prudencia Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.803
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Físico Solar Yunchard

Sondeo: 5-2

Procedencia: Comunidad Creacabaza, Municipio Iturza, 29 Dec. Prov. Antioq. Tarja (282340 E; 7339481 S; Zona 200, PIES 84,

Laboratorista: Israel Tapia

Muestra: G-1

Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencia Castellanos

Material: Granular

Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh	MUESTRA TOTAL SECA, Pst.
Suelo húmedo + cápsula, P1	Muestra total húmeda Ph.
Suelo seco + cápsula, P2	Ag. Grueso (Ret. N°10)-AG
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	Pasa N°10 húmeda, Mh
Peso de la cápsula, Pc	Pasa N°10 seco
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	
Porcentaje de humedad	
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	$M_s = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$
7,76 %	Muestra total seca
	$Pst = (AG - Ms) =$
	4378 gr.

ANÁLISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	534,0	534,0	7,74	63,50 mm	92,76	
2"	721,0	1255,0	17,01	50,80 mm	82,99	
1 1/2"	536,0	1791,0	24,27	38,10 mm	75,73	
1"	1351,0	3142,0	42,58	25,00 mm	57,42	
3/4"	644,0	3786,0	51,31	19,00 mm	48,69	
3/8"	865,0	4651,0	63,04	9,50 mm	36,36	
Nº4	560,0	5211,0	70,63	4,80 mm	25,37	
Nº10	574,0	5785,0	78,11	2,00 mm	21,59	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa Nº 10 húmedo, Sh.	500,0 gr.	Pasa Nº10 seco Ss.	$\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$	464 gr.
------------------------	-----------	--------------------	------------------------------------	---------

ANÁLISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
Nº40	140,3	140,3	30,14	66,76	0,42 mm	15,06	
Nº200	157,9	298,2	64,27	35,73	0,075 mm	7,72	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara NP						Gravas 70,63%
Suelo Húmedo + Tara						Arenas: 21,56%
Suelo Seco + Tara						Finos: 7,72%
Peso del Agua	0,0	0,0	0,0	0,0		
Peso de la Tara						
Peso Suelo Seco	0,00	0,00	0,00	0,00		
% de Humedad, %H	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		
Número de Golpes						
LÍMITE LIQUIDO = LL =				#DIV/0!		
LÍMITE PLÁSTICO = LP =				#DIV/0!		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =				#DIV/0!		

No Plástico

CLASIFICACION:

S.U.C.S.

GP-GM

Grava mal graduada en arena y arena

AASHTO

A-1-a

Proporción de arena, grava y arcilla
(ver tabla de límites)

OBSERVACIONES:

W _{natral}	7,78%
Profundidad	1,0 m.
Cota	9791,656 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

Nelson Boluando Prudencia Castellanos
S.I.B. INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Solar Yunchará
Procedencia: Consultora Consultora, Máximo Yunchará, 29 Set. 1999, Tarija (262500 E, 758300 S) Zona 20K, 400m-600m
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: S-2
Muestra N°: M-2
Fecha: 25-jun-15

Datos Standardizados del Equipo		Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	45
Peso del Martillo	63,5 kg		
Altura de caída	76,2 cm		

Sondeo N° Muestra N°	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-1 M-1	1,00	45	3,75 Kg/cm2	51.598,58 KN/m3	GP-GM A-1-a

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 \cdot N. de Golpes}{23 + 0,716 \cdot N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 81,49$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 40,65$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 \cdot \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 42,71$$

(Kulhawy and Chen 2007)

Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,86$$

$$\mu_c = 0,92$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio

Nelson E. Prudencio Castellanos
S.L.B. INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Yunchard
Procedencia: Comunidad Capatzena, Municipio Yunchard, 2ª Sect. Prov. Arica, Tarja/282540 E; 7383421 S; Zona 20K; WGS 84)
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales S.L.

Sondeo: S-2
Muestra: M-2
Material: Granular
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh		MUESTRA TOTAL SECA, PstL	
Suelo húmedo + cápsula, P1	91,70 gr.	Muestra total húmeda Pht.	10657 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	84,50 gr.	Ag. Gruesa (Ret. N°10)=AG	9727 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	7,20 gr.	Pasa N°10 húmedo, Mh	1435 gr.
Peso de la cápsula, Pc	27,80 gr.	Pasa N°10 seco	
Peso del suelo seco, Pst=(P2-Pc)	56,70 gr.	$Mh = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$	1273 gr.
Porcentaje de humedad		Muestra total seca,	
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Pst}$	12,70 %	PstL = (AG + Mh)=	10496 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	2886,0	2886,0	27,50	76,20 mm	72,50	
2 1/2"	456,0	3342,0	31,84	63,50 mm	68,16	
2"	531,0	3873,0	36,90	50,80 mm	63,10	
1 1/2"	1349,0	5222,0	49,76	38,10 mm	50,24	
1"	1200,0	6422,0	61,19	25,00 mm	38,81	
3/4"	426,0	6848,0	65,25	19,00 mm	34,75	
3/8"	1312,0	8160,0	77,75	9,50 mm	22,25	
N°4	724,0	8884,0	84,65	4,80 mm	15,35	
N°10	338,0	9222,0	87,87	2,00 mm	12,13	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa N° 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa N°10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 444 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
N°40	57,8	57,8	13,03	86,97	0,42 mm	10,55	
N°200	68,6	126,4	28,49	71,51	0,075 mm	8,68	
Disse							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara N°	18	23	21	8	CLASIFICACIÓN: S.U.C.S. GP-GM Grava más gruesa que arena y bloques AASHTO A-1-a Fracción de arena, grava y arena (Índice de Grupo 0)
Suelo Húmedo + Tara	26,52	27,92	21,13	21,22	
Suelo Seco + Tara	23,81	25,05	19,85	20,00	
Peso del Agua	2,71	2,87	1,28	1,22	
Peso de la Tara	15,72	15,77	15,12	15,88	
Peso Suelo Seco	8,09	9,28	4,73	4,12	Límite Líquido = LL = 31,91 Límite Plástico = LP = 28,34 Índice de Plasticidad = IP = (LL-LP) = 3,58
% de Humedad, %h	33,50	30,93	27,06	29,61	
Número de Golpes	18	30			

OBSERVACIONES:

Wichitate 12,70%
 Profundidad= 2,0 m.
 Cota= 8720,696 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
 TARIJA - BOLIVIA

INGENIERO CIVIL
 R.N.I. 22.603
 SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Solar Yunchurá

Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchurá, 2ª Ave. Poma Añes, Tarja (28° 54' S, 75° 04' 00" W) Zona AM, WGS-84

Laboratorista: Israel Tapia

Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos

Solicitante: Barlovento Recursos Naturales S.L

Sondeo: S-1

Muestra N°: M-2

Fecha: 15 feb 16

Datos Standardizados del Equipo			Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	50	
Peso del Martillo	63,5 kg			
Altura de caída	76,2 cm			

Sondeo N° Muestra N°	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-1 M 2	2,00	50	3,94 Kg/cm2	54.178,50 KN/m3	GP-GM A-1-a

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 \cdot N. de Golpes}{23 + 0,716 \cdot N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 85,03$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 42,50$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 \cdot \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 43,13$$

(Kulhavy and Chen 2007)

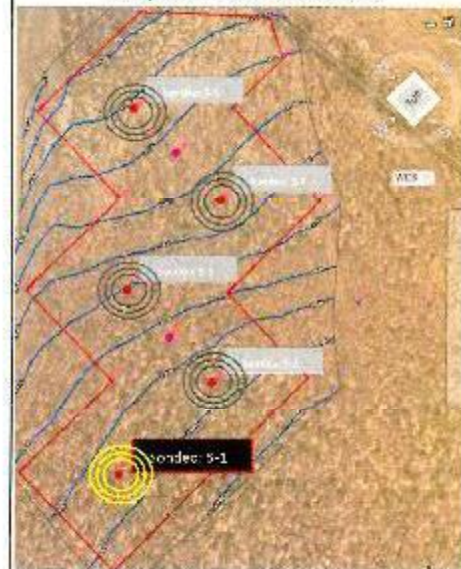
Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,92$$

$$\mu_c = 0,94$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio

Nelson E. Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Yacimientos
Procedencia: Comandante O'Connor, Municipio Rincón, 2ª Sección: Pinar del Río, Largo 282546 Lr. 758382 Si Zona 2000: 7765-847
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Barrovento Recursos Naturales S.L.

Sondeo: S-1
Muestra: M-2
Material: Granular
Fecha: 25-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh		MUESTRA TOTAL SECA, Pst.	
Suelo húmedo + cápsula, P1	85,10 gr.	Muestra total húmeda Pst.	7851 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	80,30 gr.	Ag. Grueso (Ret. N°10)-AG	5984 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	4,80 gr.	Pasa N°10 húmeda, Mh	1867 gr.
Peso de la cápsula, Pc	26,70 gr.	Pasa N°10 seco	
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	53,60 gr.	$Ms = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$	1714 gr.
Porcentaje de humedad	$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	Muestra total seca, Pst= (AG + Ms)=	7598 gr.
	8,96 %		

ANÁLISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	485,0	485,0	6,30	63,50 mm	93,70	
2"	683,0	1168,0	15,17	50,80 mm	84,83	
1 1/2"	274,0	1442,0	18,73	38,10 mm	81,27	
1"	685,0	2127,0	27,63	25,00 mm	77,37	
3/4"	842,0	2969,0	38,57	19,00 mm	61,43	
3/8"	1426,0	4395,0	57,10	9,50 mm	42,90	
N°4	846,0	5241,0	68,09	4,80 mm	31,91	
N°10	743,0	5984,0	77,74	2,00 mm	22,26	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa N° 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa N°10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 459 gr.

ANÁLISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
		(gr)	(%)				
N°40	139,9	139,9	30,49	69,51	0,42 mm	15,17	
N°75	96,5	236,4	51,51	48,49	0,075 mm	10,79	
Bata							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara N°	210	10	6	115	CLASIFICACION: S.U.C.S. GP-GM <small>Grupos con plasticidad limitada y arena</small> AASHTO A-1-d <small>Fragmentos de roca, grava y arena (valor de flujo 10)</small>
Suelo Húmedo + Tara	25,77	27,60	22,93	23,05	
Suelo Seco + Tara	23,26	24,83	21,23	21,36	
Peso del Agua	2,51	2,77	1,70	1,67	
Peso de la Tara	15,15	15,37	15,42	15,08	
Peso Suelo Seco	9,11	9,16	5,81	6,30	Gravas 68,09% Arenas 21,17% Finos 10,79%
% de Humedad, %h	30,55	29,28	29,26	26,51	
Número de Golpes	17	32	27,88	1,99	
LIMITE LIQUIDO = LL =			29,87		
LIMITE PLASTICO = LP =			27,88		
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =			1,99		

OBSERVACIONES:

Wnatral= 8,96%
Profundidad= 9,0 m.
Cota= 8719,656 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

[Firma]
Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Salin Yunchorá
Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchorá, 2ª Secc. Prov. Azules, Tarija 202340 F; 7582481 S, Zona 200; W11-64,
Laboratorio: Israel Tapia
Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: S-1
Muestra N°: M-3
Fecha: 15-jeb-16

Datos Standardizados del Equipo		Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	Rechazo (> 50 golpes)
Peso del Martillo	63,5 kg		
Altura de caída	76,2 cm		

Sondeo N° Muestra N°	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-1 M-3	3,00	Rechazo (> 50 golpes)	4,13 Kp/cm ²	56.758,43 KN/m ³	GP-GM A-1-a

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 * N. de Golpes}{23 + 0,716 * N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 85,03$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 42,50$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 * \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 43,13$$

(Kulhawy and Chen 2007)

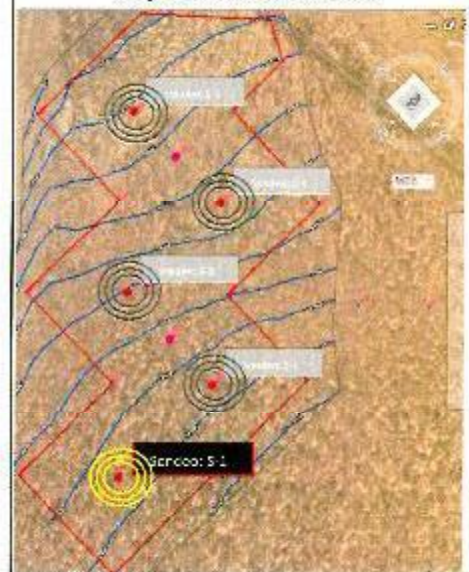
Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,92$$

$$\mu_c = 0,94$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio

Nelson E. Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Yunchani
Procedencia: Comunidad Camacoma, Municipio Yunchani, 2ª Terr. Inter Andes, Tarija (29°54'0" S; 75°13'0" S; Zona 20W) WGS-84
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Pradencia Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: S-1
Muestra: M-2
Material: Granuloso
Fecha: 15 feb 16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh	MUESTRA TOTAL SECA, Pst.
Suelo húmedo + cápsula, P1	102,40 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	95,90 gr.
Peso del agua, Pa = (P1-P2)	6,50 gr.
Peso de la cápsula, Pc	28,30 gr.
Peso del suelo seco, Ps = (P2-Pc)	67,60 gr.
Porcentaje de humedad	
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	9,62 %
	Muestra total húmeda Pht. 8656 gr.
	Ag. Grueso (Ret. N°10)=AG 6872 gr.
	Pasa N°10 húmedo, Mh 1784 gr.
	Pasa N°10 seco
	$Ms = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$ 1628 gr.
	Muestra total seca,
	$Pst = (AG + Ms) =$ 8500 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	0,0	0,0	0,00	63,50 mm	100,00	
2"	1468,0	1468,0	17,27	50,80 mm	82,73	
1 1/2"	849,0	2917,0	22,35	38,10 mm	77,45	
1"	1757,0	3674,0	43,23	25,00 mm	56,77	
3/4"	703,0	4375,0	51,47	19,00 mm	48,53	
3/8"	1166,0	5541,0	65,19	9,50 mm	34,81	
N#4	224,0	6265,0	73,71	4,80 mm	26,29	
N°10	607,0	6872,0	80,85	2,00 mm	19,15	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa N° 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa N°10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 456 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
N°40	98,7	98,7	21,64	78,36	0,42 mm	15,00	
N#200	85,6	184,3	40,40	59,60	0,075 mm	11,41	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara N°	116	127	4	124	Gravas: 73,71%
Suelo Húmedo + Tara	27,28	30,23	22,59	21,45	Arenas: 14,88%
Suelo Seco + Tara	28,40	27,21	21,00	20,22	Finos: 11,41%
Peso del Agua	2,88	3,07	1,59	1,23	
Peso de la Tara	15,64	17,45	15,40	15,89	
Peso Suelo Seco	8,76	9,76	5,60	4,33	
% de Humedad, %h	32,88	30,94	28,39	28,41	
Número de Golpes	15	25	28,40		
LIMITE LIQUIDO = LL =			30,50		
LIMITE PLASTICO = LP =			28,40		
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =			2,50		

CLASIFICACION:

S.U.C.S.

GP-GM

Grava mal graduada con fino

AASHTO

A-1-a

Ingeniería civil, gran y arena
(ver en Grupo 30)

OBSERVACIONES:

W_{líquido} = 3,62%
Profundidad = 3,0 mm
Cota = 3713,686 mm

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

Nelson Eduardo Pradencia Castellanos
S.I.B. INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.803
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Salar Yunchara
Procedencia: Comunidad Cecechana, Municipio Yunchara, 2ª Sect. Prov. Tarija, Tarija (2002) 4011 / 20020011 / 20020011 / 20020011 / 20020011
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Bienvenido Recursos Naturales SL

Sondeo: S-1
Muestra N°: M-4
Fecha: 15 feb 16

Datos Standardizados del Equipo		Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	Rechazo (> 50 golpes)
Peso del Martillo	63,5 kg		
Altura de caída	76,2 cm		

Sondeo N° Muestra N°	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-1 M-4	4,00	Rechazo (> 50 golpes)	4,13 Kg/cm2	56.758,43 KN/m3	GP-GM A-1-a

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 * N. de Golpes}{23 + 0,716 * N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 85,03$$

Angulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 42,50$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 * \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 43,13$$

(Kulhawy and Chen 2001)

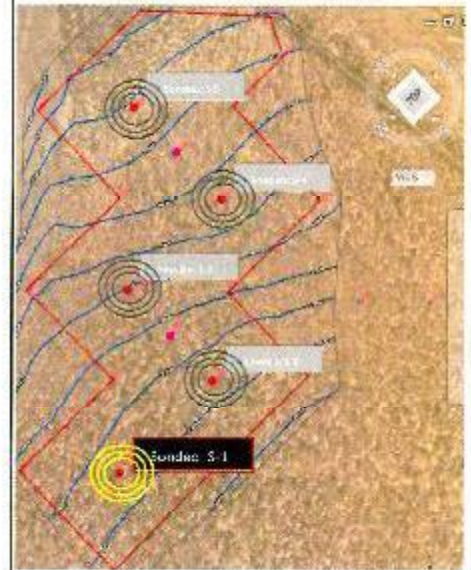
Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,92$$

$$\mu_c = 0,94$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

SONDEO 2

RESUMEN SONDEOS GEOTÉCNICOS

Proyecto: Planta Solar Yunchará
Ubicación: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchará, 2ª Secc. Prov. Avilez, Tarija
Jefe de Lab.: Ing. Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
Técnico de Lab.: Tec. Israel Tapia Álvarez

Solicitante: Barrioventa Recursos Naturales SL
Sondeo: 5.2 **Fecha:** 15-feb-16
Coords: 282702 E, 7583482 S; Zona 20K; WGS 84
Cota Inicio: 3722,598 m.s.n.m.

Prof. (m)	Perfil del Suelo	W _{natural} [%]	Granulometría			Límites de Atterberg			Clasificación Unificada		Prof. (m)	Penetración Nominal					
			Gravas	Arenas	Finos	L.L.	L.P.	I.P.	Símb.	Descripción		No. de Golpes	Fatiga Adm. (Kg/cm ²)				
0.0											0.0						
0.1											0.1						
0.2											0.2						
0.3											0.3						
0.4											0.4						
0.5											0.5						
0.6											0.6						
0.7											0.7						
0.8											0.8						
0.9											0.9						
1.0											1.0						
1.1											1.1						
1.2											1.2						
1.3											1.3						
1.4											1.4						
1.5											1.5						
1.6											1.6						
1.7											1.7						
1.8											1.8						
1.9											1.9						
2.0											2.0						
2.1											2.1						
2.2											2.2						
2.3											2.3						
2.4											2.4						
2.5											2.5						
2.6											2.6						
2.7											2.7						
2.8											2.8						
2.9											2.9						
3.0											3.0						
3.1											3.1						
3.2											3.2						
3.3											3.3						
3.4											3.4						
3.5											3.5						
3.6											3.6						
3.7											3.7						
3.8											3.8						
3.9											3.9						
4.0											4.0						



Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL Nelson E. Prudencio Castellanos
 R.D.N. 22.603
 Jefe de Laboratorio

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
 TARIJA - BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Proyecto Puente Solar Yunchara
Procedencia: Contratación Capacitación, Municipio Yunchara, 2º Secc. P.O. Andes, Tarija (282702 E; 7582481 S; Zona 20K; WGS 84)
Laboratorio: Israel Topia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudente Castellanos
Solicitante: Biodigenta Recursos Naturales S.L.

Sondeo: S-2
Muestra: M-0
Material: Granular
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh	MUESTRA TOTAL SECA, Pst.
Suelo húmedo + cápsula, P1	100,00 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	98,50 gr.
Peso del agua, Pa = (P1-P2)	1,50 gr.
Peso de la cápsula, Pc	28,24 gr.
Peso del suelo seco, Ps = (P2 - Pc)	70,25 gr.
Porcentaje de humedad	
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	2,13 %
Muestra total húmeda (Pht)	5785 gr.
Ag. Grueso (Rel. Nº10) - AG	1788 gr.
Pasa Nº10 húmeda, Mh	3997,00 gr.
Pasa Nº10 seco	
$Ms = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$	3913 gr.
Muestra total seca, Pst = (AG + Ms)	5701 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	75,20 mm	100,00	
2 1/2"	0,0	0,0	0,00	63,50 mm	100,00	
2"	115,0	115,0	2,02	50,80 mm	97,98	
1 1/2"	502,0	617,0	10,82	38,10 mm	89,18	
1"	125,0	742,0	13,01	25,00 mm	86,99	
3/4"	100,0	842,0	14,77	19,00 mm	85,23	
3/8"	138,0	980,0	17,19	9,50 mm	82,81	
Nº4	400,0	1380,0	24,20	4,80 mm	75,60	
Nº10	408,0	1788,0	31,36	2,00 mm	68,64	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa Nº 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa Nº10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 490 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
Nº40	206,0	206,0	42,08	57,92	0,42 mm	39,76	
Nº200	125,3	331,3	67,67	32,33	0,075 mm	22,19	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara Nº	123	114	44	139		Gravas: 24,20%
Suelo Húmedo + Tara	33,75	37,07	23,00	21,96		Arenas: 53,61%
Suelo seco + Tara	30,28	33,73	22,10	21,08		Finos: 22,19%
Peso del Agua	3,47	3,34	0,90	0,88		
Peso de la Tara	15,11	15,15	16,27	15,23		
Peso Suelo Seco	15,17	18,58	5,83	5,85		
% de Humedad, %H	22,87	17,98	15,44	15,04		
Número de Golpes	6	56		15,24		
LIMITE LIQUIDO = LL =				19,69		
LIMITE PLASTICO = LP =				15,24		
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =				4,45		

OBSERVACIONES:

Wnatral: 2,13%
 Profundidad: 0,2 m.
 Cota: 9722,298 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
 TARIJA - BOLIVIA

S.I.B.
 INGENIERO CIVIL
 R.N.I. 22.603
 SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Placacani
Procedencia: Comunidad Capachero, Municipio Incahuasi, 2ª Secc. Pucallpa, Tarja (283762 E, 7583482 S, Zona 20K, WGS-84)
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Horizonte Recursos Naturales S.L.

Sondeo: S-2
Muestra: S-2
Material: Granular
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh		MUESTRA TOTAL SECA, Pst.	
Suelo húmedo + cápsula, P1	87,70 gr.	Muestra total húmeda (Pht)	10745 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	83,30 gr.	Ag. Grueso (Ret. Nº10)=AG	5900 gr.
Peso del agua, Fa=(P1-P2)	4,40 gr.	Pasa Nº10 húmedo, Mh	4845 gr.
Peso de la cápsula, Pc	29,20 gr.	Pasa Nº10 seco	
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	54,10 gr.	Mh = $\frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$	4481 gr.
Porcentaje de humedad		Muestra total seca,	
	$\%Hh = \frac{Fa \times 100}{Ps}$	Pst = (AG + Ms) =	10381 gr.
	8,13 %		

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	1201,0	1201,0	11,57	76,20 mm	88,43	
2 1/2"	684,0	1885,0	18,16	63,50 mm	81,84	
2"	304,0	2189,0	21,09	50,80 mm	78,91	
1 1/2"	429,0	2668,0	25,70	38,10 mm	74,30	
1"	949,0	3617,0	34,84	25,00 mm	65,16	
3/4"	204,0	3821,0	35,81	19,00 mm	63,19	
3/8"	535,0	4356,0	41,96	9,50 mm	58,04	
Nº4	565,0	4921,0	47,41	4,80 mm	52,59	
Nº10	979,0	5900,0	56,84	2,00 mm	43,16	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa Nº 10 húmedo, Sh. 900,0 gr. Pasa Nº10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 462 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
Nº40	77,4	77,4	16,74	83,26	0,42 mm	15,94	
Nº200	155,3	232,7	50,33	49,67	0,075 mm	21,41	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara Nº						Gravas 47,41%
Suelo Húmedo + Tara						Arenas: 31,15%
Suelo Seco + Tara						Finos: 21,44%
Peso del Agua	0,00	0,00	0,00	0,00		
Peso de la Tara						
Peso Suelo Seco	0,00	0,00	0,00	0,00		
% de Humedad, %H	#(DIV/0)	#(DIV/0)	#(DIV/0)	#(DIV/0)		
Número de Golpes				#(DIV/0)		
LÍMITE LIQUIDO = LL =				#(DIV/0)		
LÍMITE PLASTICO = LP =				#(DIV/0)		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =				#(DIV/0)		

No Plástico

OBSERVACIONES:

Wnatral= 8,13%
Profundidad= 1,0 m
Cota= 3221,558 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

Nelson E. Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
F.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Solar Yunchero

Procedencia: Comandancia Copacabana, Municipio Puncuná, 24 km. Prov. Azuay, Tarija (282762 E, 7583482 S, Zona XX, WGS-84)

Laboratorista: Israel Tapia

Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos

Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: S-2

Muestra Nº: M-2

Fecha: 15 feb. 16

Datos Standardizados del Equipo			Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	Rechazo (> 50 golpes)	
Peso del Martillo	63,5 kg			
Altura de caída	76,2 cm			

Sondeo Nº Muestra Nº	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-2 M-1	1,00	Rechazo (> 50 golpes)	4,13 Kg/cm ²	56.758,43 KN/m ³	GM A-1-b

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 * N. de Golpes}{23 + 0,716 * N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 85,03$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 42,50$$

$$\phi' = 27,5^\circ - 9,2 * \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 43,13$$

(Kulhavy and Chen 2007)

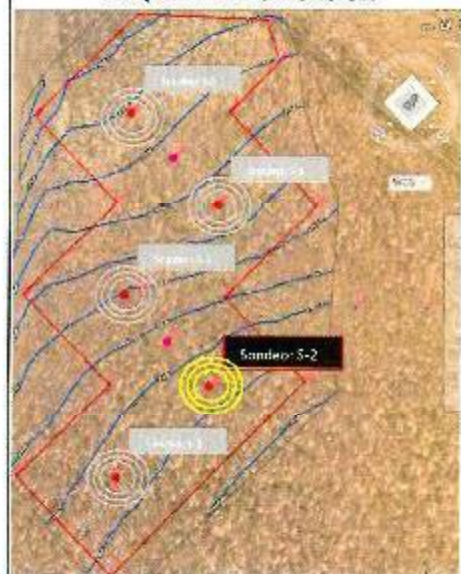
Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,92$$

$$\mu_c = 0,94$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio
Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
SIB INGENIERO CIVIL
P.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA





ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Yunchard
Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Yunchard, 2º Sec. Prov. Azules, Tarija (281/92 a, 1543492 S, Zona 29K, W93-84)
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson C. Prudencio Castellanos
Solicitante: Herbolento Recursos Naturales S.L.

Sondeo: S-2
Muestra: M-2
Material: Granular
Fecha: 15 feb 16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh	MUESTRA TOTAL SFCA, Pst.
Suelo húmedo + cápsula, P1	86,80 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	79,10 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	7,70 gr.
Peso de la cápsula, Pc	29,90 gr.
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	49,60 gr.
Porcentaje de humedad	
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	15,52 %
	Muestra total húmeda Pht. 9507 gr.
	Ag. Grueso (Ret. N°10)=AG 7076 gr.
	Pasa N°10 húmedo, Mh 2431 gr.
	Pasa N°10 seco
	$Mh = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$ 2104 gr.
	Muestra total seca, Pst= (AG + Ms)= 9180 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	Peso Retenido Acumulado (%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	462,0	462,0	5,03	63,50 mm	94,97	
2"	327,0	789,0	8,59	50,80 mm	91,41	
1 1/2"	1059,0	1848,0	20,13	38,10 mm	79,87	
1"	1011,0	2859,0	31,14	25,00 mm	68,86	
3/4"	895,0	3754,0	40,89	19,00 mm	59,11	
3/8"	1418,0	5172,0	56,34	9,50 mm	43,66	
Nº4	983,0	6155,0	67,05	4,80 mm	32,95	
Nº10	921,0	7076,0	77,08	2,00 mm	22,92	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa Nº 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa Nº10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 433 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	Peso Retenido Acumulado (%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
Nº40	83,5	83,5	19,29	80,71	0,425 mm	18,50	
Nº200	85,4	168,9	39,02	60,98	0,075 mm	13,98	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara Nº	5	1	15	16	
Suelo Húmedo + Tara	24,96	26,21	20,92	21,09	
Suelo Seco + Tara	22,00	23,07	19,57	19,88	
Peso del Agua	2,96	3,14	1,35	1,21	
Peso de la Tara	15,20	15,36	15,21	15,23	
Peso Suelo Seco	6,80	7,71	4,36	4,15	
% de Humedad, %h	43,53	40,73	30,96	29,16	
Número de Golpes	12	25	30,06		
LIMITE LIQUIDO = LL =			40,24		
LIMITE PLASTICO = LP =			30,06		
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =			10,18		

CLASIFICACION:

S.U.C.S.

GM

Grava fina con arena

AASHTO

A 2 4

Grava gruesa con arena o limo

Indice de Grupo (I)

OBSERVACIONES:

Wnatral= 15,52%
Profundidad= 2,8 m.
Cota= 3720,599 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Solar Yunchurá

Procedencia: Comunidad Capacabani, Municipio Yunchurá, 2º Sect: Prov./Aires - Uyuni/282/02 L: 7583482 S, Zona 206, 1403-9-0

Laboratorista: Israel Tapia

Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos

Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: S-2

Muestra N°: M-2

Fecha: 15-feb-16

Datos Standardizados del Equipo		Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	Rechazo (> 50 golpes)
Peso del Martillo	63,5 kg		
Altura de caída	75,2 cm		

Sondeo N° Muestra N°	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-2 M-2	2,00	Rechazo (> 50 golpes)	4,13 Kg/cm ²	56.758,43 KN/m ³	GM A-2-4

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 * N. de Golpes}{23 + 0,716 * N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 85,03$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12} \quad \phi' = 47,50$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 * \log[N. de Golpes] \quad \phi' = 43,13$$

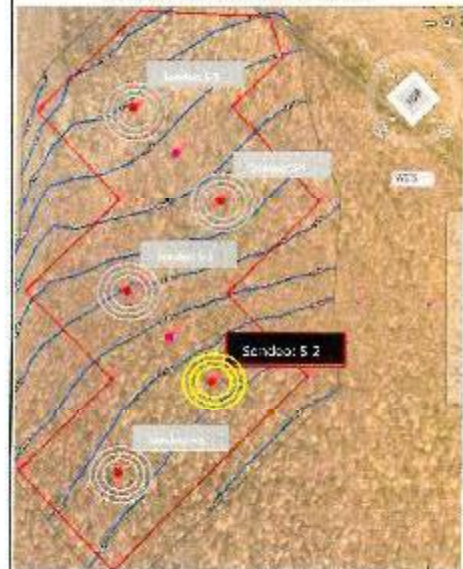
(Kulhavy and Chen 2007)

Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi' \quad \mu_c = 0,92$$

$$\mu_c = 0,94$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
F.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Yunchani
Procedencia: Comunidad Capacchara, Municipio Yunchani, 2ª Secc. Pinar Andina, Tarija (28760 E, 7583463 S, Zona 20K, WGS 84)
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Biovento Recursos Naturales SL

Sondeo: 5-2
Muestra: M-3
Material: Granular
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh	MUESTRA TOTAL SECA, Pst.
Suelo húmedo + cápsula, P1	76,20 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	69,60 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	6,60 gr.
Peso de la cápsula, Pc	27,90 gr.
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	41,70 gr.
Porcentaje de humedad	
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	15,81 %
	Muestra total húmeda Pht. 8200 gr.
	Ag. Grueso (Ret. N°10)-AG 5910 gr.
	Pasa N°10 húmedo, Mh. 2280 gr.
	Pasa N°10 seco
	$Ms = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$ 1968 gr.
	Muestra total seca.
	Pst= [AG + Ms]= 7888 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	Peso Retenido Acumulado (%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	0,0	0,0	0,00	63,50 mm	100,00	
2"	203,0	203,0	2,57	50,80 mm	97,43	
1 1/2"	1069,0	1272,0	16,12	38,10 mm	83,88	
1"	942,0	2214,0	28,07	25,00 mm	71,93	
3/4"	973,0	3187,0	40,40	19,00 mm	59,60	
3/8"	1094,0	4281,0	54,27	9,50 mm	45,73	
N°4	832,0	5113,0	64,82	4,80 mm	35,18	
N°10	807,0	5920,0	75,05	2,00 mm	24,95	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa N° 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa N°10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 432 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	Peso Retenido Acumulado (%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
N°40	66,3	66,3	15,36	84,64	0,42 mm	21,12	
N°200	98,9	165,2	38,27	61,73	0,075 mm	25,40	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara N°	207	9	211	215	Gravas 64,82%
Suelo húmedo + Tara	27,93	25,78	25,08	23,21	Arenas: 19,78%
Suelo Seco + Tara	24,38	22,82	21,18	21,29	Finos: 15,40%
Peso del Agua	3,55	2,96	3,90	3,92	
Peso de la Tara	15,71	15,34	15,35	15,24	
Peso Suelo Seco	8,67	7,48	5,83	6,05	
% de Humedad, %H	40,95	39,57	32,59	31,74	
Numero de Golpes	19	28	32,16		
LIMITE LIQUIDO = LL =			39,86		
LIMITE PLASTICO = LP =			32,16		
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =			7,70		

OBSERVACIONES:

Wnatra = 15,81%
Profundidad = 3,0 m.
Cota = 3719,588 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

CLASIFICACION:

S.U.C.S.

GM

Grava y arena arcillosa o limosa

AASHTO

A-2-4

Grava y arena arcillosa o limosa (Índice de Grupo 10)

Nelson E. Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Solar Yunchardí

Procedencia: Comunidad Guaracabana, Municipio Yunchardí, 2ª Secc. Píez Arboles, Tarija 082700 E, 7583482 S, Zona 23K, 1935-841

Laboratorista: Israel Tapiá

Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos

Solicitante: Barlovento Recursos Naturales S.L.

Sondeo: S-2

Muestra Nº: M-3

Fecha: 15-feb-26

Datos Standardizados del Equipo			Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	Rechazo (> 50 golpes)	
Peso del Martillo	63,5 kg			
Altura de caída	76,2 cm			

Sondeo Nº Muestra Nº	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-2 M-3	3,00	Rechazo (> 50 golpes)	4,13 Kg/cm2	56.758,43 KN/m3	GM A-2-4

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 * N. de Golpes}{23 + 0,716 * N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 85,03$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 42,50$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 * \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 43,13$$

(Kulhawy and Chen 2007)

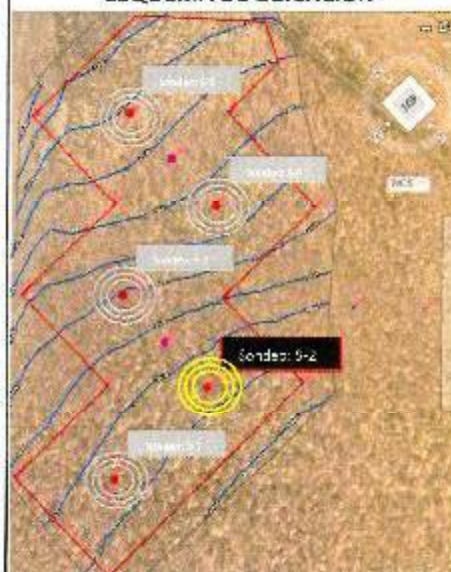
Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,92$$

$$\mu_c = 0,94$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
F.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Yunchani
Procedencia: Comunidad Capacabana, Municipio Yunchani, 24 Sra. Peru Añor, Tarija 282762 E, 7583482 S, Zona 20K, WGS-84
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Corfovento Recursos Naturales SL

Sondeo: 5-2
Muestra: M-4
Material: Granular
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh		MUESTRA TOTAL SECA, Pst.	
Suelo húmedo + cápsula, P1	109,20 gr.	Muestra total húmeda Pht.	10730 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	98,70 gr.	Ag. Grueso (Ret. N°10)-AG	8554 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	10,50 gr.	Pasa N°10 húmeda, Mh.	2176 gr.
Peso de la cápsula, Pc	27,70 gr.	Pasa N°10 seco	
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	71,00 gr.		
Porcentaje de humedad			
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$		$Mh = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$	
14,79 %		1896 gr.	
		Muestra total seca, Pst= (AG + Ms)=	
		10450 gr.	

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pesa del Total	Especificaciones
3"	1341,0	1341,0	12,83	76,20 mm	8,17	
2 1/2"	813,0	2154,0	20,61	63,50 mm	79,39	
2"	673,0	2827,0	27,05	50,80 mm	77,95	
1 1/2"	850,0	3677,0	35,19	38,10 mm	64,81	
1"	1262,0	4939,0	47,26	25,00 mm	52,74	
3/4"	591,0	5530,0	52,92	19,00 mm	47,08	
3/8"	1271,0	6801,0	65,08	9,50 mm	34,92	
N°4	864,0	7665,0	73,35	4,80 mm	26,65	
N°10	889,0	8554,0	81,86	2,00 mm	18,14	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa N° 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa N°10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 436 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
N°40	77,9	77,9	17,88	82,12	0,42 mm	14,90	
N°200	116,1	194,0	44,54	55,46	0,075 mm	10,06	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara N°	13	9	2	126	CLASIFICACION: S.U.C.S. GP-GM Grava mal graduada con limo y arcilla a floja AASHTO A-2-7 Material granular para base y subbase (Índice de Grupos)
Suelo Húmedo + Tara	23,66	24,25	21,26	21,56	
Suelo Seco + Tara	21,00	21,61	19,88	20,09	
Peso del Agua	2,66	2,61	1,38	1,47	
Peso de la Tara	15,19	15,38	15,47	15,65	
Peso Suelo Seco	5,81	6,23	4,41	4,44	SUB INGENIERO CIVIL R.N.I. 22.603 SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA
% de Humedad, %H	46,13	42,38	31,29	33,11	
Número de Golpes	16	25	32,20		
LIMITE LIQUIDO = LL =				43,00	CONSULTORA UNION S.R.L. CONSUNION S.R.L. TARIJA - BOLIVIA
LIMITE PLASTICO = LP =				32,70	
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =				10,80	

OBSERVACIONES:

Wnatral= 84,79%
Profundidad= 6,0 m.
Cota= 3728,599 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Solar Puncaró

Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Puncaró, 2ª Secc. Prov. Andes, Tarija 282762 E; 7583482 S, Zona 206, 1403 94

Laboratorista: Israel Tapia

Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos

Solicitante: Barlovento Recursos Naturales S.L.

Sondeo: S-2

Muestra N°: M-4

Fecha: 15-feb-16

Datos Standardizados del Equipo			Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	Rechazo (> 50 golpes)	
Peso del Martillo	63,5 kg			
Altura de caída	76,2 cm			

Sondeo N° Muestra N°	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-2 M-4	4,00	Rechazo (> 50 golpes)	4,13 Kg/cm2	56.758,43 KN/m3	GP-GM A-2-7

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 \cdot N. de Golpes}{23 + 0,716 \cdot N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 85,03$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 42,50$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 \cdot \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 43,13$$

(Kulhavy and Chen 2007)

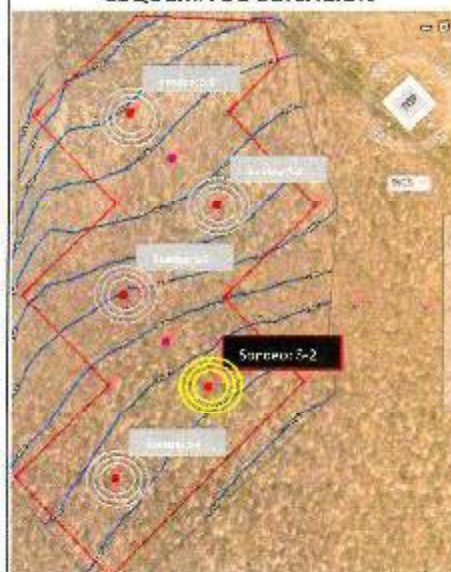
Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,92$$

$$\mu_c = 0,94$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

SONDEO 3

RESUMEN SONDEOS GEOTÉCNICOS

Proyecto: Planta Solar Yunchará
Ubicación: Comunidad Cupacubana, Municipio Yunchará, 2ª. Secc. Prov. Arellano, Tarija
Jefe de Lab.: Ing. Nelson Eduardo Prudencia Castellanos
Técnico de Lab.: Tec. Israel Tapia Álvarez

Solicitante: Barlovento Recursos Naturales S.L.
Sondeo: S-3 **Fecha:** 15-feb-16
Coords: 282705 E, 7583637 S; Zona 20K; WGS-84
Cota Inicio: 3720,099 m.s.n.m.

Prof. (m)	Perfil del Suelo	W _{natural} (%)	Granulometría			Límites de Atterberg			Clasificación Unificada		Prof. (m)	Penetración Nominal						
			Gravas	Arenas	Finos	L.L.	L.P.	I.P.	Sigla	Descripción		No. de Golpes	Fatiga Adm. (Kg/cm ²)					
													0	1	2	3	4	5
0.0	Muestreo (S-MB)	5.34	45.08	34.94	19.98	20.65	17.48	3.17	GM	Grava limosa con arena	0.0							
0.1											0.1							
0.2											0.2							
0.3											0.3							
0.4											0.4							
0.5											0.5							
0.6											0.6							
0.7											0.7							
0.8	SPT (S-MB)	15.16	54.20	17.32	19.47	37.62	33.67	5.95	GM	Grava limosa con arena	0.8							
0.9											0.9							
1.0											1.0							
1.1											1.1							
1.2											1.2							
1.3											1.3							
1.4											1.4							
1.5											1.5							
1.6											1.6							
1.7											1.7							
1.8	SPT (S-MB)	15.63	55.13	25.35	20.48	32.79	24.00	8.77	GM	Grava limosa con arena	1.8							
1.9											1.9							
2.0											2.0							
2.1											2.1							
2.2											2.2							
2.3											2.3							
2.4											2.4							
2.5											2.5							
2.6											2.6							
2.7											2.7							
2.8											2.8							
2.9											2.9							
3.0	SPT (S-MB)	5.77	0.00	34.40	65.58	36.71	22.20	4.40	ML	Limo arenoso de baja plasticidad	3.0							
3.1											3.1							
3.2											3.2							
3.3											3.3							
3.4											3.4							
3.5											3.5							
3.6											3.6							
3.7											3.7							
3.8											3.8							
3.9											3.9							
4.0											4.0							
4.1											4.1							
4.2											4.2							
4.3											4.3							
4.4											4.4							
4.5											4.5							
4.6											4.6							
4.7											4.7							
4.8											4.8							
4.9											4.9							
5.0											5.0							
5.1											5.1							
5.2											5.2							
5.3											5.3							
5.4											5.4							
5.5											5.5							
5.6											5.6							
5.7											5.7							
5.8											5.8							
5.9											5.9							
6.0											6.0							
6.1											6.1							
6.2											6.2							
6.3											6.3							
6.4											6.4							
6.5											6.5							
6.6											6.6							
6.7											6.7							
6.8											6.8							
6.9											6.9							
7.0											7.0							
7.1											7.1							
7.2											7.2							
7.3											7.3							
7.4											7.4							
7.5											7.5							
7.6											7.6							
7.7											7.7							
7.8											7.8							
7.9											7.9							
8.0											8.0							
8.1											8.1							
8.2											8.2							
8.3											8.3							
8.4											8.4							
8.5											8.5							
8.6											8.6							
8.7											8.7							
8.8											8.8							
8.9											8.9							
9.0											9.0							
9.1											9.1							
9.2											9.2							
9.3											9.3							
9.4											9.4							
9.5											9.5							
9.6											9.6							
9.7											9.7							
9.8											9.8							
9.9											9.9							
10.0											10.0							
10.1											10.1							
10.2											10.2							
10.3											10.3							
10.4											10.4							
10.5											10.5							
10.6											10.6							
10.7											10.7							
10.8											10.8							
10.9											10.9							
11.0											11.0							
11.1											11.1							
11.2											11.2							
11.3											11.3							
11.4											11.4							
11.5											11.5							
11.6											11.6							
11.7											11.7							
11.8											11.8							
11.9																		



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Proyecto Planta Solar Yunchará
Procedencia: Comunalidad Capacabana, Municip. Yunchará, 2º Secc. Pura Avelar, Tarija (282705 E) / 2183637 S; Zona 200; 1993-95
Laboratorista: Israel Lopez
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudente Castellanos
Solicitante: Bioventura Recursos Naturales S.L.

Sondeo: 5.3
Muestra: M-0
Material: Granular
Fecha: 15 feb 16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh	MUESTRA TOTAL SECA, Pst.
Suelo húmedo + cápsula, P1	Muestra total húmeda (Pst. + P1) = 7935 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	Ag. Grueso (Ret. Nº10) = AG = 3675 gr.
Peso del agua, Pa = (P1 - P2)	Pasa Nº10 húmeda, Mh = 4260,00 gr.
Peso de la cápsula, Pc	Pasa Nº10 seco
Peso del suelo seco, Ps = (P2 - Pc)	$Ms = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh} = 4122 \text{ gr.}$
Porcentaje de humedad	Muestra total seca, Pst = (AG + Ms) = 7797 gr.
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps} = 3,34 \%$	

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	865,0	865,0	11,09	63,50 mm	88,91	
2"	1130,0	1995,0	25,59	50,80 mm	74,41	
1 1/2"	585,0	2580,0	33,08	38,10 mm	66,91	
1"	140,0	2720,0	34,88	25,00 mm	65,12	
3/4"	115,0	2835,0	36,36	19,00 mm	63,64	
3/8"	480,0	3315,0	42,52	9,50 mm	57,48	
Nº4	200,0	3515,0	45,08	4,80 mm	54,92	
Nº10	160,0	3675,0	47,13	2,00 mm	52,87	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa Nº 10 húmedo, Sh. = 500,0 gr. Pasa Nº10 seco Ss. = $\frac{Sh \times 100}{100 + \%RM} = 484 \text{ gr.}$

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
Nº40	180,5	180,5	37,31	62,69	0,42 mm	33,14	
Nº200	120,5	301,0	62,21	37,79	0,075 mm	19,98	
Banco							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara Nº	208	207	208	115	Gravas: 45,08%
Suelo Húmedo + Tara	39,70	41,38	24,71	25,15	Arenas: 34,94%
Suelo Seco + Tara	35,21	36,92	23,35	23,70	Finos: 19,98%
Peso del Agua	4,49	4,46	1,36	1,45	CLASIFICACION: S.U.C.S. GM <small>Grava y arena</small> AASHTO A-1-b <small>Fragmentos de roca, grava y arena (Fracción de Grupos 10)</small>
Peso de la Tara	15,27	15,63	15,63	15,34	
Peso Suelo Seco	19,94	21,29	7,72	8,36	
% de Humedad, %h	22,52	20,95	17,62	17,34	
Número de Golpes	10	27	27,48		
LIMITE LIQUIDO = LL =					20,65
LIMITE PLASTICO = LP =					17,48
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =					3,17

OBSERVACIONES:

Wnatral: 3,34%
 Profundidad: 0,2 m.
 Cota: 1719,899 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
 TARIJA - BOLIVIA

[Firma]
 Mision Educativa Provisoria Capacitación
INGENIERO CIVIL
 F.N.I. 22.503
 SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Yunchani
Procedencia: Comunidad Capacawana, Municipio Yunchani, 24 Seco, Prov. Arellano, Tarija 282700 E; 7593687 S; Zona 20N; 7765-94
Laboratorista: Israel Tacio
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencio Castellano
Solicitante: Darlovento Recursos Naturales S.L.

Sondeo: S-3
Muestra: M-2
Material: Granular
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh	MUESTRA TOTAL SECA, Pst.
Suelo húmedo + cápsula, P1	Muestra total húmeda Pst. 7105 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	Ag. Grueso (Ret. N°10) - AG 5127 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	Pasa N°10 húmedo, Mh 1978 gr.
Peso de la cápsula, Pc	Pasa N°10 seco
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	$M_s = \frac{M_h \times 100}{100 + \%Hh}$ 1748 gr.
Porcentaje de humedad	Muestra total seca, Pst= (AG + Ms)= 6875 gr.
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	
	13.16 %

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0.0	0.0	0.00	76.20 mm	100.00	
2 1/2"	517.0	517.0	7.52	63.50 mm	92.48	
2"	763.0	1280.0	18.62	50.80 mm	81.38	
1 1/2"	1078.0	2358.0	34.30	38.10 mm	65.70	
1"	614.0	2972.0	43.23	25.00 mm	55.77	
3/4"	141.0	3113.0	45.28	19.00 mm	54.72	
3/8"	617.0	3730.0	54.25	9.50 mm	45.75	
Nº40	684.0	4414.0	64.20	4.75 mm	35.80	
Nº10	713.0	5127.0	74.57	2.00 mm	25.43	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa Nº 10 húmedo, Sh. 500.0 gr. Pasa Nº10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 442 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
Nº40	34.2	34.2	7.74	92.26	0.42 mm	23.46	
Nº200	86.7	120.9	27.36	72.64	0.075 mm	18.17	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara Nº	13	9	2	126	Gravas 64,20%
Suelo Húmedo + Tara	24,38	25,24	21,67	21,69	Arenas: 17,33%
Suelo Seco + Tara	21,77	22,52	20,15	20,22	Finos: 18,47%
Peso del Agua	2,61	2,72	1,52	1,41	CLASIFICACIÓN: S.U.C.S. GM <small>Gravillas y arena</small> AASHTO A-1-b <small>Procedimiento de retención de arena y arena</small> <small>Índice de Grupo (I)</small>
Peso de la Tara	15,19	15,38	15,47	15,65	
Peso Suelo Seco	6,58	7,14	4,68	4,57	
% de Humedad, %h	39,67	38,10	32,48	30,85	
Número de Golpes	13	28	31,67		
LIMITE LIQUIDO = LL =					37,62
LIMITE PLASTICO = LP =					31,67
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =					5,96

OBSERVACIONES:

Wnatural= 83.96%
Profundidad= 1.0 m.
Cota= 9735.099 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

Nelson E. Prudencio Castellano
S.I.B.
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.803
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Solar Yunchurá

Procedencia: Comandancia Copacabana, Mariscal Yunchurá, 2ª Secc. Prov. Andes, Tarija (282705 E, 7525637 S, Zona 20C, WGS 84)

Laboratorista: Israel Tapia

Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos

Solicitante: Barloworld Recursos Naturales S.L.

Sondeo: S-3

Muestra N°: M-1

Fecha: 25-feb-16

Datos Standardizados del Equipo			Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	46	
Peso del Martillo	63,5 kg			
Altura de caída	76,2 cm			

Sondeo N° Muestra N°	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-3 M-1	1,00	46	3,76 Kg/cm2	51.701,77 KN/m3	GM A-1-b

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 \times N. de Golpes}{23 + 0,716 \times N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 82,24$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 41,04$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 \times \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 42,80$$

(Kulhavy and Chen 2007)

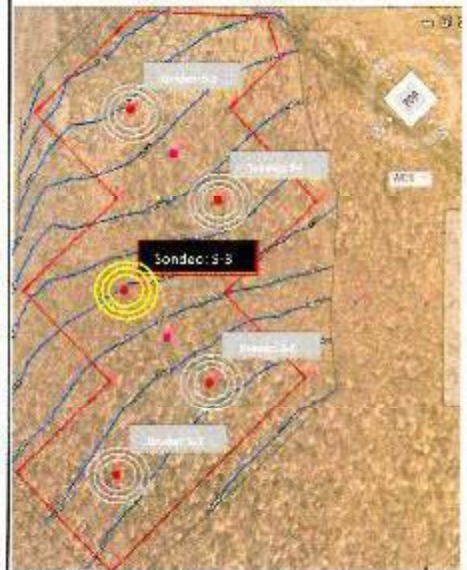
Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,87$$

$$\mu_c = 0,93$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
N.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: *Puerto Santa Vanchard*
Procedencia: *Comunidad Capocabaca, Municipio Vanchard, 2º Sect. Prov. Zulia, Largo 282765 L; 17878 17 S, Zona 205; 4665-84*
Laboratorista: *Israel Iopis*
Jefe de Lab.: *Ing. Nelson L. Prudencia Costellares*
Solicitante: *Borlomento Recursos Naturales SA.*

Sondeo: 5-3
Muestra: M 2
Material: Granular
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh		MUESTRA TOTAL SECA, Pst.	
Suelo húmedo + cápsula, P1	84,10 gr.	Muestra total húmeda Pht.	6577 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	77,70 gr.	Ag. Grueso (Ret. N°10)=AG	408,3 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	6,40 gr.	Pasa N°10 húmedo, Mh	2492 gr.
Peso de la cápsula, Pc	27,80 gr.	Pasa N°10 seco	
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	49,90 gr.	$M_s = \frac{M_h \times 100}{100 - \%Hh}$	2209 gr.
Porcentaje de humedad		Muestra total seca,	
$\% Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	12.83 %	Pst= [AG + Ms]=	6294 gr.

ANÁLISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
		(gr)	(%)			
3"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
21/2"	0,0	0,0	0,00	63,50 mm	100,00	
2"	506,0	506,0	8,01	50,80 mm	91,96	
1 1/2"	620,0	1126,0	17,89	38,10 mm	82,11	
1"	280,0	1406,0	22,34	25,00 mm	77,66	
3/4"	343,0	1749,0	27,79	19,00 mm	72,21	
3/8"	794,0	2543,0	40,41	9,50 mm	59,59	
Nº4	801,0	3344,0	53,13	4,80 mm	46,87	
Nº10	743,0	4085,0	64,91	2,00 mm	35,09	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa Nº 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa Nº10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%H_2O}$ 443 gr.

ANÁLISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado		% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
		(gr)	(%)				
Nº40	118,7	118,7	26,78	73,22	0,42 mm	25,69	
Nº200	65,8	184,5	41,63	58,37	0,075 mm	20,48	
Base:							


DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara Nº	207	9	211	215	Gravas: 53,13%
Suelo Húmedo + Tara	26,00	26,20	20,79	21,25	Arenas: 26,38%
Suelo Seco + Tara	23,30	23,48	19,77	20,05	Finos: 20,48%
Peso del Agua	2,70	2,72	1,02	1,20	CLASIFICACION: <u>S.U.C.S.</u> GM Graveros y arenas limpias <u>AASHTO</u> A-2-4 <small>Graveros y arenas limpias Indurados - Grupo III</small>
Peso de la Tara	15,71	15,34	15,95	15,24	
Peso Suelo Seco	7,99	8,74	4,47	4,81	
% de Humedad, %h	35,57	33,42	23,08	24,95	
Número de Golpes	11	25	24,01		
LÍMITE LIQUIDO = LL =					32,79
LÍMITE PLÁSTICO = LP =					24,01
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =					8,77

OBSERVACIONES

Whatral	12,83%
Profundidad	7,0 m.
Cota	3718,000 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA


 Nelson Roberto Prudeney Castellano
 INGENIERO CIVIL
 R.N.I. 22.603
 SOCIEDAD DE INGENIEROS DE B.O.U.



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: *Planta Solar Yancúzará*
Procedencia: *Comunidad Copacabana, (Municipio Yancúzará, 29 Suro, Prov. Azuay, Tarija) (282795 E, 7583637 S; Zona 20K, WGS-84)*
Laboratorista: *Israel Tapia*
Jefe de Laboratorio: *Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos*
Solicitante: *Barkaserra Recursos Naturales SL*

Sondeo: *S-3*
Muestra N°: *M-2*
Fecha: *25-feb-15*

Datos Standardizados del Equipo		Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	35
Peso del Martillo	63,5 kg		
Altura de caída	76,2 cm		

Sondeo N° Muestra N°	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-3 M-2	2,00	35	3,38 Kg/cm ²	46.438,72 KN/m ³	GM A-2-4

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 \times N. de Golpes}{23 + 0,716 \times N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 72,83$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 36,49$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 \times \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 41,71$$

(Kulhawy and Chen 2007)

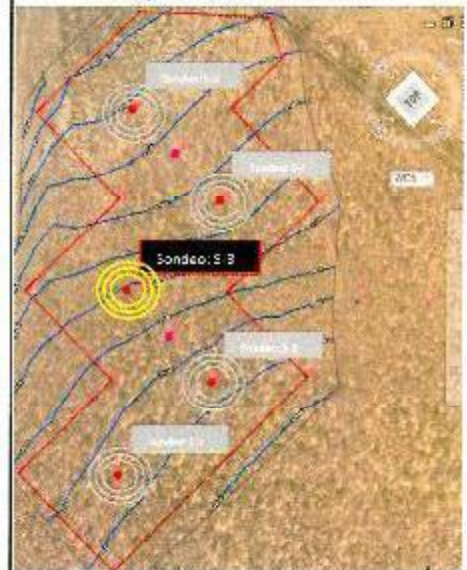
Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,74$$

$$\mu_c = 0,89$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Yunchard
Procedencia: Comunidad Cercabana, Municipio Yunchard, 2ª Sect. Prov. Antez, Tarija/282/00 E/ 758937 S/ Zona 208/ 1965 241
Laboratorista: Israel Topis
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencia Castellanos
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales S.L.

Sondeo: 5-3
Muestra: M-3
Material: Fino
Fecha: 15-feb-15

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh		MUESTRA TOTAL SECA, Pst.	
Suelo húmedo + cápsula, P1	142,10 gr.	Muestra total húmeda Pst.	gr.
Suelo seco + cápsula, P2	138,00 gr.	Ag. Grueso (Ret. N°10)=AG	gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	4,10 gr.	Pasa N°10 húmedo, Mh	gr.
Peso de la cápsula, Pc	29,20 gr.	Pasa N°10 seco	
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	108,80 gr.		
Porcentaje de humedad		$Mh = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$	gr.
	$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	Muestra total seca,	
	3,77 %	Pst= (AG + Ms)=	gr.

ANÁLISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"				76,20 mm	100,00	
2 1/2"				63,50 mm	100,00	
2"				50,80 mm	100,00	
1 1/2"				37,50 mm	100,00	
1"				25,00 mm	100,00	
3/4"				19,00 mm	100,00	
3/8"				9,50 mm	100,00	
N°4				4,80 mm	100,00	
N°10				2,00 mm	100,00	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa N° 10 húmedo, Sh. 600,0 gr. Pasa N°10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 578 gr.

ANÁLISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
N°4	2,8	2,8	0,48	99,52	4,80 mm	99,52	
N°10	12,8	15,6	2,70	97,30	2,00 mm	97,30	
N°40	55,8	71,4	12,35	87,65	0,42 mm	87,65	
N°200	127,6	199,0	34,42	65,58	0,075 mm	34,48	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara N°2	5	4	1	15	Gravas: 0,00%
Suelo Húmedo + Tara	26,06	24,67	21,30	21,60	Arenas: 34,42%
Suelo Seco + Tara	23,67	22,74	20,23	20,42	Finos: 65,58%
Peso del Agua	2,39	1,93	1,07	1,18	
Peso de la Tara	15,20	15,40	15,36	15,21	
Peso Suelo Seco	8,47	7,34	4,87	5,21	
% de Humedad, %h	28,22	26,29	21,97	22,65	
Número de Golpes	15	30	22,31		
LÍMITE LIQUIDO = LL =			25,71		
LÍMITE PLÁSTICO = LP =			22,31		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =			4,40		

OBSERVACIONES:

Wnatral= 3,77%
Profundidad= 30 m.
Cota= 3717,099 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

CLASIFICACION:
S.U.C.S.
ML
AASHTO
A-4
Ingeniero Nelson E. Prudencia Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
ORDEN DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Solar Yanchará
 Procedencia: ad:
 Laboratorista: Israel Tapia
 Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
 Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: S-3
 Muestra N°: M.3
 Fecha: 25-feb-16

Datos Standardizados del Equipo		Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	N° de Golpes de 0 a 30 cm	26
Peso del Martillo	63,5 kg		
Altura de caída	76,2 cm		

Pozo N°	Sondeo N°	N° Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-3	3,00	26	1,40 Kg/cm2	19.194,67 KN/m3	ML A-4

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 \cdot N. de Golpes}{23 + 0,716 \cdot N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 62,48$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 32,19$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 \cdot \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 40,52$$

(Kulhavy and Chen 2007)

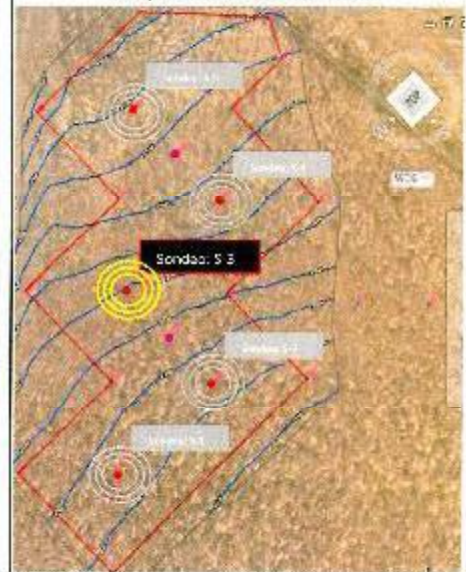
Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,63$$

$$\mu_c = 0,85$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
 Jefe de Laboratorio

Nelson Eduardo Prudencio Castellanos
 S.I.B. INGENIERO CIVIL
 R.N.I. 22.603
 SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
 TARIJA - BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Ranchera
Procedencia: Comunidad Copacabana, Moravia, Cochabamba, 24300, P.O. Box 4000, Tarija (2622000), 7183637/3, Zona 206, WCH-90
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson F. Prudente Castellanos
Solicitante: Bujo Santa Recursos Naturales S.L.

Sondeo: 5-3
Muestra: M-4
Material: Graculor
Fecha: 15-feb-15

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh		MUESTRA TOTAL SECA, PsL	
Suelo húmedo + cápsula, P1	96,90 gr.	Muestra total húmeda Pht.	7338 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	89,40 gr.	Ag. Grueso (Ret. N°10) - AG	4690 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	7,50 gr.	Pasa N°10 húmeda, Mh	2648 gr.
Peso de la cápsula, Pc	28,30 gr.	Pasa N°10 seco	
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	61,10 gr.	Ms = $\frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$	2358 gr.
Porcentaje de humedad		Muestra total seca, PSL = (AG + Ms)	7048 gr.
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	12,27 %		

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
8"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	0,0	0,0	0,00	63,50 mm	100,00	
2"	445,0	445,0	5,31	50,80 mm	94,69	
1 1/2"	296,0	741,0	10,51	38,10 mm	89,49	
1"	700,0	1441,0	20,44	25,00 mm	78,56	
3/4"	572,0	2013,0	28,56	19,00 mm	71,44	
3/8"	1293,0	3306,0	46,90	9,50 mm	53,10	
N°4	771,0	4077,0	57,84	4,75 mm	42,16	
N°10	613,0	4690,0	66,54	2,00 mm	33,46	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa N° 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa N°10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 445 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
N°40	43,7	43,7	9,81	90,18	0,42 mm	30,18	
N°200	90,7	134,4	30,18	69,82	0,075 mm	25,36	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara N°	10	124	116	127		Gravas: 57,84%
Suelo Húmedo + Tara	24,54	27,31	21,72	24,16		Arenas: 18,80%
Suelo Seco + Tara	22,37	24,75	20,53	22,86		Finos: 23,30%
Peso del Agua	2,17	2,56	1,19	1,30		
Peso de la Tara	15,73	15,89	15,64	17,45		
Peso Suelo Seco	5,64	8,86	4,89	5,41		
% de Humedad, %H	32,58	28,89	24,34	24,03		
Número de Golpes	10	25		24,18		
LIMITE LIQUIDO = LL =				29,06		
LIMITE PLASTICO = LP =				24,18		
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-IP) =				4,87		

OBSERVACIONES:

Wnatral= 12,27%
Profundidad= 4,0 m.
Cota= 3716,090 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

CLASIFICACIÓN:
S.U.C.S.
GM
Clima seco con arena
AASHTO
A-1-b
Ingeniero de obra, geólogo y minero
(Firma en blanco)
Nelson Eduardo Prudente Castellanos
INGENIERO CIVIL
F.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Solar Yunchará
Procedencia: Comunidad Campesina, Municipio Yunchara, 2º Secc. Pisco Andes, Tarija 082205 C; 758 9517 S; Zona 208; 0005484
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Solicitante: Renovata Recursos Naturales S.L.

Sondeo: S-3
Muestra Nº: M-4
Fecha: 15-feb-16

Datos Standardizados del Equipo		Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	Rechazo (> 50 golpes)
Peso del Martillo	63,5 kg		
Altura de caída	76,2 cm		

Sondeo Nº Muestra Nº	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-3 M-4	4,00	Rechazo (> 50 golpes)	4,13 Kg/cm2	56.758,43 KN/m3	GM A-1-b

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 \times N. de Golpes}{23 + 0,716 \times N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 85,03$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 42,50$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 \times \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 43,13$$

(Kaibury and Chen 2007)

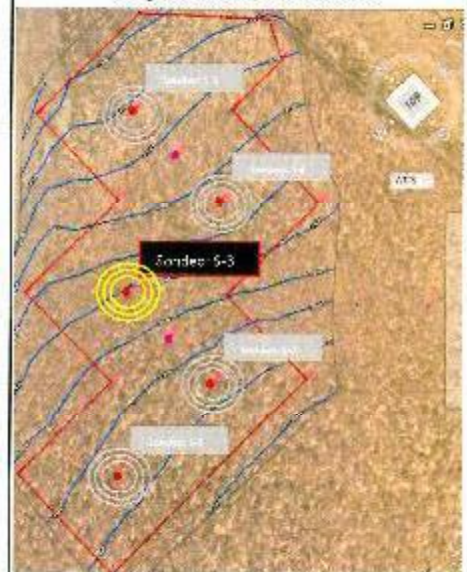
Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,92$$

$$\mu_c = 0,94$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio

Nelson Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

SONDEO 4

RESUMEN SONDEOS GEOTÉCNICOS

Proyecto: Planta Solar Yunchará
Ubicación: Comunidad Capacabana, Municipio Yunchará, 2ª Secc. Prov. Azuay, Tarija
Jefe de Lab.: Ing. Nelson Eduardo Prudencia Castellanos
Técnico de Lab.: Jec. Israel Tapia Alvares

Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL
Sondeo: S-4 **Fecha:** 15-feb-16
Coords: 287865 E; 7583635 S; Zona 20K; WGS 84
Cota Inicio: 3718,392 m.s.n.m.

Prof. (m)	Perfil del Suelo	W _{humid} (%)	Granulometría			Límites de Atterberg			Clasificación Unificada		Prof. (m)	Penetración Nominal						
			Gravas	Arenas	Finos	L.L.	L.P.	I.P.	Sigla	Descripción		No. de Golpes	Fatiga Adm. (Kg/cm ²)					
													0	1	2	3	4	5
0.0											0.0							
0.1											0.1							
0.2											0.2							
0.3											0.3							
0.4											0.4							
0.5											0.5							
0.6											0.6							
0.7											0.7							
0.8											0.8							
0.9											0.9							
1.0											1.0							
1.1											1.1							
1.2											1.2							
1.3											1.3							
1.4											1.4							
1.5											1.5							
1.6											1.6							
1.7											1.7							
1.8											1.8							
1.9											1.9							
2.0											2.0							
2.1											2.1							
2.2											2.2							
2.3											2.3							
2.4											2.4							
2.5											2.5							
2.6											2.6							
2.7											2.7							
2.8											2.8							
2.9											2.9							
3.0											3.0							
3.1											3.1							
3.2											3.2							
3.3											3.3							
3.4											3.4							
3.5											3.5							
3.6											3.6							
3.7											3.7							
3.8											3.8							
3.9											3.9							
4.0											4.0							
4.1											4.1							
4.2											4.2							
4.3											4.3							
4.4											4.4							
4.5											4.5							
4.6											4.6							



Nelson Eduardo Prudencia Castellanos
INGENIERO CIVIL
 R.N.I. 22.603
 Jefe de Laboratorio

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
 TARIJA - BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Proyecto Planta Solar Pucallpa
Procedencia: Comandancia Copacabana, Municipio Pucallpa, 2ª Secc. Prov. Ayacucho, Tarifa (282865 E, 7383625 S, Zona 20K) WGS-84)
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudenio Castellano
Solicitante: Gobierno Recursos Naturales S.L.

Sondeo: S-4
Muestra: M-0
Material: Granular
Fecha: 15-feb-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh	MUESTRA TOTAL SECA, Pst.
Suelo húmedo + cápsula, P1	135,50 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	133,00 gr.
Peso del agua, Pa = (P1-P2)	2,50 gr.
Peso de la cápsula, Pc	34,34 gr.
Peso del suelo seco, Ps = (P2 - Pc)	98,66 gr.
Porcentaje de humedad	
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	2,53 %
Muestra total húmeda Pht.	7919 gr.
Ag. Grueso (Ret. N°10) - AG	3540 gr.
Pasa N°10 húmedo, Mh	4379,00 gr.
Pasa N°10 seco	
$Ms = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$	4271 gr.
Muestra total seca.	
$Pst = (AG + Ms) =$	7811 gr.

ANÁLISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	780,0	780,0	9,99	63,50 mm	90,01	
2"	620,0	1400,0	17,92	50,80 mm	82,08	
1 1/2"	550,0	1950,0	24,97	38,10 mm	75,03	
1"	190,0	2140,0	27,40	25,00 mm	72,60	
3/4"	130,0	2270,0	29,06	19,00 mm	70,94	
3/8"	365,0	2635,0	33,74	9,50 mm	66,26	
N#4	500,0	3135,0	40,14	4,75 mm	59,86	
N#10	405,0	3540,0	45,32	2,00 mm	54,68	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa N° 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa N°10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 488 gr.

ANÁLISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
N#40	154,5	154,5	31,68	68,32	0,42 mm	31,68	
N#200	73,0	227,5	46,65	53,35	0,075 mm	23,17	
Rese							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara N°	200	123	201	204	Gravas: 40,14%
Suelo Húmedo + Tara	33,84	37,72	23,09	22,53	Arenas: 30,69%
Suelo Seco + Tara	29,64	33,04	21,87	21,41	Finos: 29,17%
Peso del Agua	4,20	4,68	1,22	1,12	CLASIFICACION:
Peso de la Tara	16,08	15,19	16,13	16,15	S.U.C.S.
Peso Suelo Seco	13,56	17,85	5,74	5,28	GC-GM
% de Humedad, %h	30,97	26,22	21,25	21,29	AASHTO
Número de Golpes	6	25	21,27		A-2-4
LIMITE LIQUIDO = LL =			26,18		
LIMITE PLASTICO = LP =			21,27		
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-IP) =			4,90		

OBSERVACIONES:

Wnatral= 2,53%
 Profundidad= 0,5 m.
 Cota= 1717,800 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
 TARIJA - BOLIVIA

[Firma]
 Nelson E. Prudenio Castellano
 INGENIERO CIVIL
 R.N.I. 22.603
 SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Yunchard
Procedencia: Comunidad Capacabana, Municipio Yunchard, 2º Secc. Prov. Arica, Tarja (282895 E, 7583635 S, Zona 20K, WGS 84)
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudenno Castellanos
Solicitante: Barrioventa Recursos Naturales SL

Sondeo: S-4
Muestra: M-1
Material: Granular
Fecha: 15-feb-15

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh		MUESTRA TOTAL SECA, Pst.	
Suelo húmedo + cápsula, P1	119,70 gr.	Muestra total húmeda Pst.	7512 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	107,10 gr.	Ag. Grueso (Ret. N°10)=AG	4600 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	12,60 gr.	Pasa N°10 húmedo, Mh	2912 gr.
Peso de la cápsula, Pc	23,65 gr.	Pasa N°10 seco	
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	83,45 gr.	$Ms = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$	2590 gr.
Porcentaje de humedad		Muestra total seca,	
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	15,20 %	Pst= [AG + Ms]	7130 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido [gr]	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	76,20 mm	100,00	
2 1/2"	713,0	713,0	10,00	63,50 mm	90,00	
2"	868,0	1581,0	22,17	50,80 mm	77,83	
1 1/2"	169,0	1750,0	24,54	38,10 mm	75,46	
1"	616,0	2366,0	32,18	25,00 mm	68,82	
3/4"	473,0	2839,0	38,82	19,00 mm	60,18	
3/8"	668,0	3527,0	49,47	9,50 mm	50,53	
N°4	570,0	4097,0	57,46	4,80 mm	42,54	
N°10	503,0	4600,0	64,52	2,00 mm	35,48	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa N° 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa N°10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 434 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido [gr]	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
N°40	34,1	34,1	7,85	92,15	0,42 mm	12,70	
N°200	98,1	132,2	30,43	69,57	0,075 mm	24,60	
Base							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula o Tara N°	210	115	212	208	CLASIFICACION: S.U.C.S. GM <small>Grav. 57,46%</small> <small>Arenas: 17,85%</small> <small>Finos: 24,69%</small> AASHTO A-2-6 <small>Mayor grupo en base a la fuerza</small> <small>Menor grupo en base a la fuerza</small>
Suelo Húmedo + Tara	25,29	24,47	20,77	20,53	
Suelo Seco + Tara	22,36	21,86	19,53	19,40	
Peso del Agua	2,93	2,61	1,24	1,13	
Peso de la Tara	15,15	15,08	15,09	15,30	
Peso Suelo Seco	7,21	6,78	4,44	4,10	INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) = 58,78 27,74 11,04
% de Humedad, Sh	40,64	38,50	27,93	27,56	
Número de Golpes	15	30			
LÍMITE LIQUIDO = LL =					
LÍMITE PLASTICO = LP =					
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =					

OBSERVACIONES:

Wnatral= 15,10%
Profundidad= 1,0 m.
Cota= 9717,392 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

SUBS
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Salar Yunchard

Procedencia: Comandancia Copacabana, Municipio Yunchard, 2ª Secc. Prov. Aulia, Tarija 182863 E, 7382633 S, Zona 20X, 1455 84)

Laboratorista: ISROPEI / op/g

Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos

Solicitante: Barriovento Recursos Naturales SL

Sondeo: S-4

Muestra Nº: M-1

Fecha: 15-feb-16

Datos Standardizados del Equipo		Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	Rechazo (> 50 golpes)
Peso del Martillo	63,5 kg		
Altura de caída	76,2 cm		

Sondeo Nº Muestra Nº	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S 4 M-1	1,00	Rechazo (> 50 golpes)	4,13 Kg/cm2	56.758,43 KN/m3	GM A-2-6

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 \cdot N. de Golpes}{23 + 0,716 \cdot N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 85,03$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 42,50$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 \cdot \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 43,13$$

(Kulhawy and Chen 2007)

Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,92$$

$$\mu_v = 0,94$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencio Castellanos
Jefe de Laboratorio

Nelson E. Prudencio Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.J. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA



ENSAYO DE CLASIFICACION DE SUELOS

Proyecto: Planta Solar Pucobari
Procedencia: Comunidad Copacabana, Municipio Pucobari, 29 Soc. Puc. Avila, Tarija (38265 E, 7533633 S, Zona 200, MAS-84)
Laboratorista: Israel Tapia
Jefe de Lab.: Ing. Nelson E. Prudencia Castellano
Solicitante: Barlovento Recursos Naturales SL

Sondeo: 5-4
Muestra: M-2
Material: Granular
Fecha: 15-jul-16

HUMEDAD HIGROSCOPICA, %Hh		MUESTRA TOTAL SECA, Pst.	
Suelo húmedo + cápsula, P1	117,50 gr.	Muestra total húmeda (Pht.	7756 gr.
Suelo seco + cápsula, P2	109,40 gr.	Ag. Grueso (Ret. N°10)=AG	3326 gr.
Peso del agua, Pa=(P1-P2)	8,10 gr.	Pasa N°10 húmedo, Mh	4430 gr.
Peso de la cápsula, Pc	36,40 gr.	Pasa N°10 seco	
Peso del suelo seco, Ps=(P2-Pc)	73,00 gr.	$Ms = \frac{Mh \times 100}{100 + \%Hh}$	5988 gr.
Porcentaje de humedad		Muestra total seca	
$\%Hh = \frac{Pa \times 100}{Ps}$	11,10 %	$Pst = (AG + Ms) =$	7314 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
3"	0,0	0,0	0,00	75,20 mm	100,00	
2 1/2"	0,0	0,0	0,00	63,50 mm	100,00	
2"	220,0	220,0	3,01	50,80 mm	96,99	
1 1/2"	122,0	342,0	4,68	38,10 mm	95,32	
1"	252,0	594,0	8,12	25,00 mm	91,88	
3/4"	242,0	836,0	11,43	19,00 mm	88,57	
3/8"	743,0	1579,0	21,59	9,50 mm	78,41	
N°4	787,0	2366,0	32,35	4,80 mm	67,65	
N°10	960,0	3326,0	45,48	2,00 mm	54,52	

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

Pasa N° 10 húmedo, Sh. 500,0 gr. Pasa N°10 seco Ss. $\frac{Sh \times 100}{100 + \%Hh}$ 450 gr.

ANALISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

Tamiz	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido Acumulado (gr)	(%)	% pasa mortero	Tamaño (mm)	% que pasa del Total	Especificaciones
N°40	77,8	77,8	17,29	82,71	0,42 mm	45,10	
N°200	192,0	269,8	59,95	40,05	0,075 mm	21,84	
Resto							

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICO

Cápsula + Tara N°	6	10	21	11	CLASIFICACIÓN: S.U.C.S. SM <small>arena limo y arcilla</small> AASHTO A-1-b <small>no grava y arena líquida en Grupo 00</small>
Suelo Húmedo + Tara	24,55	26,00	21,15	21,37	
Suelo Seco + Tara	22,27	23,39	19,85	20,05	
Peso del Agua	2,28	2,61	1,29	1,32	
Peso de la Tara	15,42	15,37	15,12	15,38	
Peso Suelo Seco	6,85	8,02	4,74	4,67	Gravas: 32,35% Arenas: 45,81% Finos: 21,84%
% de Humedad, %H	32,28	32,54	27,22	28,27	
Número de Golpes	15	25		27,74	
LIMITE LIQUIDO = LL =				31,89	CONSUNION S.R.L. TARIJA - BOLIVIA
LIMITE PLASTICO = LP =				27,74	
INDICE DE PLASTICIDAD = IP = (LL-LP) =				4,15	

OBSERVACIONES:

Wnatral= 11,10%
Profundidad= 2,0 m.
Cota= 3716,392 msnm.

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

[Firma]
Nelson E. Prudencia Castellano
INGENIERO CIVIL
R.N.L. 22.603
SOCIOAL DE NUMEROS DE BOLIVIA



ENSAYO DE CARGA DIRECTA (S.P.T.)

Proyecto: Planta Solar Funchard

Procedencia: Comandancia Departamental, Misioneros Funchard, 29 km. Puro Anillo, Tarija (a 200 m. y 250 m. y 200 m. y 200 m.)

Laboratorista: Israel Tapia

Jefe de Laboratorio: Ing. Nelson E. Prudencia Castellanos

Solicitante: Barrovento Recursos Naturales S.A.

Sondeo: S-4

Muestra N°: M-2

Fecha: 15-feb-16

Datos Standardizados del Equipo		Datos de Campo	
Altura de penetración	30 cm	Nº Golpes Corregido:	40
Peso del Martillo	63,5 kg		
Altura de caída	76,2 cm		

Sondeo N° Muestra N°	Profundidad	Nº Golpes	Resistencia Admisible	Coefficiente de Balasto	Tipo de Suelo
S-4 M-2	2,00	40	3,00 kg/cm2	41.278,86 kN/m3	SM A-1-b

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS A PARTIR DEL ENSAYO DE SPT

Densidad relativa del suelo.-

$$Dr(\%) = \frac{100 \times N. de Golpes}{23 + 0,716 \times N. de Golpes}$$

$$Dr(\%) = 77,46$$

Ángulo de fricción interna del suelo.-

$$\phi' = 21^\circ + \left(\frac{Dr(\%)}{20} \right)^{2,12}$$

$$\phi' = 38,65$$

$$\phi' = 27,5^\circ + 9,2 \times \log[N. de Golpes]$$

$$\phi' = 42,24$$

(Kulhawy and Chen 2002)

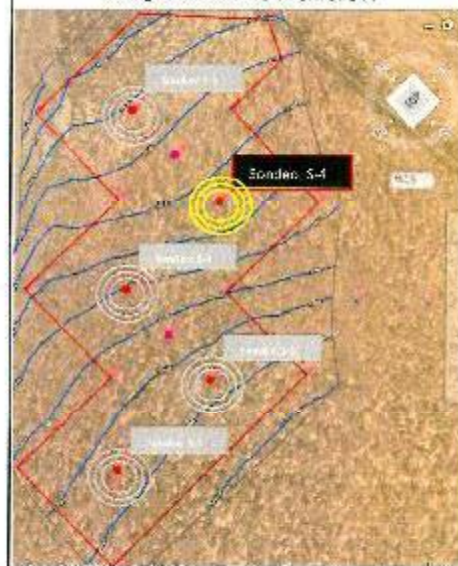
Coefficiente de fricción interna del suelo.-

$$\mu_c = \tan \phi'$$

$$\mu_c = 0,80$$

$$\mu_c = 0,91$$

ESQUEMA DE UBICACIÓN



OBSERVACIONES:

Se deben tener en cuenta las recomendaciones hecha en el informe geotécnico correspondiente a estos ensayos.

Ing. Nelson E. Prudencia Castellanos

Jefe de Laboratorio

Nelson Eduardo Prudencia Castellanos
INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.603
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

Proyecto: Florita Solís Yoncharó
Procedencia: Comunidad Guatemalteca, Montañas Yoncharó, 2ª Sect. Pinar Añón, Turiza/282663 E, 7382633 S, Zona 208, 1165-841
Laboratorista: Israel Topio
Jefe de Lab.: Ing. Nelson F. Proadencia Castañeros
Solicitante: Biotecnología Recursos Naturales SL

Sondeo: S-4
Muestra: M-3
Material: Granular
Fecha: 15-jeb-16

ANÁLISIS DE TAMICES DEL AGREGADO GRUESO

GRANULOMETRIA DEL MORTERO DE SUELO

ANÁLISIS DE TAMICES DEL AGREGADO FINO

DETERMINACION DE LIMITES LIQUIDO Y PLASTICOOBSERVACIONES:

CONSULTORA UNION S.R.L.
CONSUNION S.R.L.
TARIJA - BOLIVIA

INGENIERO CIVIL
R.N.I. 22.803
SOCIEDAD DE INGENIEROS DE BOLIVIA

1.1. Análisis de Flujo de Potencia

En el siguiente apartado se presentan los resultados asociados al estudio de flujo de potencias, realizado para analizar el impacto que tendrá la conexión de la planta solar Yunchará-Tarija al SIN.

Esta central, corresponde a un parque solar, de 5 MW de potencia nominal, que se conectará al SIN por medio de la subestación Tarija, en un nivel de tensión de 115 kV.

1.1.1. Metodología

Para evaluar el impacto que tendrá la incorporación de la central en el SIN, se efectuó un estudio de régimen permanente, analizando los flujos de potencias y los niveles de tensión en los puntos eléctricamente adyacentes de la nueva instalación. Los parámetros considerados para dicha evaluación corresponden al nivel de carga de las líneas eléctricas y los niveles de tensión en los nodos cercanos a la central analizada.

Como primer escenario se analiza la red eléctrica con la central solar desconectada para después poder evaluar el impacto que genera su conexión.

Los cálculos para efectuar este estudio fueron realizados en el software Power Factory de DigSilent.

1.1.2. Modelado

A partir de las hojas de datos de los diferentes equipos que componen la central solar, se procede a su modelado mediante el software Power Factory.

El SIN se modela como un equivalente Thevenin a partir de la subestación Monte Sud-Tarija 230 kV al considerar que esta es la zona de influencia respecto del punto de conexión de la planta solar.

La planta solar Yunchará se conecta a la línea que une los nodos Abra SERNAP-Copacabana, junto al nodo Copacabana.

La red eléctrica entre la subestación Tarija y la planta solar se modela de acuerdo a la información proporcionada por SETAR. En las siguientes ilustraciones se muestra el diagrama de la línea eléctrica y el diagrama del modelo resultante.

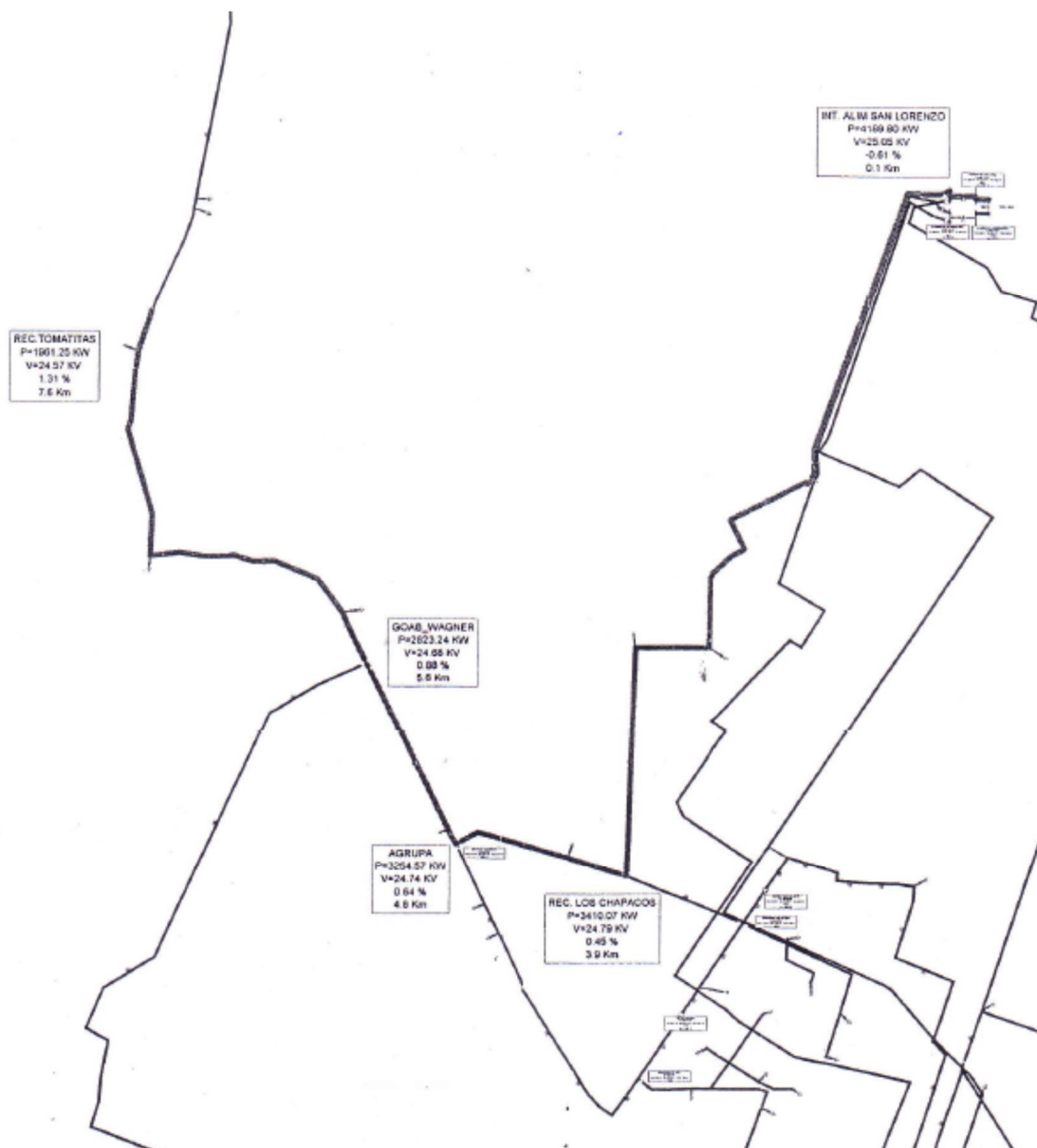


Ilustración -1. Tramo de línea INT. Alimentador San Lorenzo Æ Reconector Tomatitas (Fuente: SETAR).

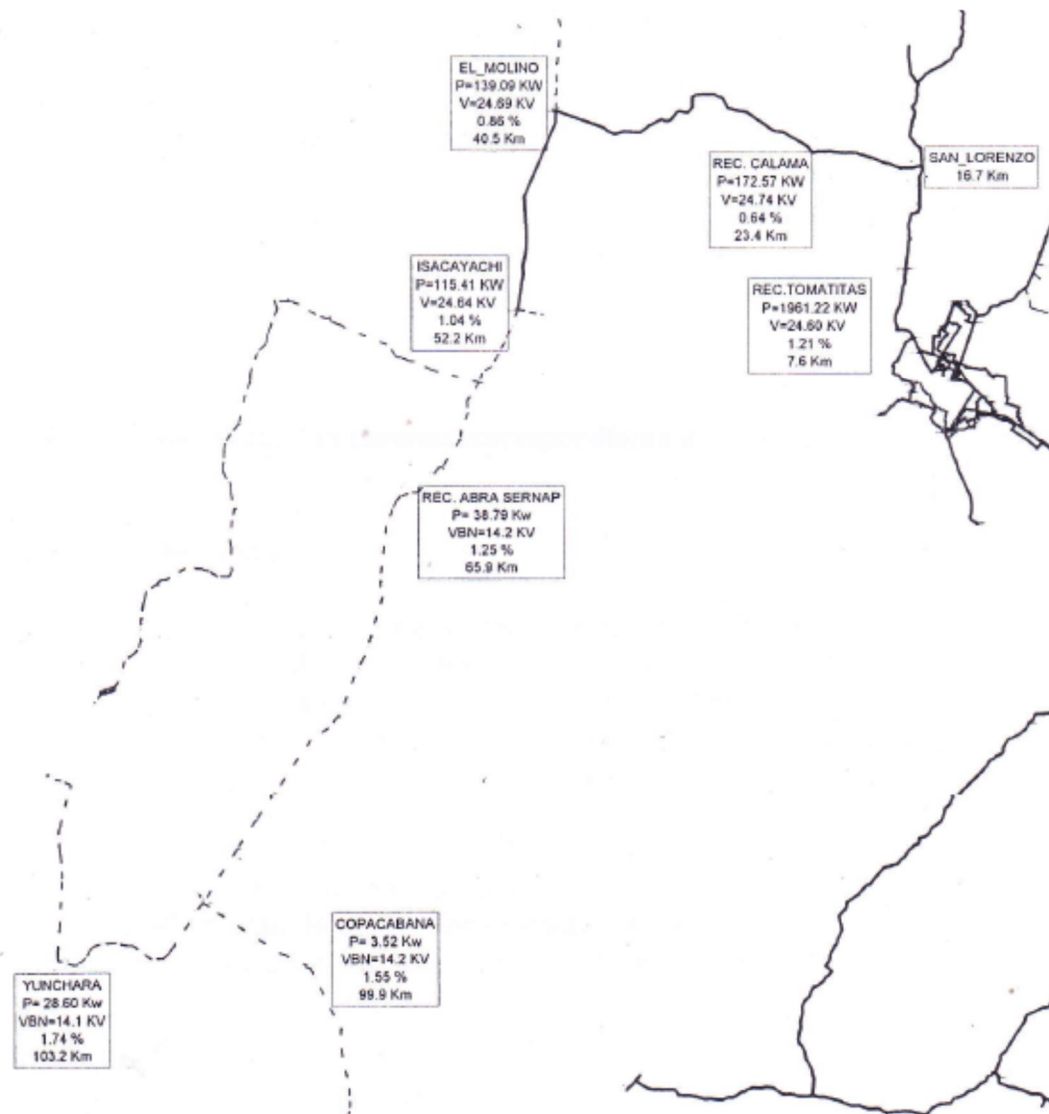


Ilustración-2. Tramo de línea Reconector Tomatitas - Yunchara (Fuente: SETAR).

Las cargas correspondientes a cada nodo se obtienen a partir la información proporcionada por SETAR, teniendo en cuenta que la fecha estimada de puesta en marcha de la planta solar es el año 2017, se considera un incremento de la demanda de un 10% anual con respecto a los valores de 2015. En la Tabla siguiente se muestran las cargas previstas para cada nodo:

Nodo	Año 2015		Año 2017
	Carga acumulada [kW]	Carga por nodo [kW]	Carga por nodo [kW]
INT. SAN LORENZO	4189,8	779,7	935,7
LOS CHAPACOS	3410,1	155,5	186,6
AGRUPA	3254,6	431,3	517,6
GOAB WAGNER	2823,2	862	1034,4
TOMATITAS	1961,2	894,3	1073,2
SAN LORENZO	---	894,3	1073,2
CALAMA	172,6	33,5	40,2
EL MOLINO	139,1	23,7	28,4
ISACAYACHI	115,4	75,6	90,7
ABRA SERNAP	38,79	7,8	9,3
COPACABANA	3,5	3,5	4,2
YUNCHARA	28,6	28,6	34,3

Tabla -1 Subestaciones del área de influencia de la central solar

La planta solar Yunchará se compone de 5 inversores Sunny Central 1000CP XT. Se considera la capacidad de inyección de potencia reactiva de los aerogeneradores en el rango de 0,90 ind ~0,90 cap. Los inversores se conectan entre sí mediante una red de media tensión con conexión en anillo según se muestra a continuación.

El generador fotovoltaico se modela mediante un modelo de librería de DigSilent.

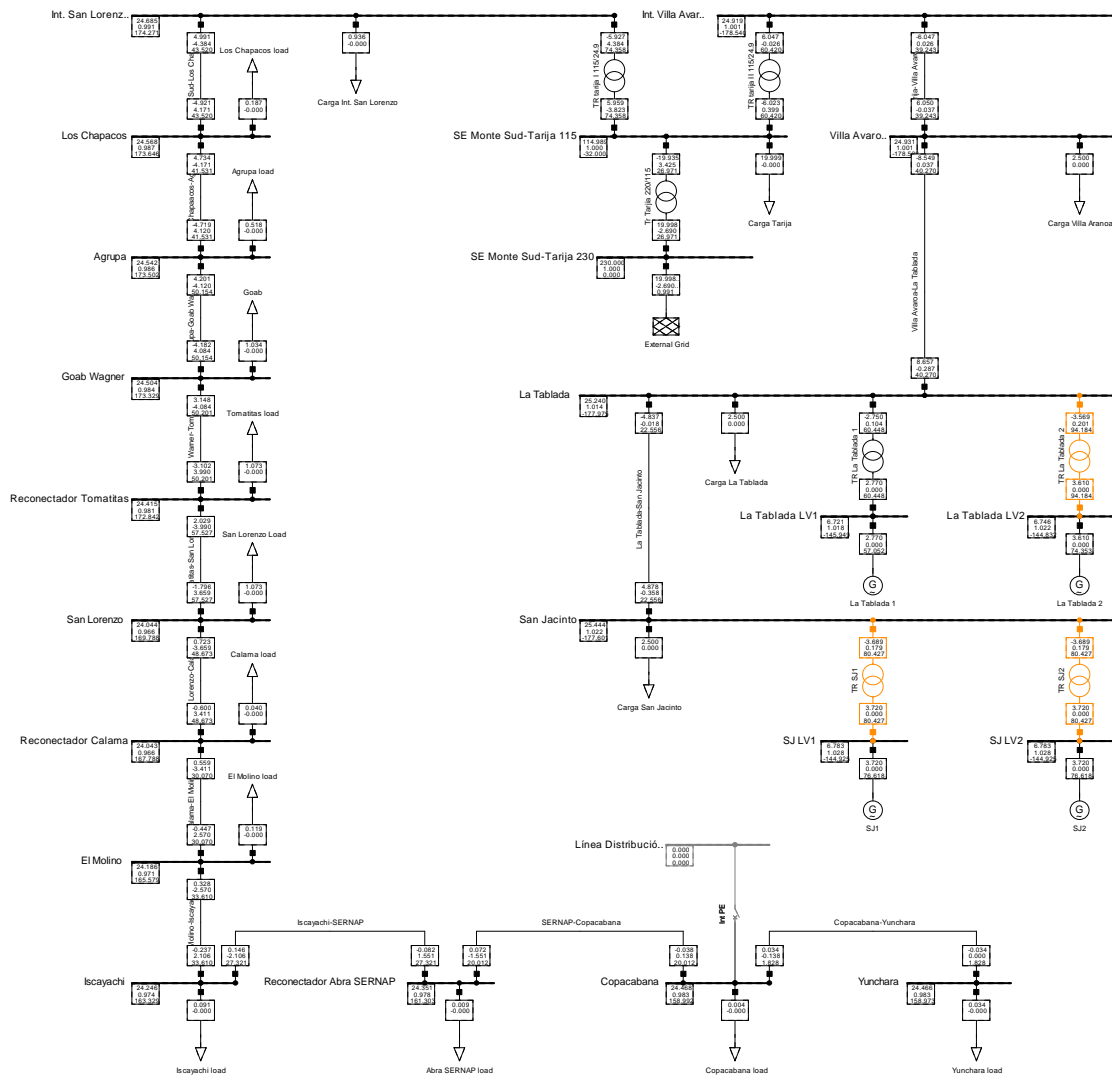


Ilustración-3. Modelo DigSilent Power Factory del área Yunchará-Tarija (Fuente: elaboración propia).

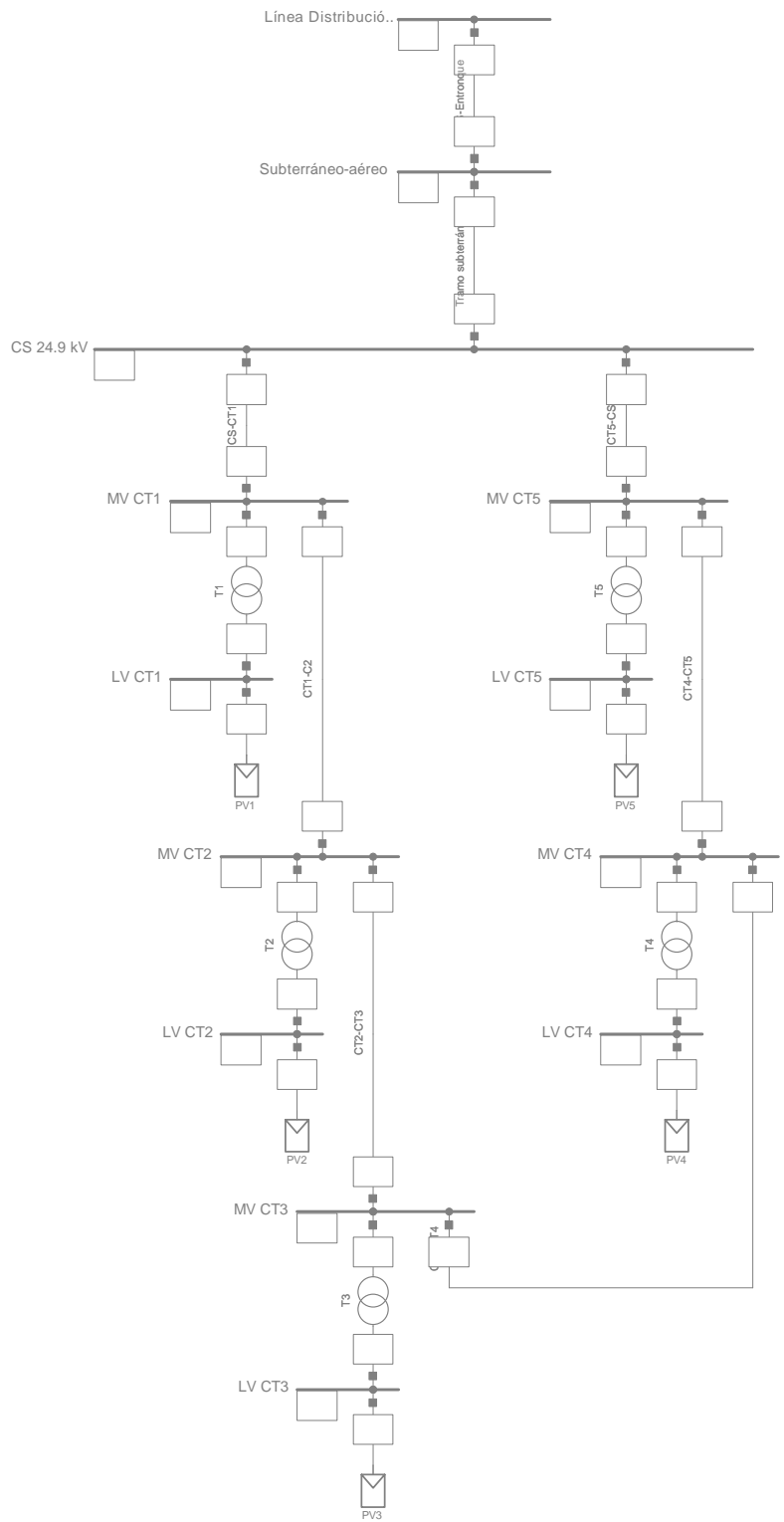


Ilustración-4. Modelo DigSilent Power Factory de la planta solar Yunchará-Tarija
(Fuente: elaboración propia).

1.1.3. Definición del área de influencia de la central

El estudio circunscribe a la zona de influencia de la planta solar. Al estar la planta de generación muy lejana al punto de conexión con el SIN y tratarse de una instalación de potencia reducida, solo se analiza la subestación TARIJA correspondiente al SIN. A continuación se indican los nodos evaluados.

Nodo	Tensión [kV]
TARIJA 230	230
TARIJA 115	115
INT. SAN LORENZO	24,9
LOS CHAPACOS	24,9
AGRUPA	24,9
GOAB WAGNER	24,9
TOMATITAS	24,9
SAN LORENZO	24,9
CALAMA	24,9
EL MOLINO	24,9
ISACAYACHI	24,9
ABRA SERNAP	24,9
COPACABANA	24,9

Tabla 1.2. Nodos del área de influencia de la central solar (Fuente: elaboración propia).

Línea	Capacidad [MW]
INT. SAN LORENZO-LOS CHAPACOS	15,4
LOS CHAPACOS-AGRUPA	15,4
AGRUPA-GOAB WAGNER	11,9
GOAB WAGNER-TOMATITAS	10,4
TOMATITAS-SAN LORENZO	7,9
SAN LORENZO-CALAMA	7,9
CALAMA-EL MOLINO	7,9
EL MOLINO-ISACAYACHI	7,9
ISACAYACHI-ABRA SERNAP	7,9
ABRA SERNAP-ENTRONQUE COPACABANA	7,9

ENTRONQUE COPACABANA-PV GUARACACHI	13,6
---------------------------------------	------

Tabla 1.3 Líneas del área de influencia de la central solar (Fuente: elaboración propia).

1.1.4. Estudio de flujo de potencia

El estudio de flujo de potencia busca analizar el impacto que tendrá en el SIN la incorporación de la nueva central. Este análisis se hace por medio de simulaciones de distintos escenarios operacionales. El impacto en el SIN de la conexión de la central se realiza comparando la situación actual respecto de la situación proyectada.

Se parte del caso de referencia con la planta solar desconectada. Posteriormente se analiza la influencia que tiene la conexión de la planta para diferentes escenarios de operación.

1.1.4.1. Criterios para estudios de flujo de cargas

Según la resolución AE N° 110/2011, los niveles de tensión en barras deben cumplir con lo indicado en la tabla siguiente:

Tensión Nominal	Estado normal	Estado de emergencia	
		Inmediatamente posterior a la contingencia	Posterior a la contingencia
230 kV	De 0,95 a 1,05 pu	De 0,85 a 1,10 pu	De 0,90 a 1,065 pu
115 kV	De 0,95 a 1,05 pu	De 0,85 a 1,10 pu	De 0,95 a 1,07 pu
69 kV	De 0,95 a 1,05 pu	De 0,85 a 1,10 pu	De 0,95 a 1,05 pu

Tabla -4 Niveles de tensión admisibles.

Para el nivel de 24,9 kV se considera un rango de funcionamiento de 0,90 a 1,10 pu. De igual manera no deben producirse casos de sobrecarga en las líneas bajo estudio.

1.1.4.2. Escenarios analizados

A continuación se muestran los escenarios operacionales analizados para determinar el impacto de la incorporación de la central.

Caso	Estado
Caso 1	Caso base . Central solar desconectada
Caso 2	Central solar conectada con P=1MW, factor de potencia unidad en aerogeneradores. P=1MW
Caso 3	Central solar conectada con P=1MW, factor de potencia 0,90 inductivo en los inversores y P=1MW
Caso 4	Central solar conectada con P=5MW, factor de potencia 0,90 inductivo en los inversores y reactor inductivo

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-5 **Casos de estudio**

1.1.4.3. **Resultados**

En esta sección se exponen en tablas los resultados obtenidos de las simulaciones de flujo de potencias realizadas en cada escenario descrito en el apartado 7.5.2.

CASO 1. PARQUE SOLAR NO CONECTADO

Para las condiciones de partida todas las tensiones están dentro del rango de operación normal y no existe ningún tipo de sobrecarga en las líneas:

Subestación	Tensión [pu]
TARIJA 230 kV	1,000
TARIJA 115kV	1,000
INT. SAN LORENZO	0,991
LOS CHAPACOS	0,987
AGRUPA	0,986
GOAB WAGNER	0,984
TOMATITAS	0,981
SAN LORENZO	0,966
CALAMA	0,966
EL MOLINO	0,971
ISACAYACHI	0,974
ABRA SERNAP	0,978
COPACABANA	0,983
YUNCHARA	0,983

Tabla -6 Subestaciones del área de influencia de la central solar para el CASO 1

Línea	Carga [%]
-------	-----------

INT. SAN LORENZO. LOS CHAPACOS	43,52
LOSC CHAPACOS-AGRUPA	41,53
AGRUPA-GOAB WAGNER	50,15
GOAB WAGNER-TOMATITAS	50,2
TOMATITAS-SAN LORENZO	57,52
SAN LORENZO-CALAMA	48,67
CALAMA-EL MOLINO	30,07
EL MOLINO-ISLAYACHI	33,61
ISLAYACHI-ABRA SERNAP	27,32
ABRA SERNAP- COPACABANA	20,01
COPACABANA-YUNCHARA	1,82

Tabla -7 Límites del área de influencia de la central solar para el CASO 1

CASO 2. PARQUE SOLAR CONECTADO P=1MW Y FACTOR DE POTENCIA UNIDAD

El nivel de tensión en los nodos Copacabana y Yunchara está en el límite del nivel de operación normal planteado.

En cuanto a la carga de las líneas no existe ningún problema de sobrecarga.

Subestación	Tensión [pu]
TARIJA 230	1,000
TARIJA 115	1,001
INT. SAN LORENZO	0,999
LOS CHAPACOS	0,996
AGRUPA	0,995
GOAB WAGNER	0,994
TOMATITAS	0,992
SAN LORENZO	0,989
CALAMA	0,997
EL MOLINO	1,015
ISLAYACHI	1,032
ABRA SERNAP	1,053
COPACABANA	1,100
YUNCHARA	1,100

PLANTA SOLAR	1,100
--------------	-------

Tabla -8 Subestaciones del área de influencia de la central solar para el CASO 2

Línea	Carga [%]
INT. SAN LORENZO. LOS CHAPACOS	42,82
LOSC CHAPACOS-AGRUPA	40,80
AGRUPA-GOAB WAGNER	49,52
GOAB WAGNER-TOMATITAS	50,42
TOMATITAS-SAN LORENZO	59,89
SAN LORENZO-CALAMA	53,71
CALAMA-EL MOLINO	33,40
EL MOLINO-ISLAYACHI	38,55
ISLAYACHI-ABRA SERNAP	32,45
ABRA SERNAP- COPACABANA	25,17
COPACABANA-YUNCAHARA	2,025
COPACABANA-PV GUARACACHI	6,61

Tabla -9 Líneas del área de influencia de la central solar para el CASO 2

Teniendo en cuenta los problemas de sobretensión existentes, el siguiente escenario a analizar será con la planta solar trabajando con factor de potencia inductivo máximo.

CASO 3. PARQUE SOLAR CONECTADO P=1MW Y FACTOR DE POTENCIA 0,90 IND

Las tensiones están dentro del régimen de operación normal. En cuanto a la carga de las líneas no existe ningún problema de sobrecarga.

Subestación	Tensión [pu]
TARIJA 230	1,000
TARIJA 115	1,000
INT. SAN LORENZO	0,994
LOS CHAPACOS	0,991
AGRUPA	0,990
GOAB WAGNER	0,989
TOMATITAS	0,987

SAN LORENZO	0,985
CALAMA	0,994
EL MOLINO	1,011
ISACAYACHI	1,028
ABRA SERNAP	1,049
COPACABANA	1,092
YUNCHARA	1,092
PLANTA SOLAR	1,093

Tabla -10 Subestaciones del área de influencia de la central solar para el CASO 3

Línea	Carga [%]
INT. SAN LORENZO. LOS CHAPACOS	38,90
LOS CHAPACOS-AGRUPA	36,87
AGRUPA-GOAB WAGNER	44,55
GOAB WAGNER-TOMATITAS	45,14
TOMATITAS-SAN LORENZO	53,33
SAN LORENZO-CALAMA	47,57
CALAMA-EL MOLINO	29,34
EL MOLINO-ISLAYACHI	32,68
ISLAYACHI-ABRA SERNAP	26,84
ABRA SERNAP- COPACABANA	19,97
COPACABANA-YUNCAHARA	2,01
COPACABANA-PV GUARACACHI	7,33

Tabla -11 Líneas del área de influencia de la central solar para el CASO 3

Como siguiente escenario de estudio se plantea el aumento de la potencia generada junto con la instalación de una reactancia inductiva para mitigar los problemas de sobretensión que pudieran presentarse.

**CASO 4. PARQUE SOLAR CONECTADO P=5MW Y FACTOR DE POTENCIA 0,90
IND + REACTOR 3,1 MVAR**

Tras la conexión de una reactancia inductiva de 3,1 MVAR en el centro de seccionamiento de la planta solar, se mitigan los problemas de sobretensión en los nodos Yunchara y Copacabana.

En cuanto a la carga de las líneas no existe ningún problema de sobrecarga.

Subestación	Tensión [pu]
TARIJA 230	1,000
TARIJA 115	1,005
INT. SAN LORENZO	0,925
LOS CHAPACOS	0,918
AGRUPA	0,917
GOAB WAGNER	0,915
TOMATITAS	0,911
SAN LORENZO	0,904
CALAMA	0,911
EL MOLINO	0,914
ISACAYACHI	0,933
ABRA SERNAP	0,966
COPACABANA	1,090
YUNCHARA	1,090
PLANTA SOLAR	1,092

Tabla -12 Subestaciones del área de influencia de la central solar para el CASO 4

Línea	Carga [%]
INT. SAN LORENZO. LOS CHAPACOS	28,42
LOS CHAPACOS-AGRUPA	27,76
AGRUPA-GOAB WAGNER	33,15
GOAB WAGNER-TOMATITAS	33,52
TOMATITAS-SAN LORENZO	46,04
SAN LORENZO-CALAMA	52,15
CALAMA-EL MOLINO	41,58
EL MOLINO-ISLAYACHI	68,34
ISLAYACHI-ABRA SERNAP	75,18
ABRA SERNAP- COPACABANA	90,91
COPACABANA-YUNCAHARA	2,01
COPACABANA-PV GUARACACHI	54,2

Tabla -13 Líneas del área de influencia de la central solar para el CASO 4

1.1.4.4. Conclusiones

En función al escenario base planteado, se puede concluir que para una potencia generada inferior a 1MW, el sistema continua trabajando dentro del rango definido como de operación normal.

Para potencias generadas entre 1MW y 5MW resulta necesaria la instalación de una reactancia inductiva en el centro de seccionamiento de la planta solar para mantener el rango de operación normal en todos los nodos. La capacidad de la reactancia se ha calculado como 3,1MVar.

En cuanto a los niveles de la carga de las líneas no se ha detectado ningún problema de sobrecarga.

Es importante resaltar que los resultados de este análisis están fuertemente condicionados por el patrón de cargas tomado como referencia.

1.2. Análisis de Cortocircuito

El presente documento corresponde al Cálculo de Cortocircuitos, el cual se enfoca en determinar, mediante un estudio estático, los niveles de cortocircuito en las barras aledañas a la planta solar, producto de la inyección de ésta, para así verificar que sus capacidades de ruptura no sean sobrepasadas con los nuevos niveles de cortocircuito, producto de dicha inyección.

Se proyecta que la central inyectará en el SIN, en condición de generación normal, una potencia de 5 MW. Se estima que la central se incorporará al SIN en el año 2017.

1.2.1. Metodología

Con el fin de verificar el correcto dimensionamiento de los equipos existentes en el sistema en que se conectará la central, de acuerdo con los nuevos niveles de cortocircuito considerando la inyección de esta, se realiza un estudio de cortocircuitos, el cual es efectuado en base a las disposiciones expuestas en las normativas vigentes.

El análisis del presente estudio se realizó a partir del diagrama unifilar actualizado. Cabe destacar que se analizó el escenario más desfavorable para la ocurrencia de falla, efectuando los cálculos considerando tener conectadas todas las unidades de generación, todas las líneas y transformadores en servicio, de modo que se configure el mayor enmallamiento del sistema. Esto con el objetivo de identificar qué instalaciones pueden verse afectadas debido a la incorporación de los 5 MW de potencia que generará la central, para poder comprobar que el dimensionamiento de los equipos, tanto de las instalaciones de la central como las aledañas, sea el correcto, es decir, que dispongan de la capacidad de ruptura suficiente para que estas no se vean superadas por los nuevos niveles de corriente de cortocircuito considerando dicha potencia. Para realizar tal verificación se procede a evaluarlas técnicamente, mediante simulaciones estáticas o de régimen permanente, para determinar el comportamiento del sistema considerando el aporte de dicha central.

Los cálculos para efectuar este estudio fueron realizados en el software Power Factory de Digsilent, el cual permite el cálculo de las componentes de cortocircuito requeridas.

1.2.2. Modelado

A partir de las hojas de datos de los diferentes equipos que componen la planta solar, se procede a su modelado mediante el software Power Factory.

El SIN se modela como un equivalente Thevening a partir de la subestación Tarija 230 kV al considerar que esta es la zona de influencia respecto del punto de conexión de la planta solar.

La planta solar Yunchará se compone de 5 inversores Sunny Central 1000CP XT. Teniendo en cuenta que se trata de inversores de última generación con características de apoyo dinámico a la red, se les considera un aporte a cortocircuito de 1 p.u.

1.2.3. Definición del área de influencia de la central

El estudio de circunscribe a la zona de influencia de la planta solar. Al estar la planta de generación muy lejana al punto de conexión con el SIN y tratarse de una instalación de potencia reducida, solo se analiza la subestación TARIJA correspondiente al SIN. A continuación se indican las subestaciones evaluadas.

Subestación	Tensión [kV]
TARIJA 230	230
TARIJA 115	115
SAN LORENZO	24,9
LOS CHAPACOS	24,9
AGRUPA	24,9
GOAB WAGNER	24,9
TOMATITAS	24,9
SAN LORENZO	24,9
CALAMA	24,9
EL MOLINO	24,9
ISACAYACHI	24,9
ABRA SERNAP	24,9
COPACABANA	24,9

Tabla -14 Área de influencia de la planta solar

1.2.4. Criterios para estudios de corto circuito

1.2.4.1. Supuestos y consideraciones

El cálculo de las corrientes de cortocircuito efectuado para realizar este informe tiene en cuenta las siguientes consideraciones:

- Durante el tiempo de duración del cortocircuito no existe cambio en el tipo de cortocircuito, esto es, un cortocircuito trifásico permanece trifásico y un cortocircuito monofásico permanece monofásico durante todo el tiempo del cortocircuito.
- Durante el tiempo de duración del cortocircuito, no existen cambios topológicos en la red.
- La impedancia de los transformadores es referida a la posición nominal del cambiador de tomas. No obstante, el cálculo de corrientes de cortocircuito debe considerar un factor de corrección que represente a la posición del cambiador de tomas que de origen a la menor impedancia de cortocircuito.
- Las magnitudes de la resistencia del arco de cortocircuito y de la impedancia de falla se consideran despreciables.
- No se consideran: las capacitancias de las líneas, las admitancias shunt y las cargas estáticas (no-rotatorias), excepto las correspondientes a la red de secuencia cero del sistema.
- El tiempo mínimo de separación de los contactos de un interruptor a considerar será de 40 milisegundos. Dicho valor, está constituido por la suma del tiempo de operación del relé más rápido que actúa sobre el disparo del interruptor y del tiempo de inicio de la separación de sus contactos.

1.2.4.2. Condiciones

El cálculo de las corrientes de cortocircuito efectuado para realizar este informe tiene en cuenta las siguientes condiciones:

- La tensión pre - falla es igual a C veces la tensión nominal, donde C es un factor de tensión, el cual depende de la tensión, de acuerdo a la Norma IEC 60909-0.

Tensión nominal	Factor de tensión C
-----------------	---------------------

230 [V] . 400 [V]	1
400 [kV] < Vn m [kV]	1,05
1 [kV] mVn	1,1

Tabla -15 Factor de tensión C (Norma IEC 60909-0)

- La resistencia de las líneas aéreas y cables es considerada para una temperatura de 20 °C.

1.2.5. Niveles de cortocircuito

Este estudio de cortocircuitos proporciona los valores de corriente de cortocircuito que deberán ser tenidos en cuenta para verificar el dimensionamiento de los equipos cercanos a la central, debiendo tener estos la capacidad de ruptura suficiente para soportar los nuevos niveles de cortocircuito tras la incorporación de la potencia que generará la central en estudio. Para esto, los equipos deberán ser capaces de soportar tanto la corriente de cortocircuito que se establezca a través de estos durante el tiempo de despeje de la falla, como la máxima corriente de cortocircuito de cierre contra falla, ya sea por cierre de operación normal o por cierre con reconexión automática. Además deberán tener la capacidad de interrumpir la máxima corriente de cortocircuito, que se establezca a través de estos, de acuerdo con su ubicación en la red y la localización de la falla.

Las corrientes de cortocircuito deberán ser determinadas para fallas trifásicas (3) y monofásicas a tierra (1 -T). En cada una de ellas se determinarán las componentes simétrica inicial r.m.s., I_{kss} [kA] y la corriente de cortocircuito máxima instantánea (peak), correspondiente a la corriente de cierre contra falla, i_p [kA].

1.2.5.1. Corrientes de Cortocircuito Simétrica Inicial I_{kss} [kA]

A continuación se presentan las corrientes de cortocircuito simétrica inicial para fallas de tipo trifásico, bifásico aislado, bifásico a tierra y monofásico a tierra, en los puntos analizados, con la central y sin la central. Se determina el mayor nivel obtenido de esta en cada punto.

Subestación	V [kV]	Cortocircuito 1f		Cortocircuito 3f		\hat{I}_k Máx
		Con P.E.	Sin P.E.	Con P.E.	Sin P.E.	
TARIJA 230	230	2,70	2,69	2,27	2,26	2,70
TARIJA 115	115	0	0	2,08	2,06	-
INT. SAN LORENZO	24,9	2,26	2,23	2,12	2,03	2,26
LOS CHAPACOS	24,9	1,97	1,94	1,98	1,89	1,98
AGRUPA	24,9	1,89	1,87	1,94	1,86	1,94
GOAB WAGNER	24,9	1,80	1,78	1,91	1,82	1,91
TOMATITAS	24,9	1,58	1,56	1,80	1,71	1,80
SAN LORENZO	24,9	0,85	0,83	1,17	1,08	1,17
CALAMA	24,9	0,62	0,60	0,89	0,81	0,89
EL MOLINO	24,9	0,40	0,39	0,67	0,59	0,67
ISACAYACHI	24,9	0,31	0,29	0,52	0,44	0,52
ABRA SERNAP	24,9	0,24	0,23	0,41	0,33	0,41
COPACABANA	24,9	0,16	0,15	0,28	0,21	0,28
PS GUARACACHI	24,9	0,16	NA	0,27	NA	0,27

Tabla -16 Corrientes de cortocircuito simétrica inicial (I).

Subestación	V [kV]	Cortocircuito 1f		Cortocircuito 3f		\hat{I}_k Máx
		Con P.E.	Sin P.E.	Con P.E.	Sin P.E.	
TARIJA 230	230	6,64	6,64	5,59	5,57	6,64
TARIJA 115	115	0	0	5,32	5,29	5,32
INT. SAN LORENZO	24,9	5,85	5,84	5,48	5,33	5,85
LOS CHAPACOS	24,9	4,43	4,41	4,45	4,30	4,45
AGRUPA	24,9	4,14	4,12	4,26	4,10	4,26
GOAB WAGNER	24,9	3,81	3,79	4,03	3,87	4,03
TOMATITAS	24,9	3,03	3,01	3,46	3,30	3,46
SAN LORENZO	24,9	1,29	1,25	1,78	1,63	1,78
CALAMA	24,9	0,92	0,88	1,33	1,18	1,33
EL MOLINO	24,9	0,60	0,56	1,00	0,86	1,00
ISACAYACHI	24,9	0,46	0,42	0,78	0,63	0,78

Subestación	V [kV]	Cortocircuito 1f		Cortocircuito 3f		\hat{I}_k Máx
		Con P.E.	Sin P.E.	Con P.E.	Sin P.E.	
ABRA SERNAP	24,9	0,37	0,33	0,64	0,48	0,64
COPACABANA	24,9	0,30	0,22	0,52	0,30	0,52
PS GUARACACHI	24,9	0,30	NA	0,52	NA	0,52

Tabla -17 Corrientes de cortocircuito simétrica inicial (II).

1.2.5.2. Corrientes de Cortocircuito Máxima Instantánea (Peak) i_p [kA]

A continuación se presentan las corrientes de cortocircuito máxima instantánea (peak), considerada para el cierra contra falla, para fallas de tipo trifásico, bifásico aislado, bifásico a tierra y monofásico a tierra, en los puntos analizados, con la central y sin la central. Se determina el mayor nivel obtenido de esta en cada punto.

Subestación	V [kV]	Cortocircuito 1f		Cortocircuito 3f		\hat{I}_k Máx
		Con P.E.	Sin P.E.	Con P.E.	Sin P.E.	
TARIJA 230	230	6,64	6,64	5,59	5,57	6,64
TARIJA 115	115	0	0	5,32	5,29	5,32
INT. SAN LORENZO	24,9	5,85	5,84	5,48	5,33	5,85
LOS CHAPACOS	24,9	4,43	4,41	4,45	4,30	4,45
AGRUPA	24,9	4,14	4,12	4,26	4,10	4,26
GOAB WAGNER	24,9	3,81	3,79	4,03	3,87	4,03
TOMATITAS	24,9	3,03	3,01	3,46	3,30	3,46
SAN LORENZO	24,9	1,29	1,25	1,78	1,63	1,78
CALAMA	24,9	0,92	0,88	1,33	1,18	1,33
EL MOLINO	24,9	0,60	0,56	1,00	0,86	1,00
ISACAYACHI	24,9	0,46	0,42	0,78	0,63	0,78
ABRA SERNAP	24,9	0,37	0,33	0,64	0,48	0,64
COPACABANA	24,9	0,30	0,22	0,52	0,30	0,52
PS GUARACACHI	24,9	0,30	NA	0,52	NA	0,52

Tabla -18 Corrientes de cortocircuito máxima instantánea.

1.2.6. **Conclusiones**

La conexión de la planta solar Yunchará tiene un efecto prácticamente inapreciable sobre los niveles de cortocircuito de las subestaciones del área de influencia

Se proporcionan los valores máximos de corrientes de cortocircuito en la subestación de la planta solar Yunchará de cara al correcto dimensionamiento de los elementos que componen la central.

1.3. Análisis de estabilidad

En el siguiente informe se presentan los resultados asociados al estudio de estabilidad transitoria, realizado para analizar el impacto que tendrá la conexión de la central solar Yunchará, al SIN.

Esta central, corresponde a un parque solar, de 5 MW de potencia nominal, que se conectará al SIN por medio de la subestación Tarija, en un nivel de tensión de 115 kV.

1.3.1. Metodología

Para evaluar el impacto que tendrá la incorporación de la central en el SIN, se efectuó un estudio de régimen dinámico, analizando la capacidad del sistema para mantener la estabilidad tanto en condiciones normales de operación como ante la ocurrencia de contingencias. Estas contingencias pueden ser cortocircuitos o la pérdida de un elemento del sistema.

El análisis se centra en comprobar la estabilidad en tensión y frecuencia en el área de influencia de la conexión de la central solar.

Los cálculos para efectuar este estudio fueron realizados en el software Power Factory de Digsilent, el cual permite la ejecución de simulaciones dinámicas.

1.3.2. Modelado

A partir de las hojas de datos de los diferentes equipos que componen la central solar, se procede a su modelado mediante el software Power Factory.

El SIN se modela como un equivalente Thevenin a partir de la subestación Monte Sud-Tarija 230 kV al considerar que esta es la zona de influencia respecto del punto de conexión de la planta solar.

La planta solar Yunchará se conecta a la línea que une los nodos Abra SERNAP-Copacabana, junto al nodo Copacabana.

La red eléctrica entre La subestación Tarija y la planta solar se modela de acuerdo a la información proporcionada por SETAR [1]. En la Figura 1 y Figura 2 se muestra el diagrama de la línea eléctrica y en la Figura 3 el diagrama del modelo resultante.

La planta solar Yunchará se compone de 5 inversores Sunny Central 1000CP XT. Se considera la capacidad de inyección de potencia reactiva de los aerogeneradores en el rango de 0,90 ind ~0,90 cap. Los inversores se conectan

entre sí mediante una red de media tensión con conexión en anillo según se muestra en la Figura 4.

El generador fotovoltaico se modela mediante un modelo de librería de DigSilent.

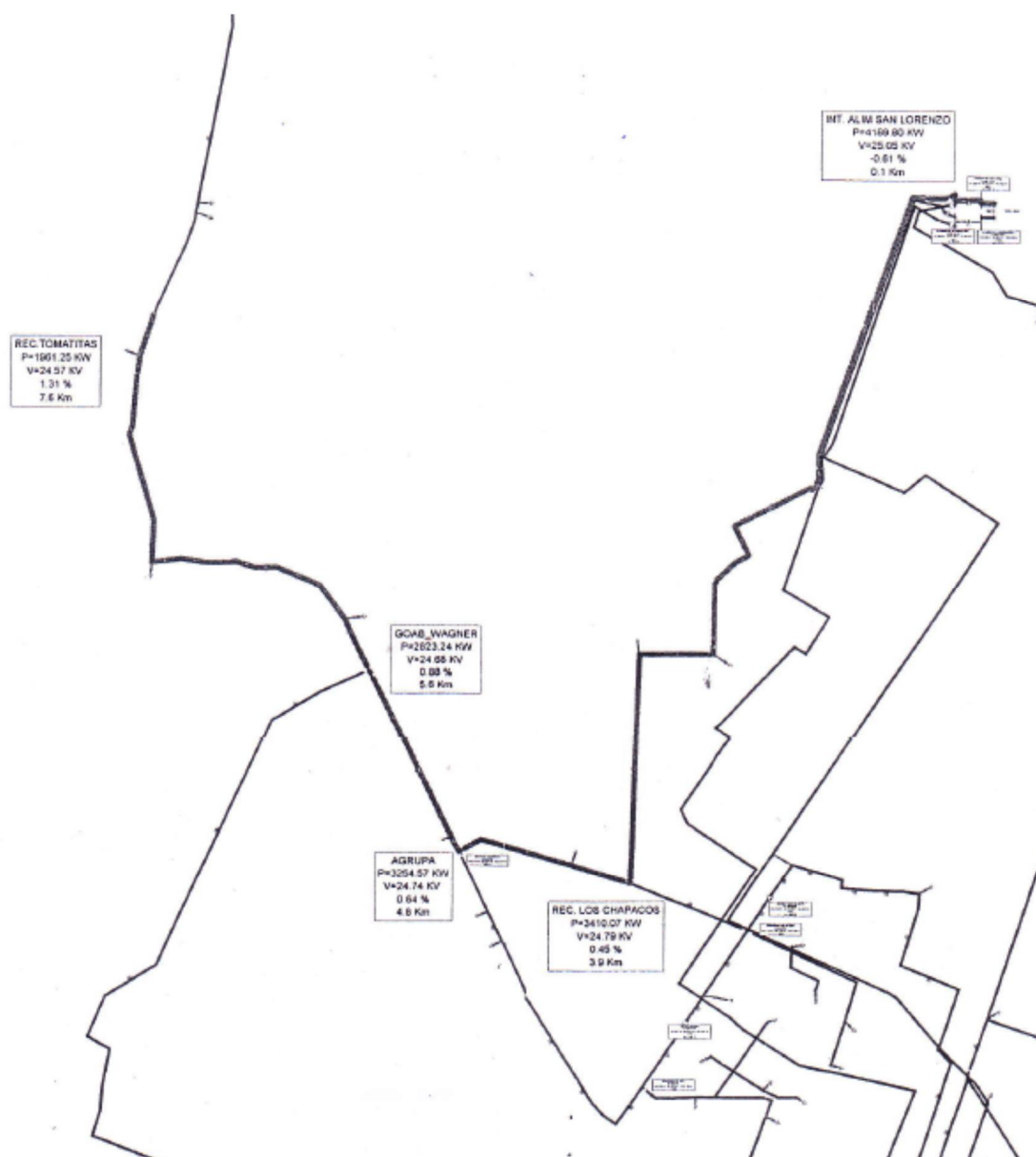


Ilustración -5. Tramo de línea INT. Alimentador San Lorenzo Æ Reconector Tomatitas (Fuente: SETAR).

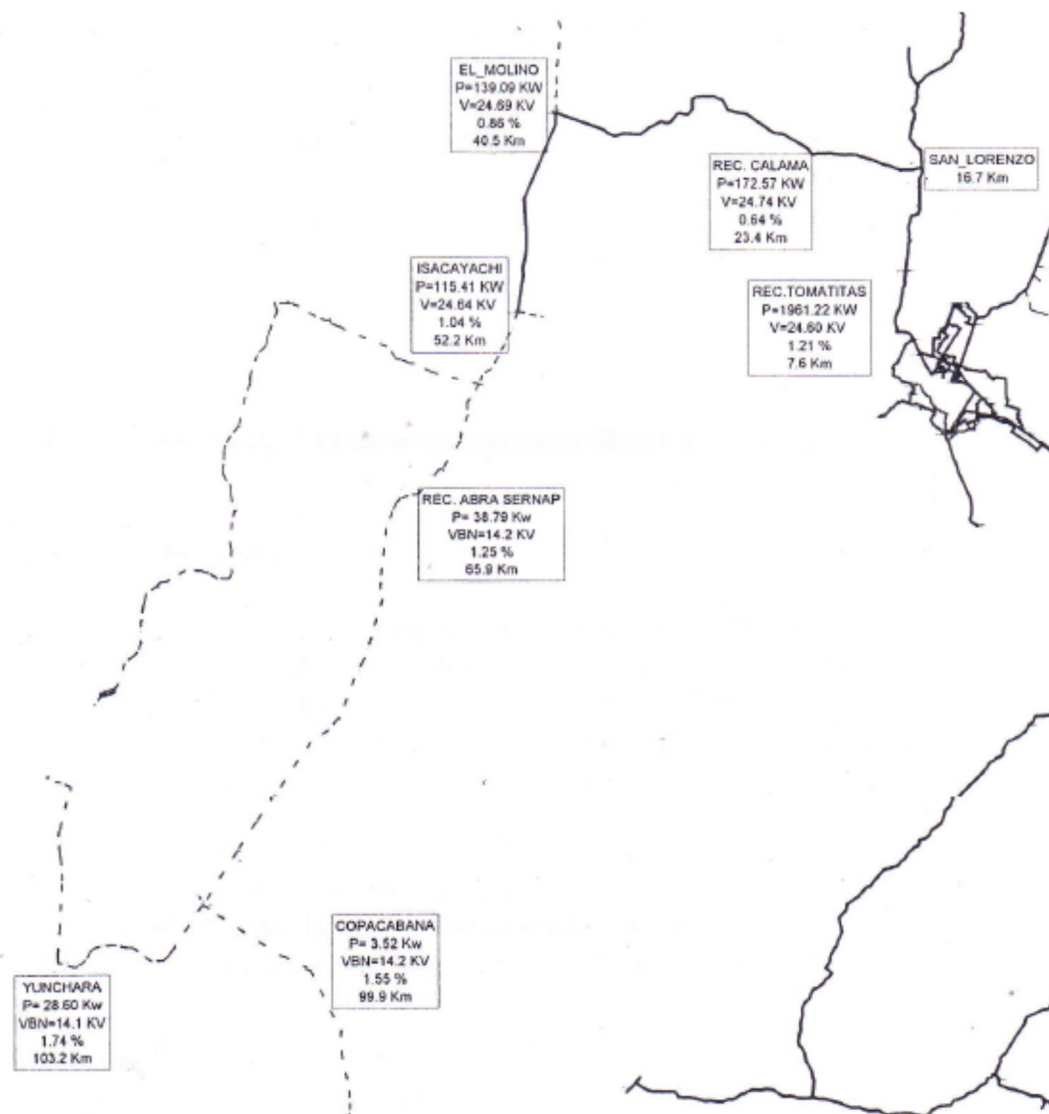


Ilustración -6. Tramo de línea Reconector Tomatitas - Yunchara (Fuente: SETAR).

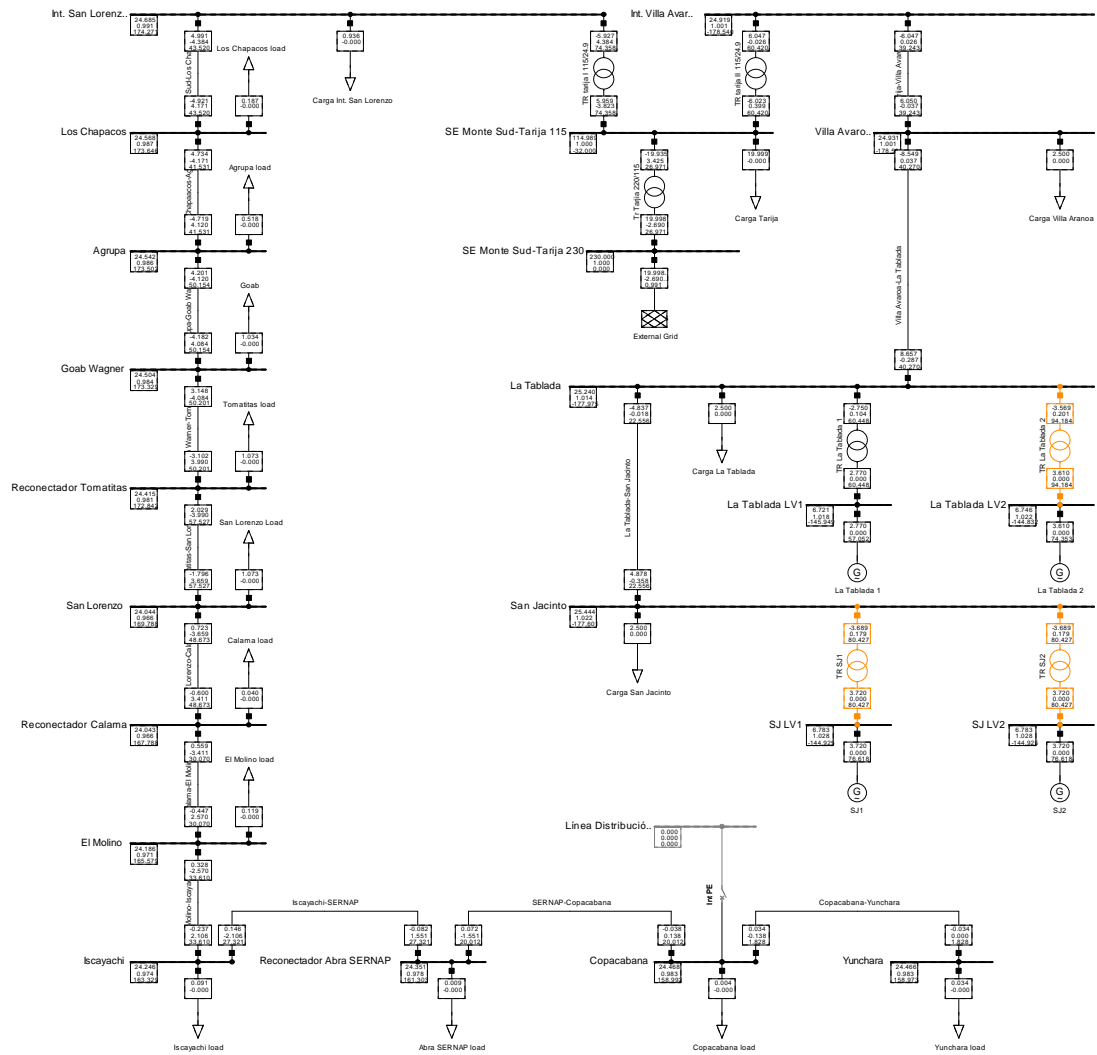


Ilustración -7. Modelo DigSilent PowerFactory del área Tarija-Yunchara..

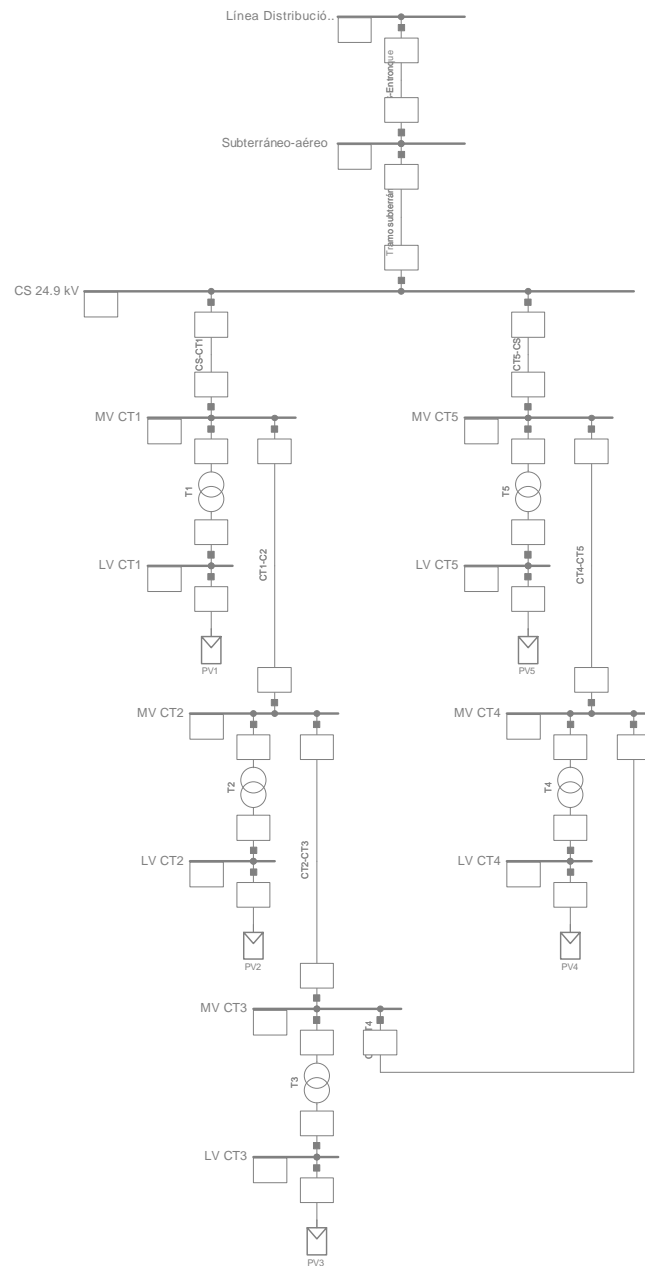


Ilustración -8. Modelo DigSilent PowerFactory de la planta solar.

1.3.3. Definición del área de influencia de la central

El estudio circunscribe a la zona de influencia de la planta solar. Al estar la planta de generación muy lejana al punto de conexión con el SIN y tratarse de una

instalación de potencia reducida, solo se analiza la subestación TARIJA correspondiente al SIN. A continuación se indican los nodos evaluados.

Nodo	Tensión [kV]
TARIJA 230	230
TARIJA 115	115
INT. SAN LORENZO	24,9
LOS CHAPACOS	24,9
AGRUPA	24,9
GOAB WAGNER	24,9
TOMATITAS	24,9
SAN LORENZO	24,9
CALAMA	24,9
EL MOLINO	24,9
ISACAYACHI	24,9
ABRA SERNAP	24,9
COPACABANA	24,9

Tabla -19 Nodos del área de influencia de la central solar (Fuente: elaboración propia).

Línea	Capacidad [MW]
INT. SAN LORENZO. LOS CHAPACOS	15,4
LOSC CHAPACOS-AGRUPA	15,4
AGRUPA-GOAB WAGNER	11,9
GOAB WAGNER-TOMATITAS	10,4
TOMATITAS-SAN LORENZO	7,9
SAN LORENZO-CALAMA	7,9
CALAMA-EL MOLINO	7,9
EL MOLINO-ISLAYACHI	7,9
ISLAYACHI-ABRA SERNAP	7,9
ABRA SERNAP-ENTRONQUE COPACABANA	7,9
ENTRONQUE COPACABANA-PV GUARACACHI	13,6

Tabla -20 Líneas del área de influencia de la central solar (Fuente: elaboración propia).

1.3.4. Estudio de estabilidad transitoria

El estudio de estabilidad transitoria busca analizar el impacto que tendrá en el SIN la incorporación de la nueva central. Este análisis se hace por medio de la simulación de distintas contingencias.

En los escenarios que se produzcan sobrecargas en los elementos serie, o que las tensiones en los puntos estudiados estén fuera de lo exigido por la normativa vigente, estos se simularán considerando la central no despachada, para así determinar si estas salidas de norma corresponden al ingreso de la central al sistema, o a una pre-existencia.

1.3.4.1. Criterios para estudios de estabilidad transitoria

Según la resolución AE N° 110/2011, los niveles de tensión en barras deben cumplir con lo indicado en la tabla siguiente:

Tensión Nominal	Estado normal	Estado de emergencia	
		Inmediatamente posterior a la contingencia	Posterior a la contingencia
230 kV	De 0,95 a 1,05 pu	De 0,85 a 1,10 pu	De 0,90 a 1,065 pu
115 kV	De 0,95 a 1,05 pu	De 0,85 a 1,10 pu	De 0,95 a 1,07 pu
69 kV	De 0,95 a 1,05 pu	De 0,85 a 1,10 pu	De 0,95 a 1,05 pu

Tabla ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento.-21 **Niveles de tensión admisibles (Fuente: elaboración propia).**

Para el nivel de 24,9 kV se considera un rango de funcionamiento de 0,90 a 1,10 pu. De igual manera no deben producirse casos de sobrecarga en las líneas bajo estudio.

1.3.4.2. Escenarios analizados

A continuación se muestran los escenarios operacionales analizados para determinar el impacto de la incorporación de la central.

La red eléctrica entre la subestación Tarija y la planta solar está compuesta por una línea eléctrica de circuito simple, lo que limita las contingencias que pueden ser realizadas ya que la apertura de cualquier tramo supone la desconexión de la planta solar.

Caso	Estado
Caso 1	Desconexión intempestiva del PS Yunchará P=1MW 0,90ind
Caso 2	Desconexión intempestiva del PS Yunchará P= 5MW 0,90ind Reactancia 3,1MVar
Caso 3	Hueco de tensión en Tarija 115kV. PS Yunchará P=1MW 0,90ind
Caso 4	Hueco de tensión en Tarija 115kV. PS Yunchará P= 5MW 0,90ind Reactancia 3,1MVar

Tabla -22 Casos de estudio (Fuente: elaboración propia).

1.3.4.3. Resultados

En esta sección se exponen en tablas los resultados obtenidos de las simulaciones de estabilidad transitoria realizadas en cada escenario descrito en el punto 3.

CASO 1. DESCONEXIÓN INTEMPESTIVA DE LA PLANTA SOLAR

En el instante $t=1s$ se produce la desconexión total de la planta solar, segundos después del evento las tensiones vuelven a alcanzar un nuevo equilibrio, recuperando su valor de manera progresiva.

No se registra ninguna sobrecarga en las líneas.

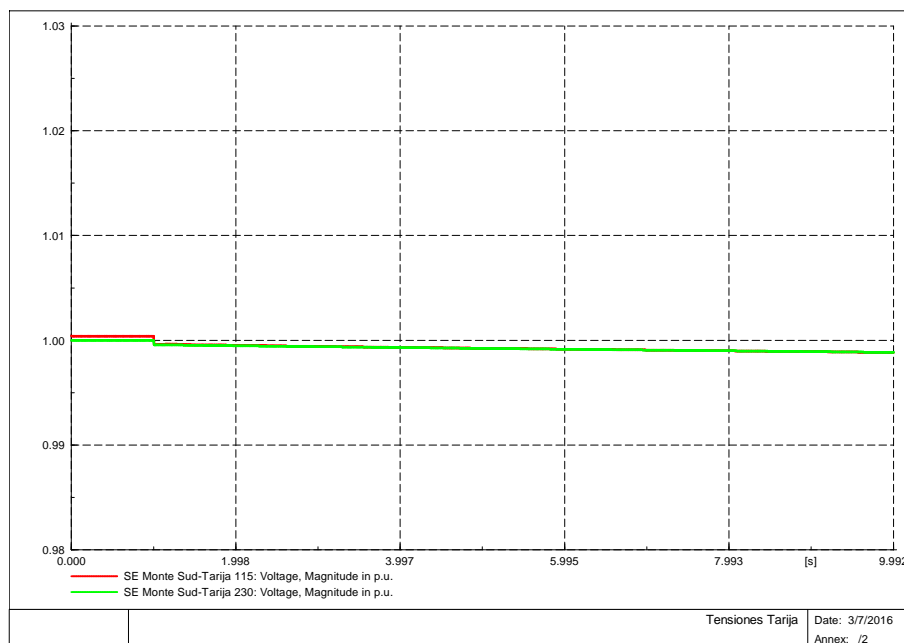


Ilustración -9. Tensiones en la subestación Monte Sud-Tarija. CASO1.

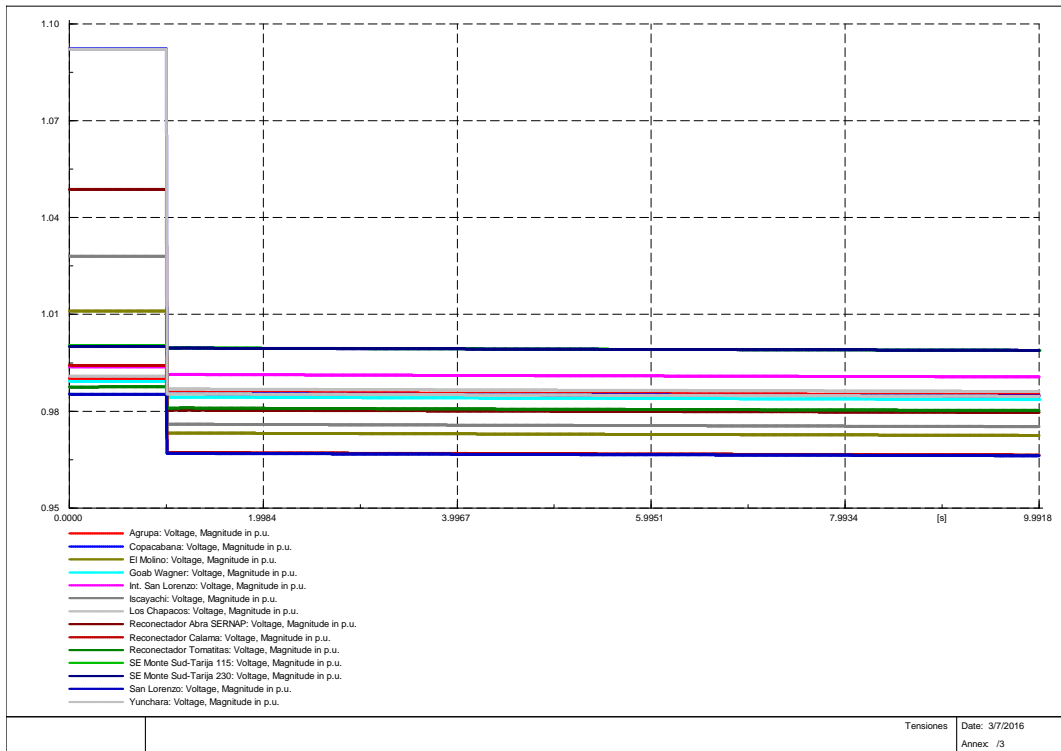


Ilustración -10. Tensiones en los nodos de 24.9 kV. CASO1.

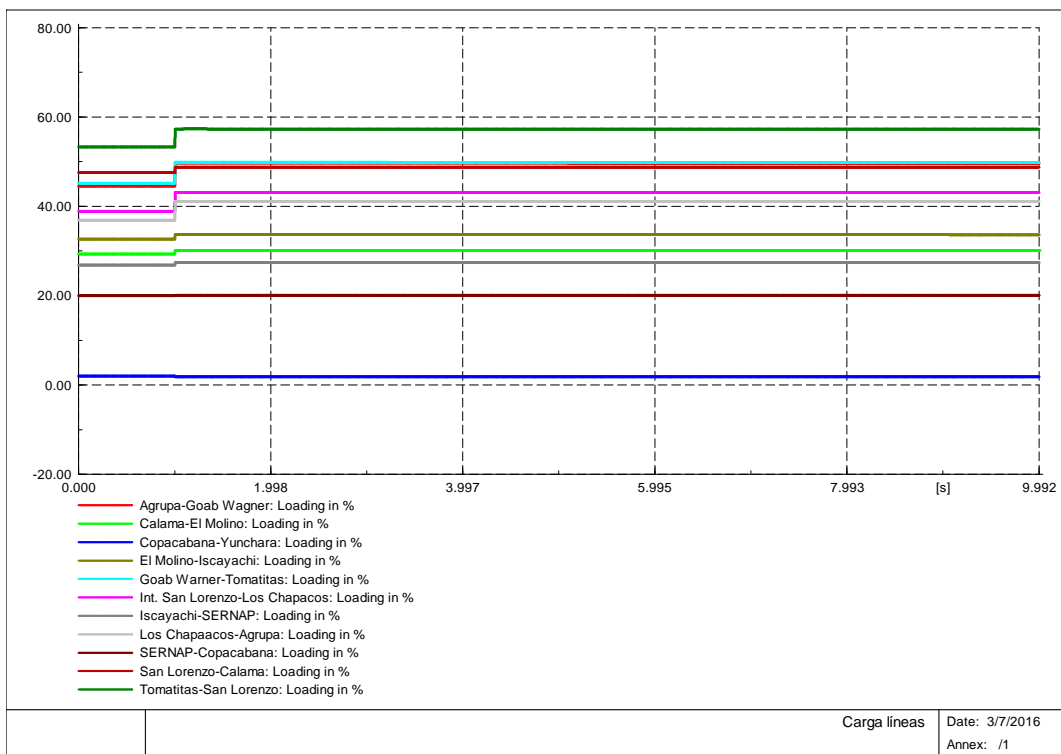


Ilustración -11. Carga en las líneas del área de influencia. CASO1.

CASO 2. DESCONEXIÓN INTEMPESTIVA DE LA PLANTA SOLAR

En el instante $t=1s$ se produce la desconexión total de la planta solar, segundos después del evento las tensiones vuelven a alcanzar un nuevo equilibrio, recuperando su valor de manera progresiva.

No se registra ninguna sobrecarga en las líneas.

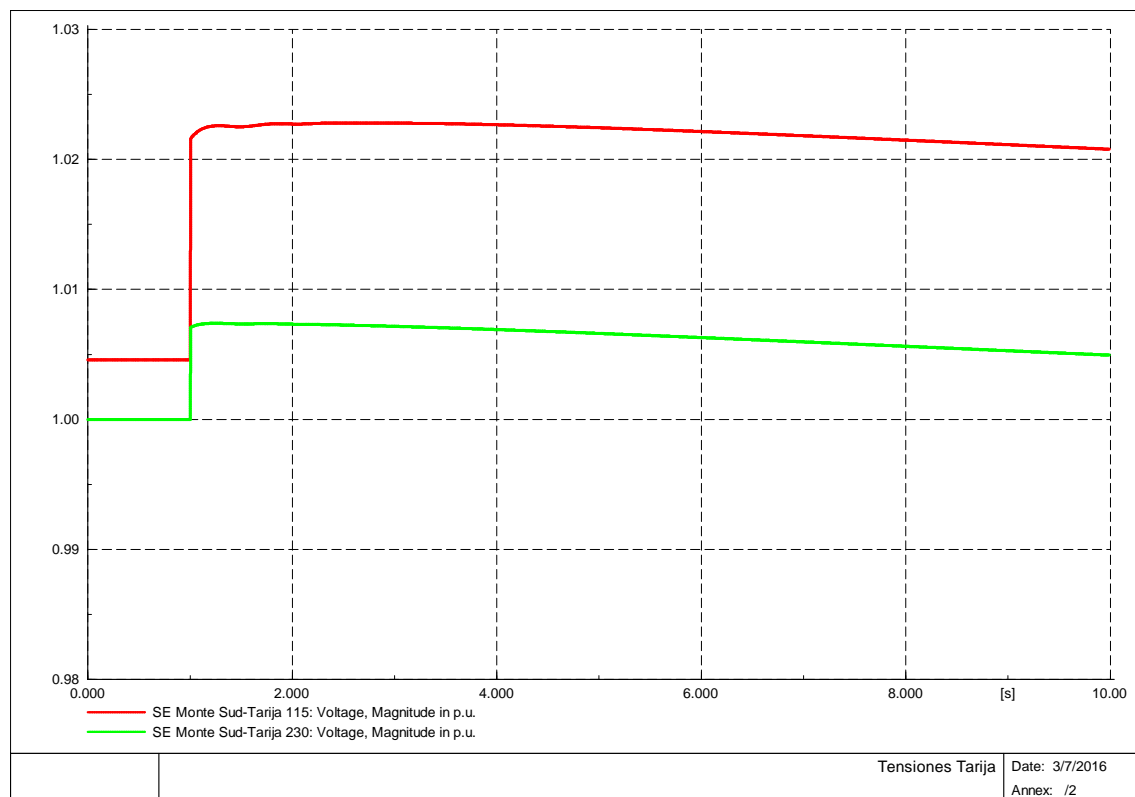


Ilustración -12. Tensiones en la subestación Monte Sud-Tarija. CASO2.

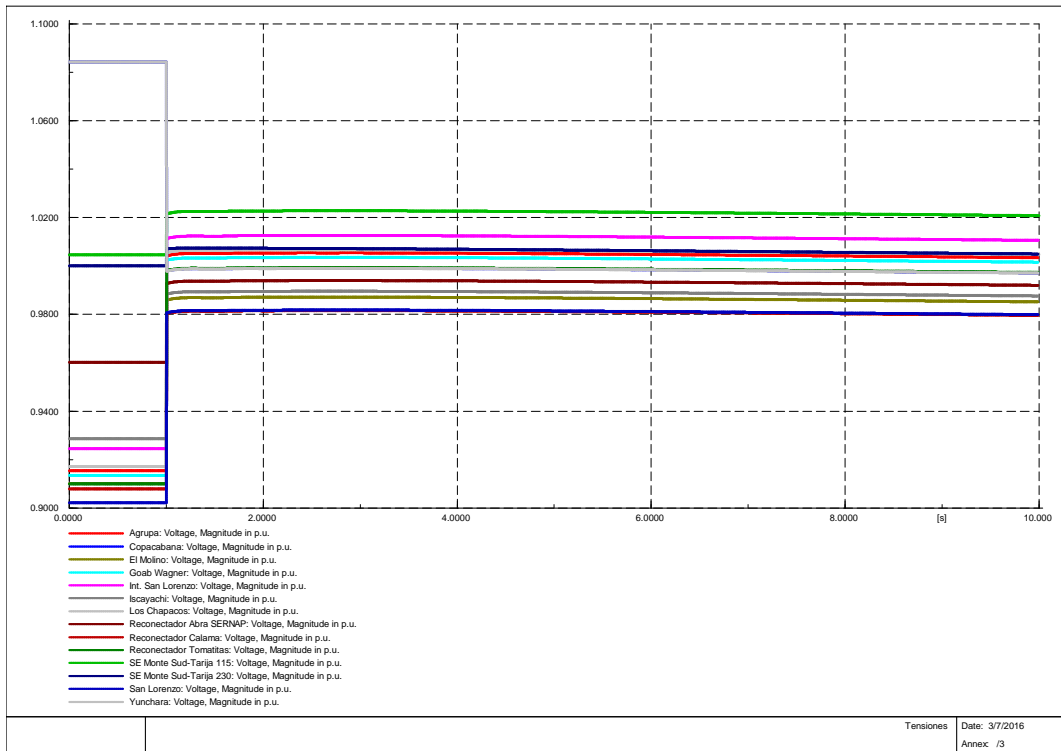


Ilustración -13. Tensiones en los nodos de 24,9kV. CASO 2.

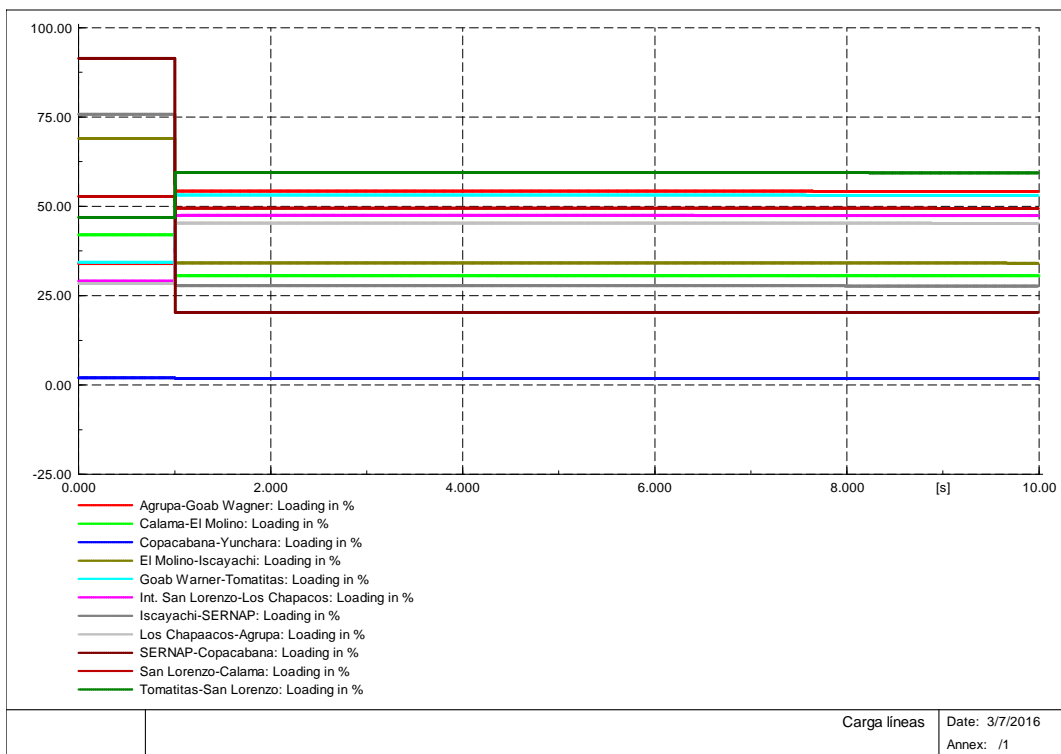


Ilustración -14. Carga en las líneas del área de influencia. CASO 2.

CASO 3. HUECO DE TENSIÓN N LA SUBESTACIÓN TARIJA 115 KV. PLANTA SOLAR P=1MW 0,90 ind.

En el instante $t=1s$ se produce un hueco de tensión trifásico de duración 400 ms en la subestación Monte Sub-Tarija 115 kV, cayendo la tensión hasta un valor cercano a 0,25 pu, después del evento las tensiones vuelven a alcanzar un nuevo equilibrio, recuperando su valor de manera progresiva.

No se registra ninguna sobrecara en las líneas.

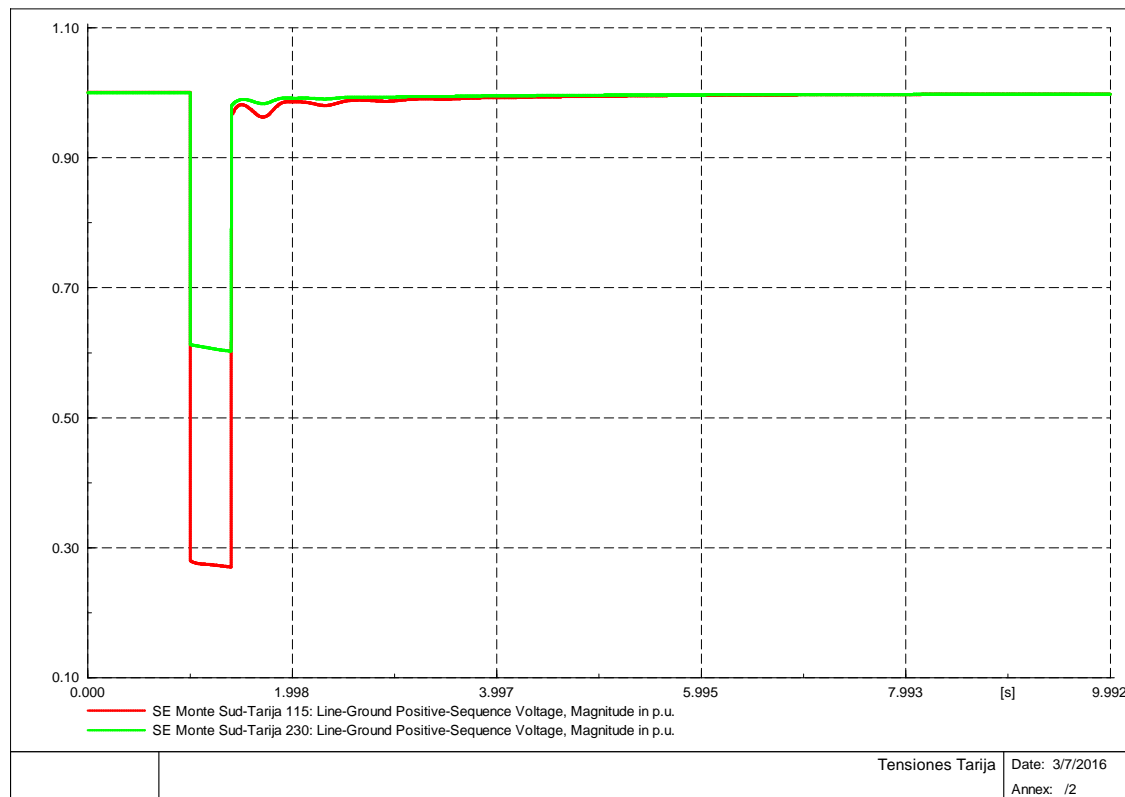


Ilustración -15. Tensiones en la subestación Monte Sud-Tarija. CASO3.

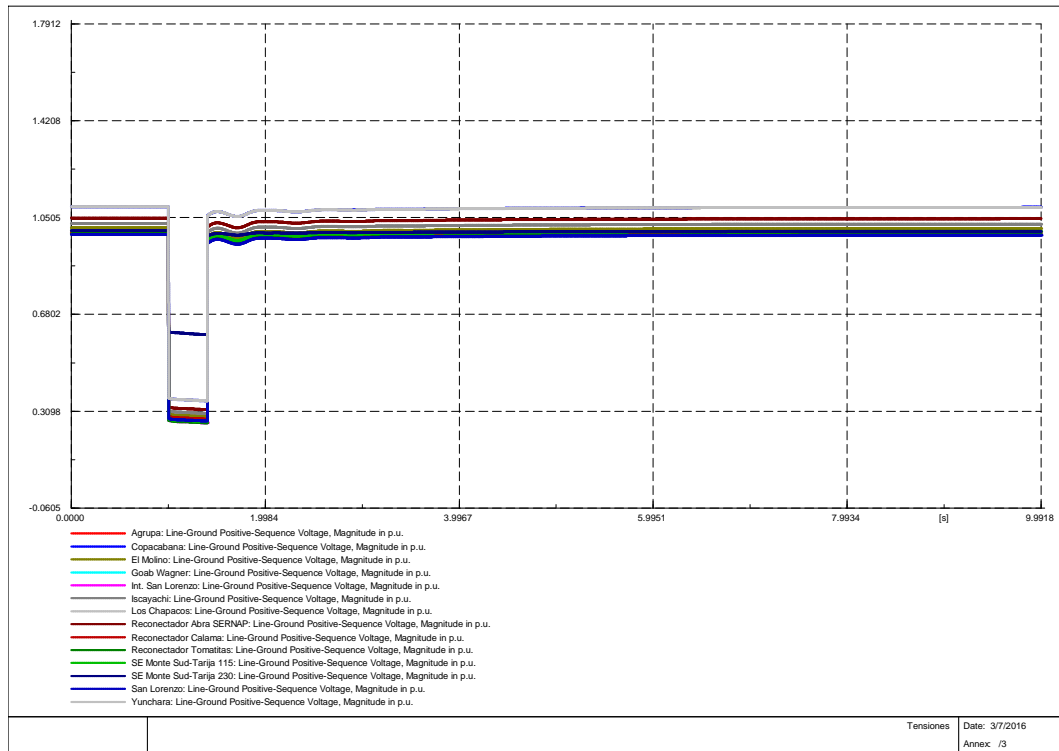


Ilustración -16. Tensiones en los nodos de 24,9kV. CASO 3.

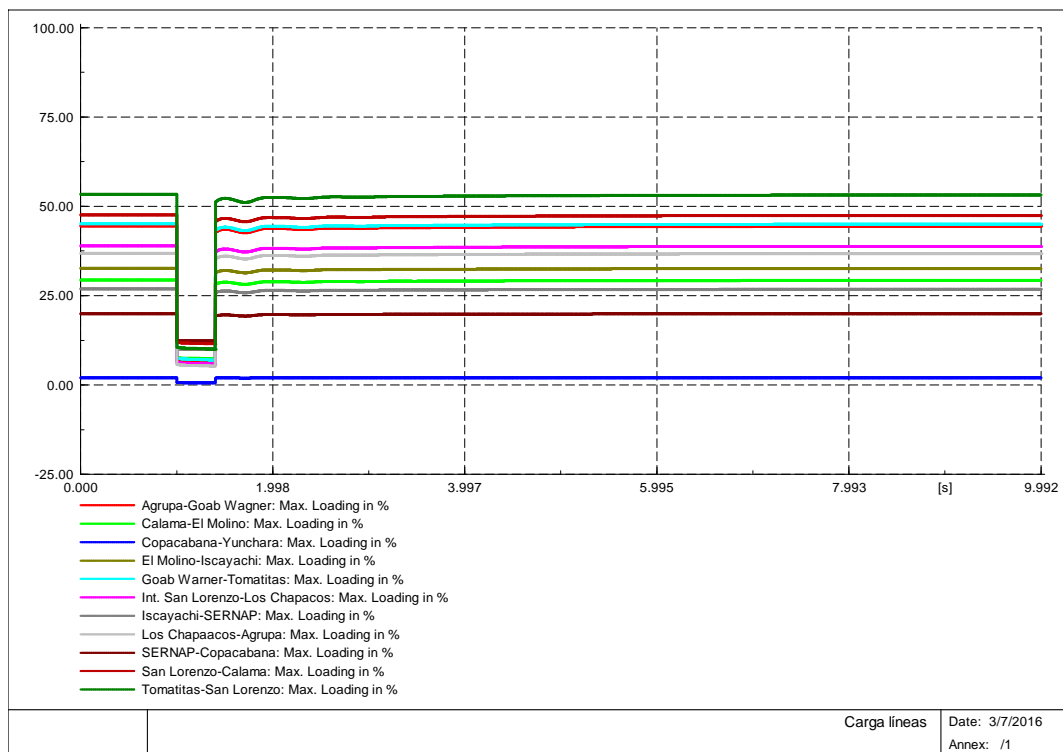


Ilustración -17. Carga en las líneas del área de influencia. CASO 3.

CASO 4. HUECO DE TENSIÓN N LA SUBESTACIÓN TARIJA 115 KV. PLANTA SOLAR P=5MW 0,90 ind REACTOR 3,1MVA_r.

En el instante t=1s se produce un hueco de tensión trifásico de duración 400 ms en la subestación Monte Sub-Tarija 115 kV, cayendo la tensión hasta un valor cercano a 0,60 pu, después del evento las tensiones vuelven a alcanzar un nuevo equilibrio, recuperando su valor de manera progresiva.

No se registra ninguna sobrecara en las líneas.

Para huecos de tensión de valor inferior a 0,60 pu en la subestación Monte Sud-Tarija, la simulación es no convergente.

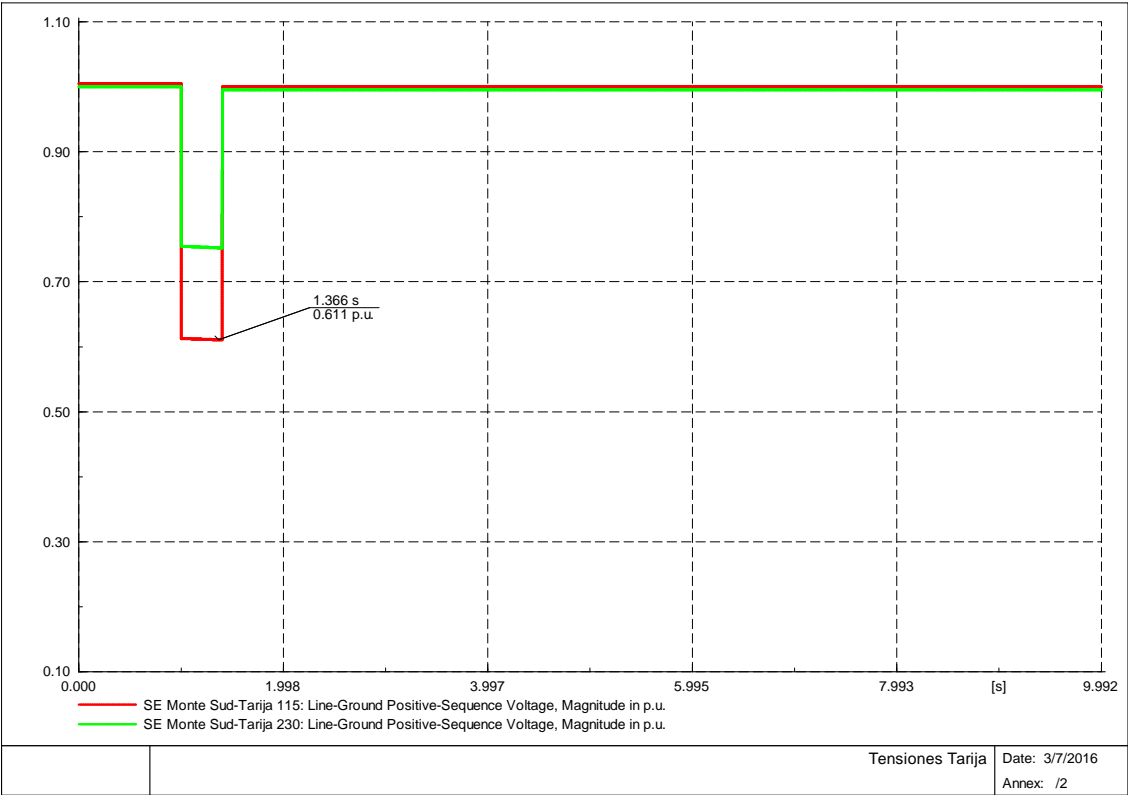


Ilustración -18. Tensiones en la subestación Monte Sud-Tarija. CASO4.

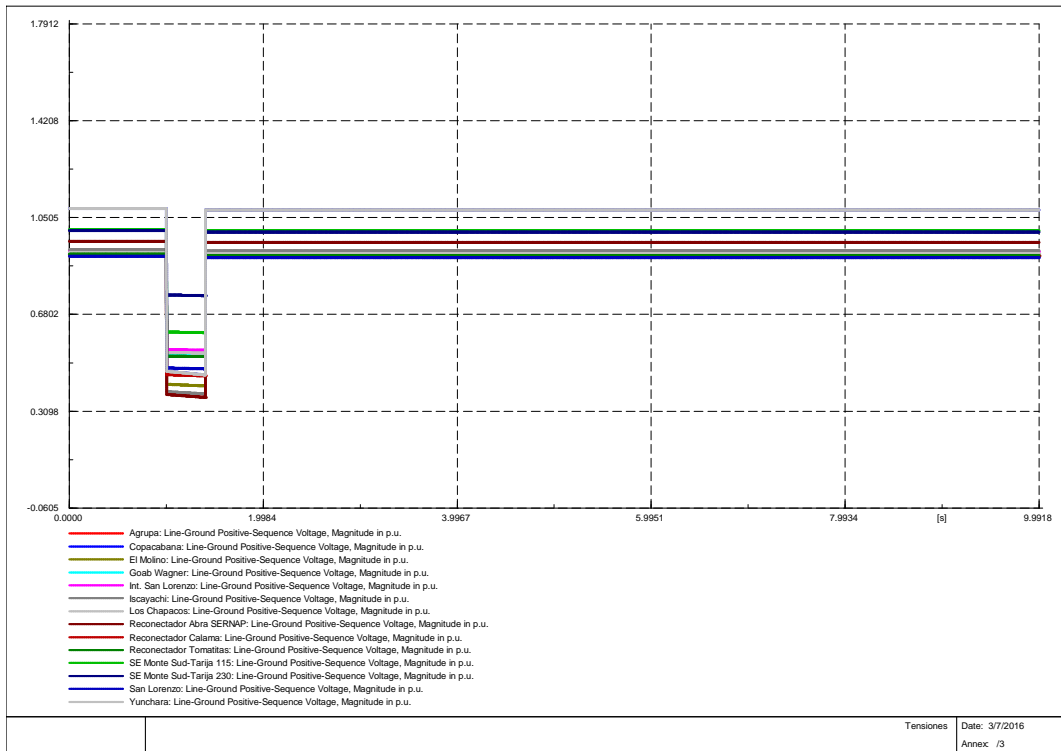


Ilustración -19. Tensiones en los nodos de 24,9kV. CASO 4.

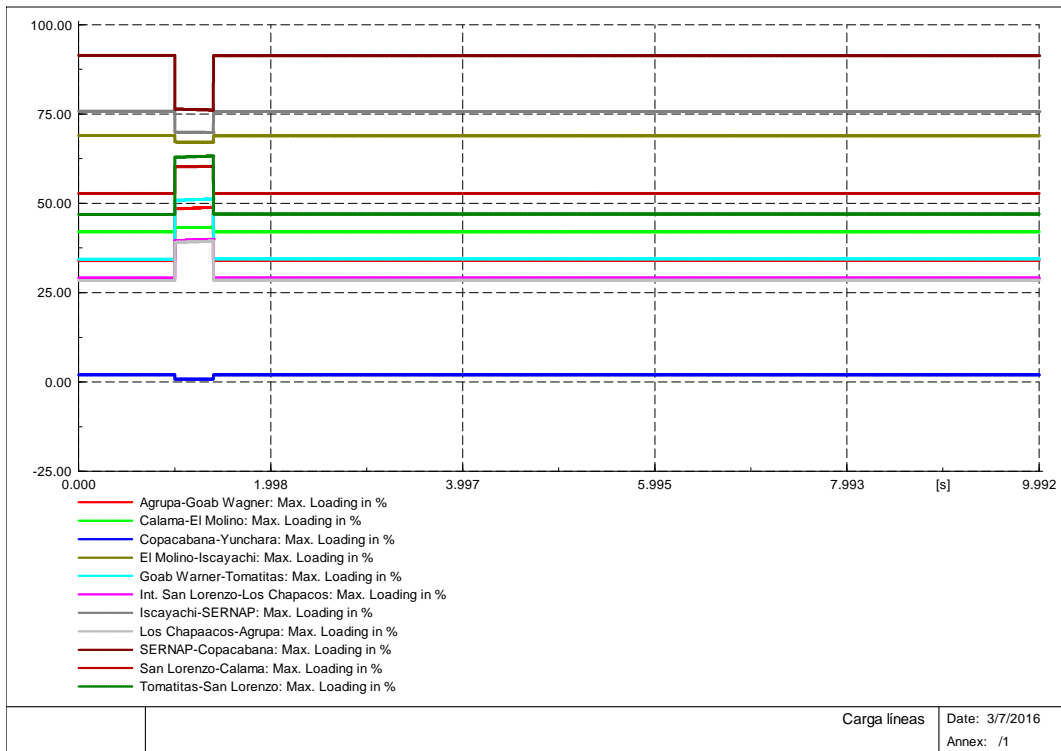


Ilustración -20. Carga en las líneas del área de influencia. CASO 4.

1.3.4.4. Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos se puede concluir que la conexión de la central solar Yunchará de potencia 5 MW, en el nodo de 115 kV, no genera inestabilidad en el área bajo análisis para ninguno de los casos analizados.

Para el caso 4, con la planta solar generando 5MW, la simulación es no convergente para huecos de tensión de profundidad mayor a 0,60 p.u., por lo que no pueden sacarse conclusiones sobre la estabilidad de la planta en este intervalo.

1.4. Requisitos y exigencias líneas de transmisión

Los requisitos y exigencias que las líneas de transmisión que deben cumplir se recogen en la siguiente normativa:

- Norma operativa N° 11: *Condiciones técnicas para la incorporación de nuevas instalaciones al SIN+*
- Norma operativa N° 30: *Requisitos técnicos mínimos para proyectos de generación y transmisión+*

Los requisitos principales para las líneas de transmisión se enumeran a continuación:

1. Las capacidades térmicas de líneas de transmisión en corriente alterna deberán ser calculadas en base a la última versión de la norma IEEE 738. La temperatura de flechado debe ser igual al límite térmico de los conductores de fase de 75°C. Deberán tener la capacidad de sobrecarga temporal de 15 y 30 minutos para operación en condiciones de emergencia.
2. Uno de los cables de guarda será con fibra óptica OPGW (mínimo 24 fibras monomodo), que permita la comunicación entre subestaciones y la protección diferencial de la línea
3. Las líneas en 230 kV, con longitudes mayores a 90 km deberán contar con reactores de compensación por un porcentaje entre 50 y 85 %. La diferencia entre la generación de reactivo de la línea, en vacío y el reactivo absorbido por el o los reactores de compensación no deberá ser superior a 13.5 MVar.
4. La ubicación del reactor o reactores deberá permitir la energización de la línea desde ambos extremos y estar determinada en base a estudios eléctricos con un horizonte de al menos 4 años y teniendo en cuenta la regulación de voltaje en los puntos adyacentes a los extremos de la línea.
5. Las líneas en 230 kV deberán poder operar con reconexión monofásica. Para asegurar el recierre de las líneas de 230 kV de longitudes mayores a 100 km se deberá conectar en uno o más puntos en derivación a la línea, reactores monofásicos con una unidad de reserva y reactor de neutro. En las subestaciones donde ya hubiese una unidad monofásica de reserva, no será necesario disponer de una unidad adicional, siempre y cuando se tengan las mismas características técnicas.

6. Los valores de resistencia de pie de torre de las estructuras de las líneas de transmisión no deberán ser superiores a 20 Ohmios, medidos en época seca. Para el caso de tramos de línea que pasan por zonas de alto nivel isoceraúnico mayor a 120 días-tormenta/año, deben tener valores de resistencia de pie de torre menor o igual a 15 Ohmios.
7. Las líneas con longitudes mayores a 150 km deben contar con transposiciones para equilibrar las impedancias de fase
8. Para extensiones radiales del SIN en tensiones superiores o iguales a 69 kV, o proyectos de interconexión del SIN con áreas de influencia del proyecto dentro de los márgenes establecidos en las Condiciones de Desempeño Mínimo para el primer y cuarto año de operación del proyecto.
9. Los equipos de maniobra deben ser compatibles con los diseños aplicados en las subestaciones donde vayan a conectarse.
10. Las características de los sistemas de protección deben tomar en cuenta lo especificado en la Norma Operativa No. 17.
11. Las instalaciones deben enviar señales al sistema SCADA operando por el CNDC, según lo especificado en la Norma Operativa No. 11.

1.5. Requisitos y exigencias subestaciones

Los requisitos y exigencias que las subestaciones que deben cumplir se recogen en la siguiente normativa:

- Norma operativa N° 11: *Condiciones técnicas para la incorporación de nuevas instalaciones al SIN+*
- Norma operativa N° 30: *Requisitos técnicos mínimos para proyectos de generación y transmisión+*

Los requisitos principales para las subestaciones se enumeran a continuación:

1. Los transformadores de transmisión deben tener regulación bajo carga con un margen mínimo de +/- 10% en pasos no mayores al 1%. Cuando se tengan que instalar transformadores en paralelo a otros existentes, los conmutadores de posiciones no requieren cumplir con la recomendación del párrafo anterior y deberán ser similares a los existentes.
2. Los transformadores para transmisión deben contar con servicios auxiliares de emergencia para hacer posible el cambio de taps en condiciones de colapso.
3. Los transformadores con capacidad 100 MVA o más, deben estar constituido por unidades monofásicas y contar con una unidad de reserva.
4. Para capacidades menores a 100 MVA, los transformadores podrán ser monofásicos o trifásicos.
5. En función a la importancia que el equipo tenga para la continuidad del suministro eléctrico, en especial para extensiones radiales del sistema o interconexiones del SIN con áreas deficitarias de potencia, todos los transformadores deberán contar con una unidad de reserva.
6. Los bancos de transformadores o reactores compuestos por unidades monofásicas y los transformadores trifásicos, deberán contar con medios de intercambiabilidad rápida de reemplazo por la unidad de reserva, en alta y baja tensión como en la parte de circuitos de control y protección sin el movimiento físico de las unidades.
7. Para el caso de transformadores adyacentes, se deberán construir muros cortafuego a fin de proteger las unidades entre sí, en caso de falla de una de ellas.

8. Los equipos de maniobra deben ser compatibles con los diseños aplicados en las subestaciones donde vayan a conectarse. Los transformadores con capacidades iguales o superiores a 75 MVA y reactores maniobrables, deberán tener interruptores con un sistema de mando sincronizado para la energización del transformador y desenergización de los reactores.
9. Las características de los sistemas de protección deben tomar en cuenta lo especificado en la Norma Operativa No. 17.
10. Las instalaciones deben enviar señales al sistema SCADA operador por el CNDC, según lo especificado en la Norma Operativa No. 11.
11. Los niveles de aislamiento de nuevos equipos a ser instalados en subestaciones existentes deberán ser iguales o superiores a los niveles de aislamiento existentes, los cuales se presentan a continuación:

NIVELES DE AISLACION SUBESTACIONES EXISTENTES		
230 Kv	115 kV	69 kV
BIL de 1050 kVp Tarija	BIL de 550 kVp Tarija	BIL de 325 kVp Guaracachi

Tabla -23 Nivel de aislación subestaciones existentes.

12. Los niveles de aislamiento interno para transformadores y reactores deberán ser:

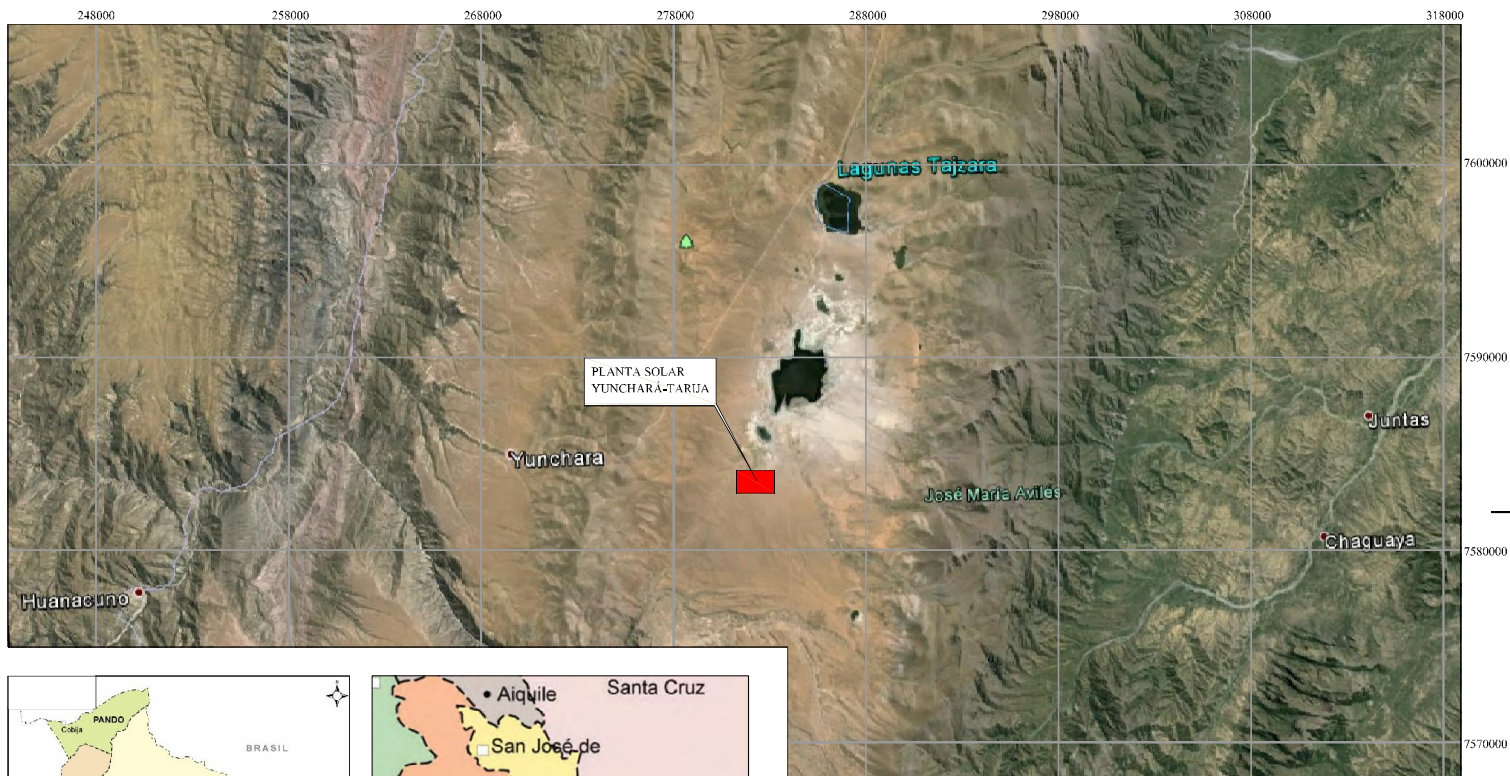
NIVELES DE AISLAMIENTO INTERNO	
Tensión Nominal [kV]	Aislamiento Bobinas [kVp]
230	950
115	550
69	325

Tabla -24 Nivel de aislamiento interno subestaciones

ANEXO 2.4

Planos

PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA YUNCHARA-TARIJA (5 MW)



Escala: 1/200000



Escala: S/E

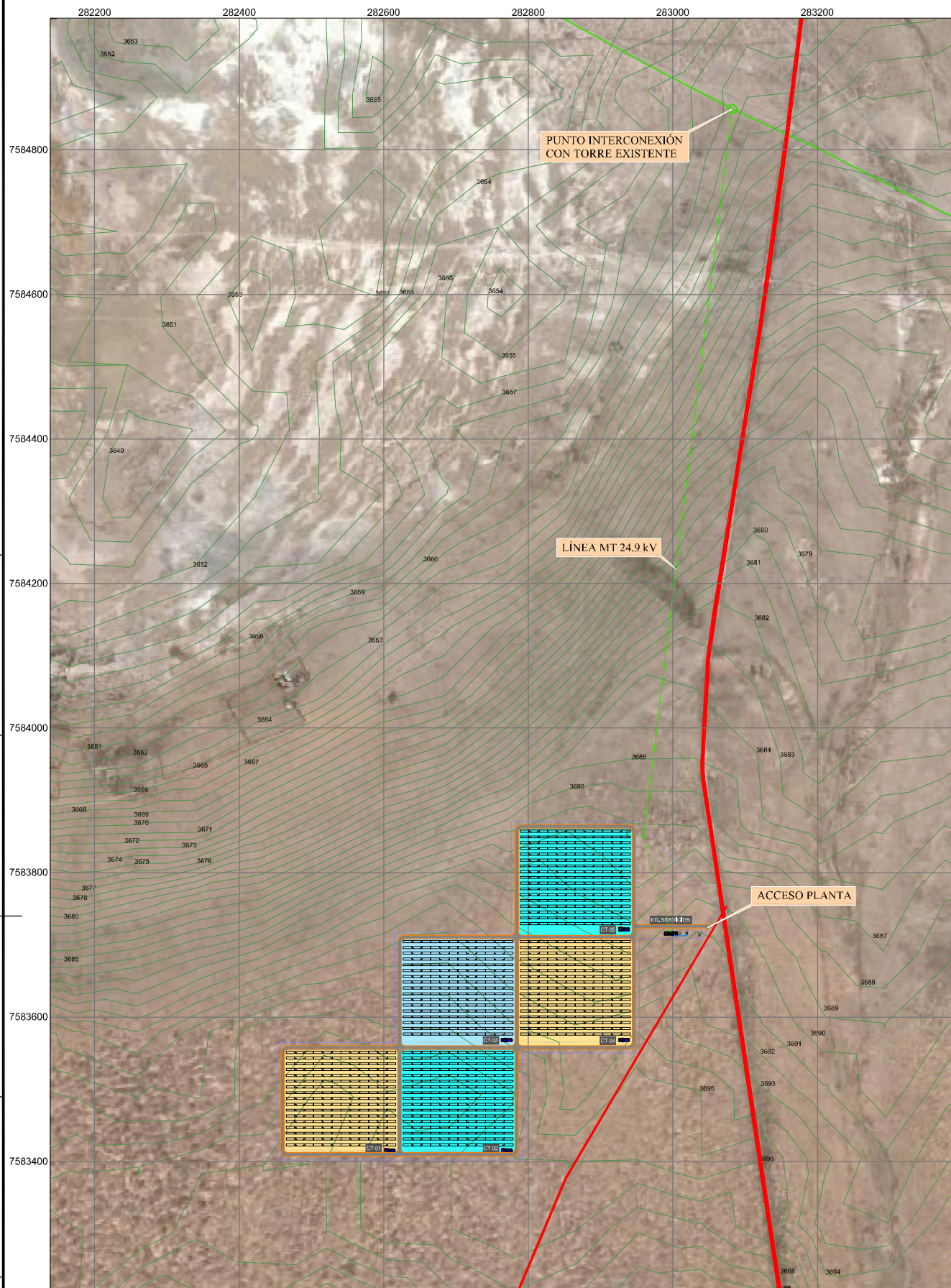


Nº Ref:	S15-24	Fecha:	FEBRERO 2016
Dibujado:	MP	Revisado:	AD
Revisión:	01	Papel:	A3
Escala:	1/200000	Plano Nº:	P01

**DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
YUNCHARÁ-TARIJA 5MW
DEPARTAMENTO TARIJA (BOLIVIA)**

SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO





LEYENDA

- VALLADO PERIMETRAL
- VIALES INTERIORES DE PLANTA FOTOVOLTAICA
- VIAL EXISTENTE
- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN E INVERSOR
- EDIFICIO SERVICIOS GENERALES



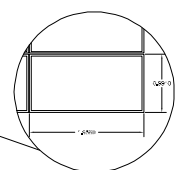
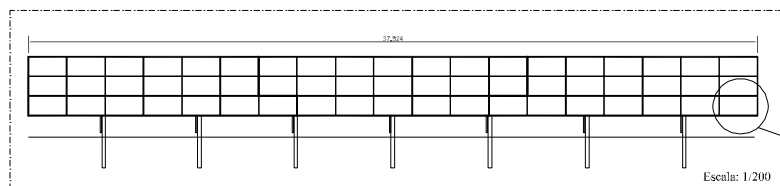
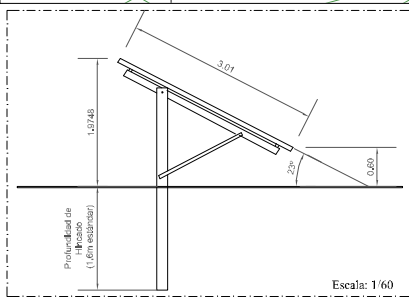
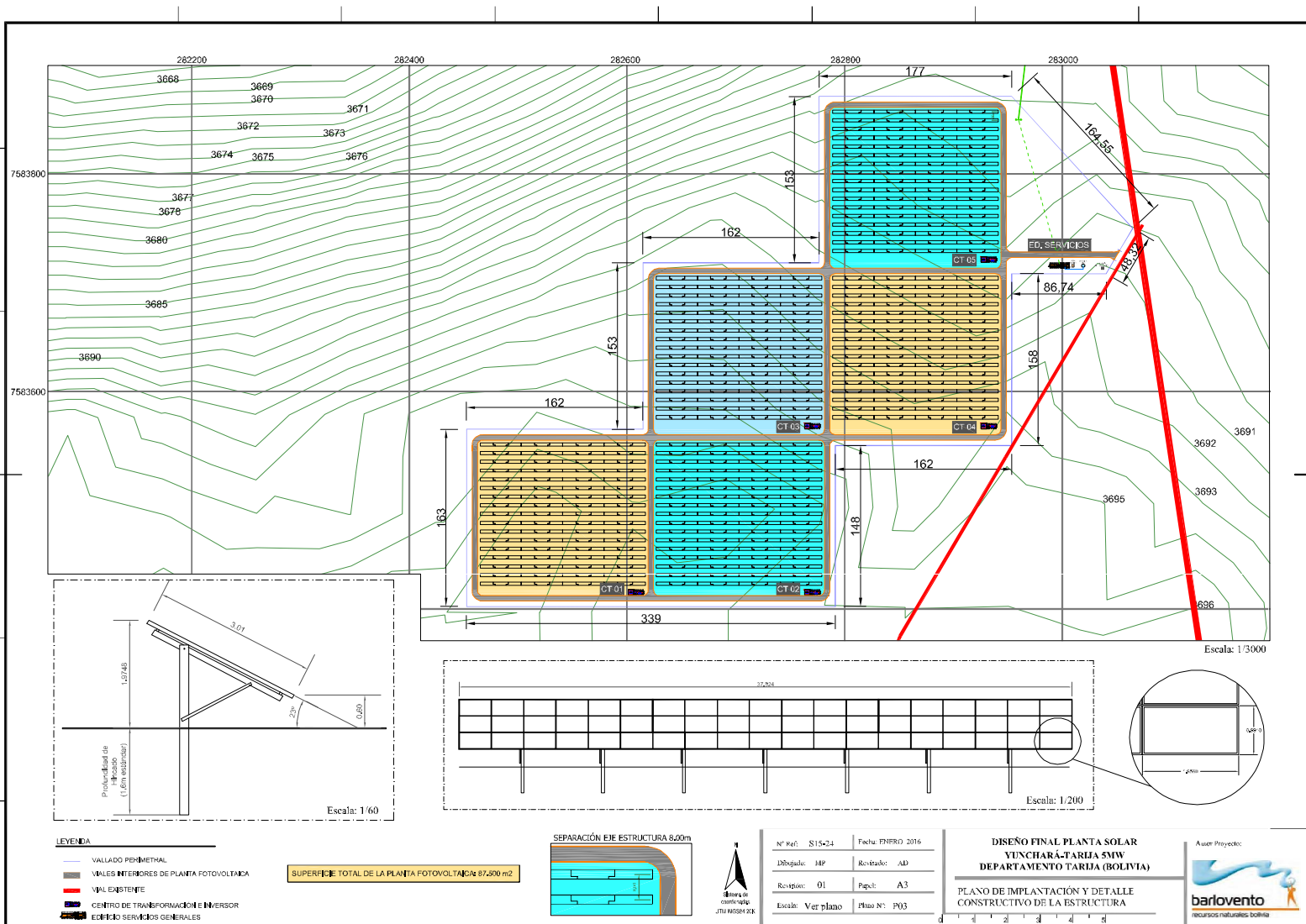
Nº Ref: S15-24	Fecha: ENERO 2016
Dibujado: MP	Revisado: AD
Revisión: 01	Papel: A3
Escala: 1/5000	Plano Nº: P02

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
YUNCHARÁ-TARIJA 5MW
DEPARTAMENTO TARIJA (BOLIVIA)

PLANO GENERAL DE ACCESOS Y VIALES EXTERIORES

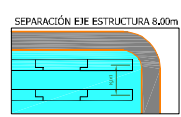
Autor Proyecto:





- LEYENDA**
- VALLADO PERIMETRAL
 - VIALES INTERIORES DE PLANTA FOTOVOLTAICA
 - VIAL EXISTENTE
 - CENTRO DE TRANSFORMACION E INVERSOR
 - EDIFICIO SERVICIOS GENERALES

SUPERFICIE TOTAL DE LA PLANTA FOTOVOLTAICA: 87,600 m²

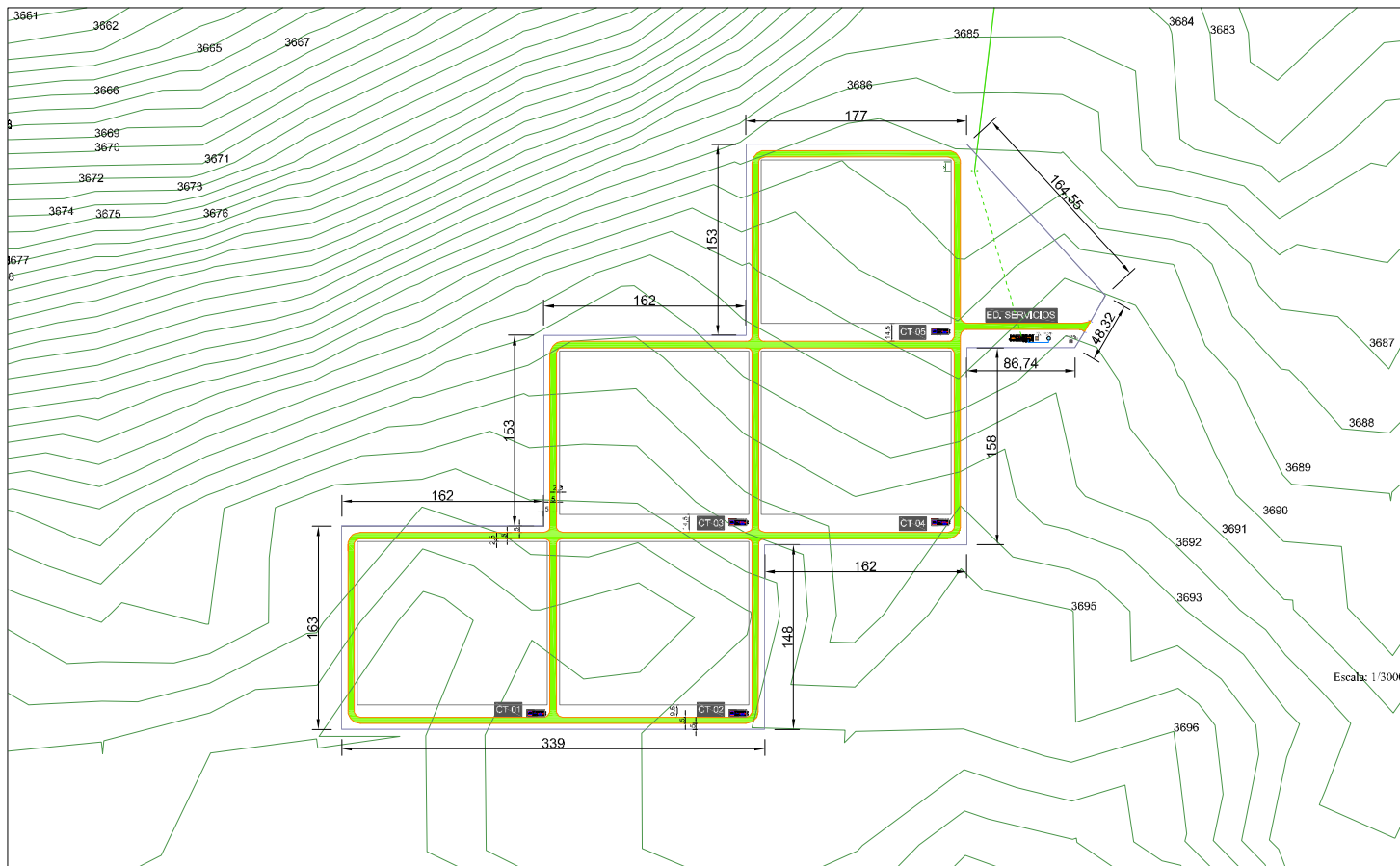


N° Ref:	S15-24	Fecha:	FEBRERO 2016
Dibujado:	MP	Revisado:	AD
Revisión:	01	Papel:	A3
Escala:	Ver plano	Plano N°:	P03

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
VUNCHARÁ-TARIJA 5MW
DEPARTAMENTO TARIJA (BOLIVIA)

PLANO DE IMPLANTACIÓN Y DETALLE CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA





LEYENDA

	VALLADO PERIMETRAL
	VIALES INTERIORES DE PLANTA FOTOVOLTAICA
	CENTRO DE TRANSFORMACION E INVERSOR
	EDIFICIO SERVICIOS GENERALES



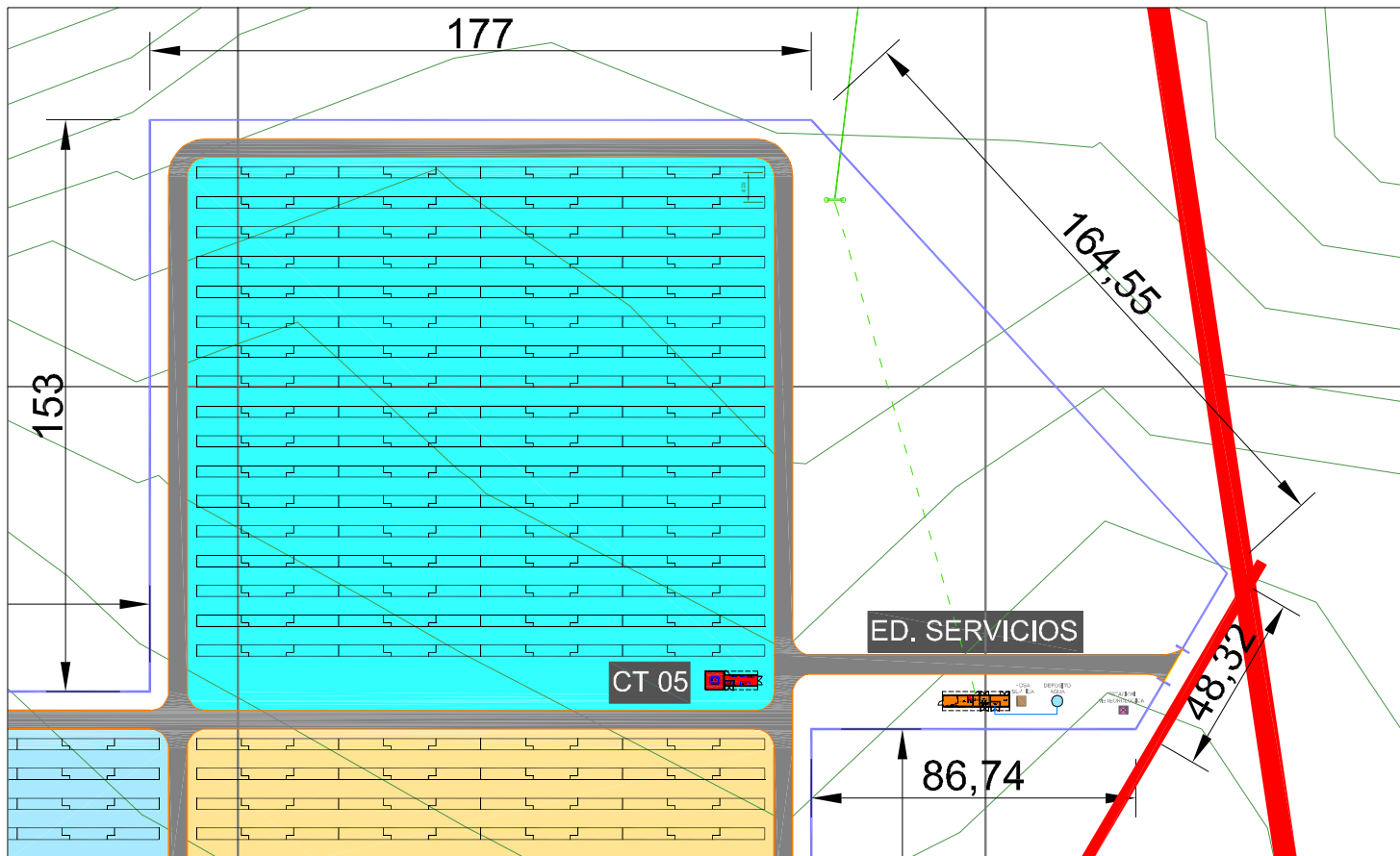
Nº Ref:	S15-24	Fecha:	FEBRERO 2016
Dibujado:	MP	Revisado:	AD
Revisado:	01	Papel:	A3
Escala:	1/3000	Plano N°:	P04

**DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
YUNCHARÁ-TARJIA 5MW
DEPARTAMENTO TARJIA (BOLIVIA)**

PLANO DE VIALES INTERIORES

Asesor Proyecto:





Escala: 1/1000

LEYENDA

- VALLADO PERIMETRAL
- VÍAS INTERIORES DE PLANTA FOTOVOLTAICA
- VIAL EXISTENTE
- CENTRO DE TRANSFORMACION E INVERSOR
- EDIFICIO SERVICIOS GENERALES

UBICACION SERVICIOS AUXILIARES



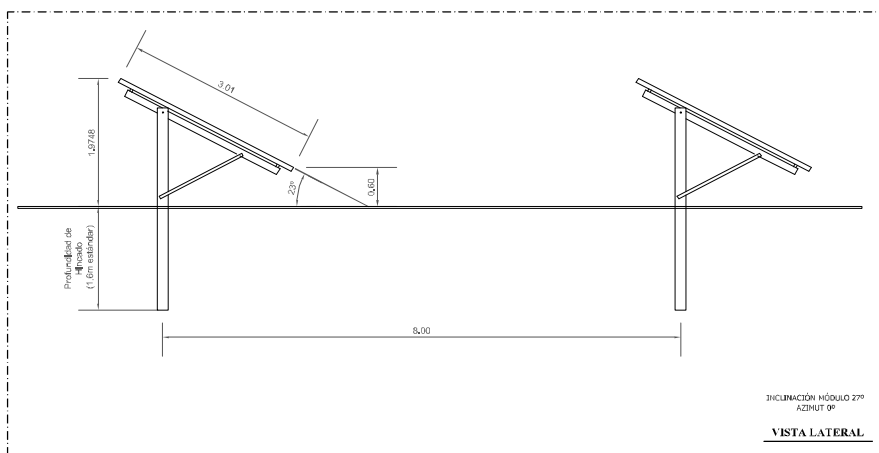
Nº Ref:	S15-24	Fecha:	FEBRERO 2016
Dibujado:	MP	Revisado:	AD
Revisión:	01	Papel:	A3
Escala:	1/1000	Plano N°:	P05

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR YUNCHARÁ-TARJA 5MW DEPARTAMENTO TARIJA (BOLIVIA)

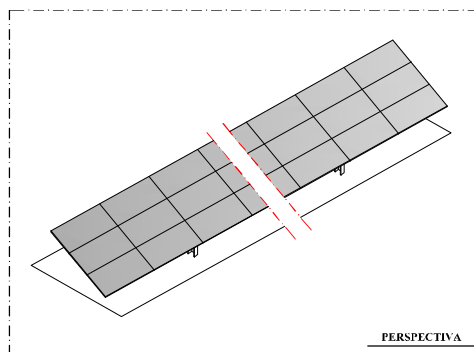
UBICACION ELEMENTOS AUXILIARES

Autor Proyecto:

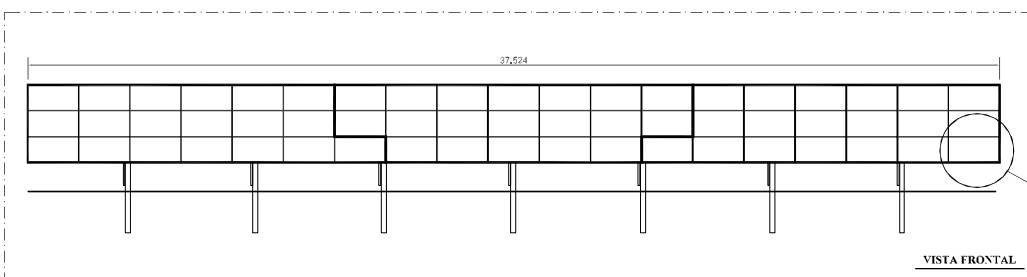




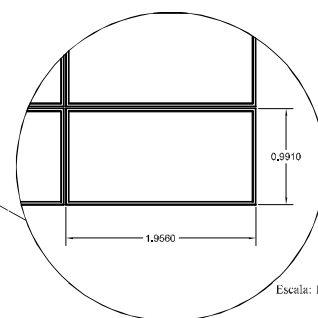
Escala: 1/60



Escala: S/E



Escala: 1/150



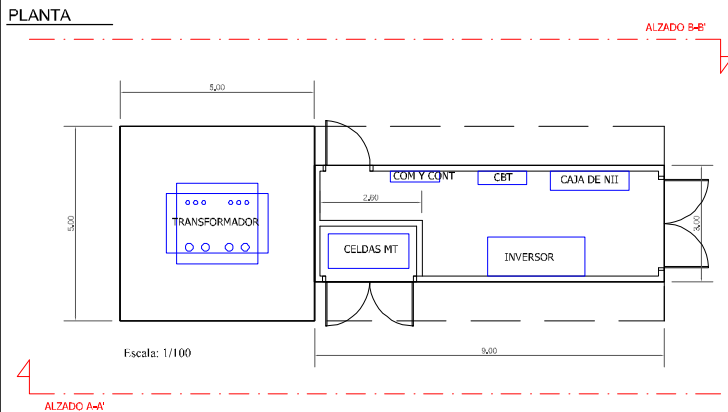
Nº Ref: S15-24	Fecha: ENERO 2016
Dibujado: MP	Revisado: AD
Revisión: 01	Papel: A3
Escala: Vcr plano	Plano Nº: P06

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
YUNCHARÁ-TARJIA 5MW
DEPARTAMENTO TARJIA (BOLIVIA)
ESTRUCTURA DE SOPORTE PANELES
FOTOVOLTAICOS

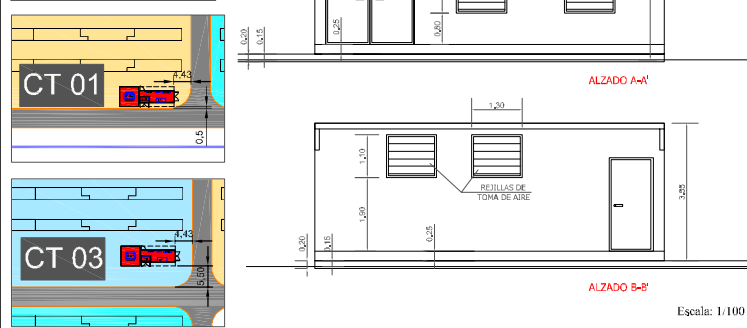
Asesor Proyecto:



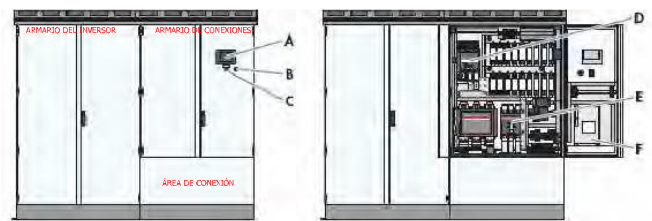
PLANTA



ALZADOS

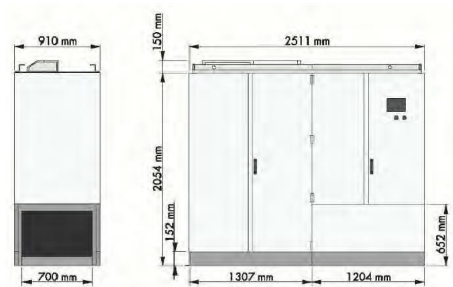


INVERTOR (SMA/SUNNY CENTRAL 1000CP-XT)



Escala: S/E

Posición	Componente	Descripción
A	Pantalla táctil	En la pantalla táctil se pueden mostrar diferentes datos del inversor. La pantalla táctil sirve exclusivamente como medio de visualización. Al tocar la pantalla táctil, se activa la indicación de la pantalla.
B	Interfaz de servicio	A través de la interfaz de servicio se accede a la interfaz de usuario.
C	Interruptor de llave	El interruptor de llave sirve para encender y apagar el inversor...
D	Interruptor de CC	El interruptor de CC desconecta inmediatamente el inversor del generador fotovoltaico.
E	SC-COM	El SC-COM es la unidad de comunicación del inversor. El SC-COM establece la conexión entre el inversor y el operador de la planta.
F	Seccionador de CA	El seccionador de CA separa el inversor del transformador de media tensión.



Escala: S/E

Nº Ref: S15-24	Fecha: ENERO 2016
Obligado: MP	Revisado: AD
Revisión: 01	Papel: A3
Escala: Ver plano	Plano Nº: P07

**DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
YUNCHARÁ-TARIJA 5MW
DEPARTAMENTO TARIJA (BOLIVIA)**

**CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y
SECCIONAMIENTO**

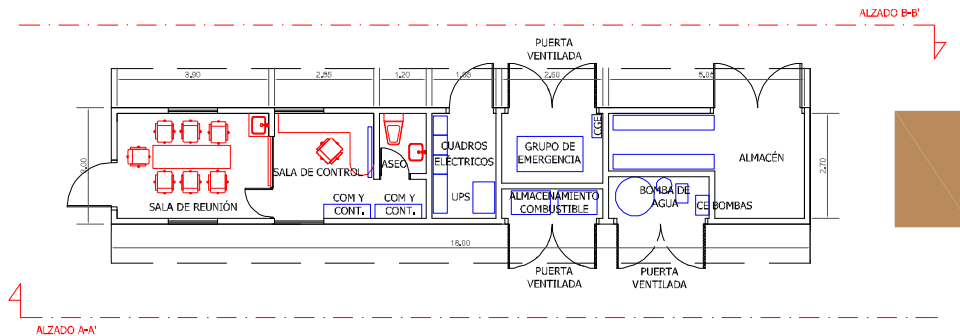
Answer Projector:



ALZADOS



PLANTA



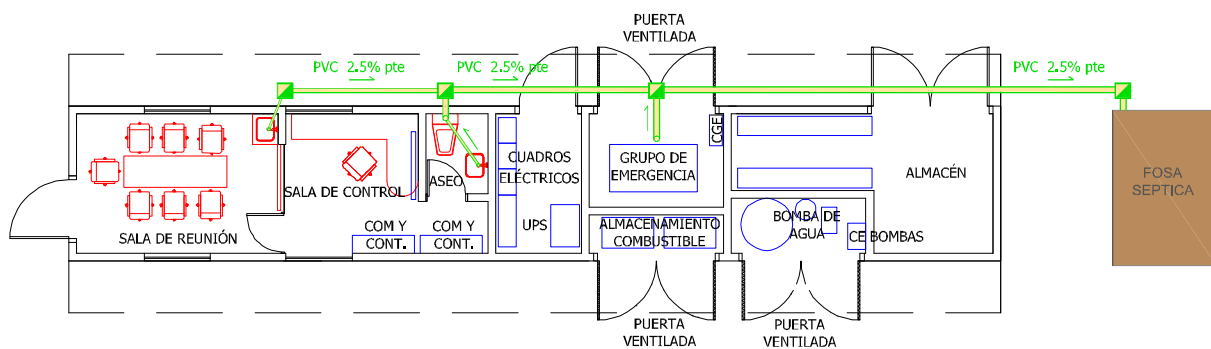
Nº Ref:	S15-24	Fecha:	ENERO 2016
Dibujado:	MP	Revisado:	AD
Revisión:	01	Papel:	A3
Escala:	1/100	Plano N°:	P08

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
YUNCHARÁ-TARJIA 5MW
DEPARTAMENTO TARJIA (BOLIVIA)

EDIFICIO DE SERVICIOS GENERALES

Autor Proyecto:





LEYENDA

- SANEAMIENTO EDIFICIO DE SERVICIOS GENERALES
- ARQUETA DE SANEAMIENTO

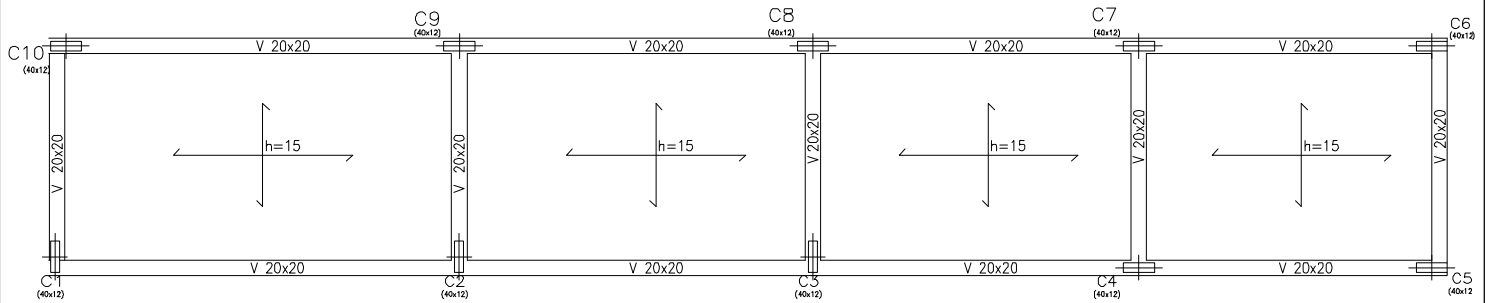
Nº Ref:	S15-24	Fecha:	ENERO 2016
Dibujado:	MP	Revisado:	AD
Revisado:	01	Papel:	A3
Escala:	1/75	Plano N°:	P099

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
YUNCHARÁ-TARIJA 5MW
DEPARTAMENTO TARIJA (BOLIVIA)
EDIFICIO DE SERVICIOS GENERALES
SANEAMIENTO

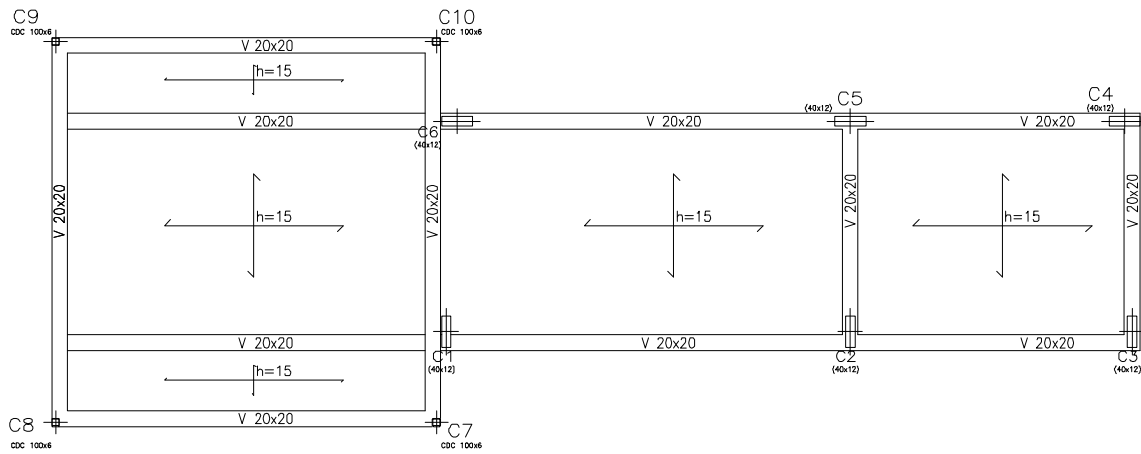
Asesor Proyecto:



EDIFICIO SERVICIOS GENERALES



CENTRO DE TRANSFORMACIÓN Y SECCIONAMIENTO



Cimentación
Hormigón: H-20
Aceros en cimentación: ADN 420

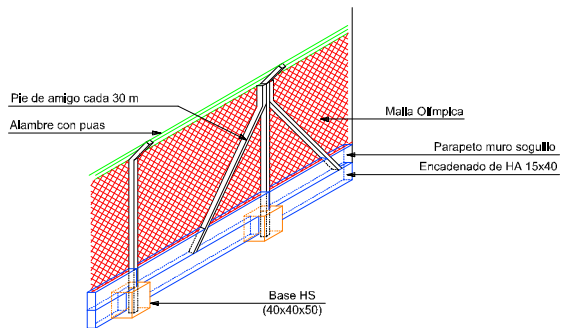
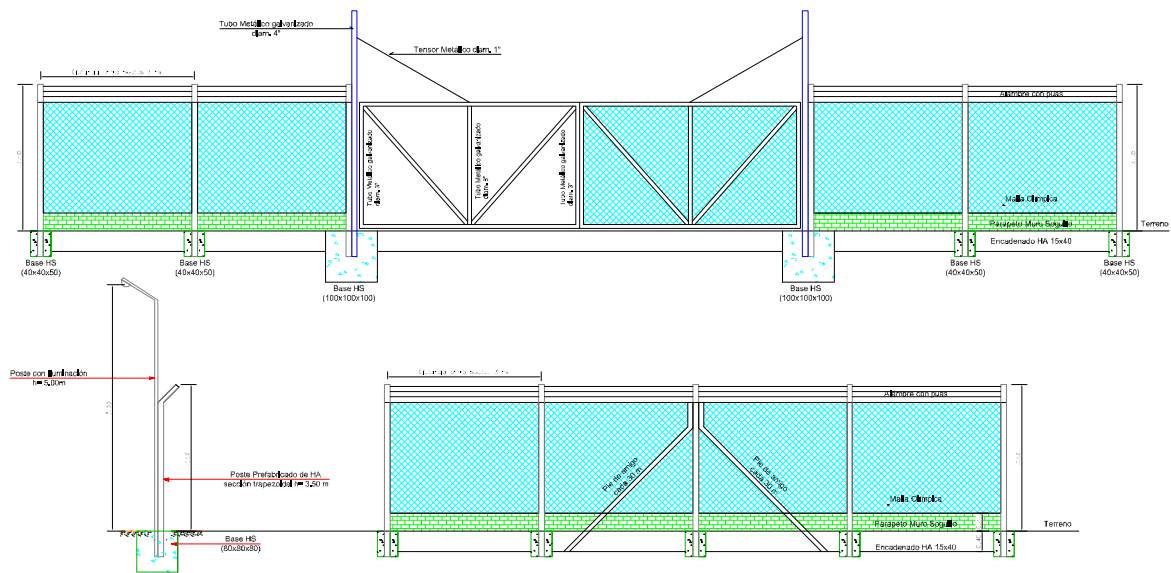
Nº Ref: S15-24	Fecha: FEBRERO 2016
Dibujante: MAP	Revisado: AD
Revisión: 01	Página: A3
Escala: 1:50	Plano Nº: P10

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
YUNCHARÁ-TARJIA 5MW
DEPARTAMENTO TARJIA (BOLIVIA)

CIMENTACIÓN EDIFICIOS

Autor Proyecto:





RECOMENDACIONES DE COLOCADO
 Los postes deben ser colocados a una distancia no mayor a los 3.0 m si se quiere lograr una buena tensión en la malla de cerramiento. No se debe dejar una distancia mayor a los 30 m sin el uso del pie de amigo, se coloca una pieza a cada lado del poste, para lograr la estabilidad de todo el cerramiento.

N° Ref:	S15-24	Fecha:	FEbrero 2016
Dibujado:	MP	Revisado:	AD
Revisión:	01	Papel:	A3
Escala:	S/E	Plano N°:	P11

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
VUNCHARÁ-TARJIA 5MW
DEPARTAMENTO TARJIA (BOLIVIA)

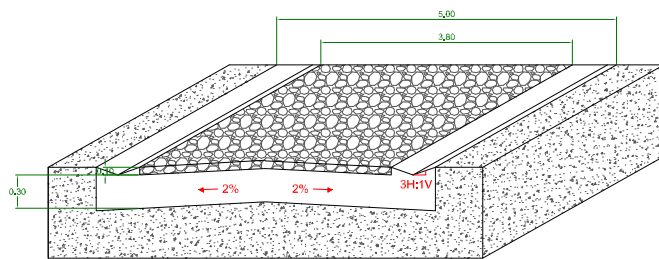
VALLADO PERIMETRAL

Asesor Proyecto:

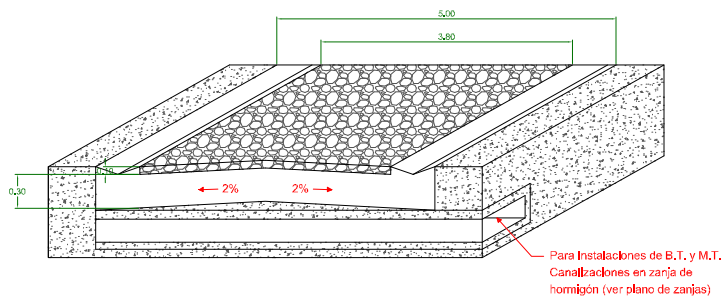


0 1 2 3 4 5

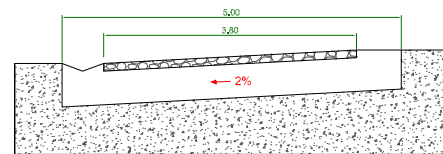
EN TRAMO RECTO



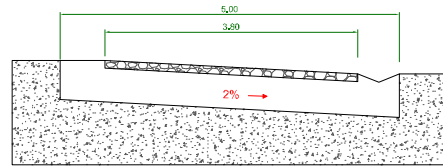
EN ZONA DE CRUZAMIENTO CON LÍNEAS ELÉCTRICAS



EN TRAMO CURVO



Curva a la izquierda



Curva a la derecha

- CARGA POR EJE EN EL CAMINO: 12T
- PENDIENTE MÁXIMA: 5%
- BOMBEO TRANSVERSAL: 2%
- TALUD EN DESMONTE: 3H / V1
- TALUD EN TERRAPLEN: 2H / V1

- Tierra procedente de la excavación
- Zahorra artificial compactada
- Gravela compactada

Nº Ref:	S15-24	Fecha:	ENERO 2016
Dibujado:	MP	Revisado:	AD
Revisado:	01	Papel:	A3
Escala:	S/E	Plano N°:	P12

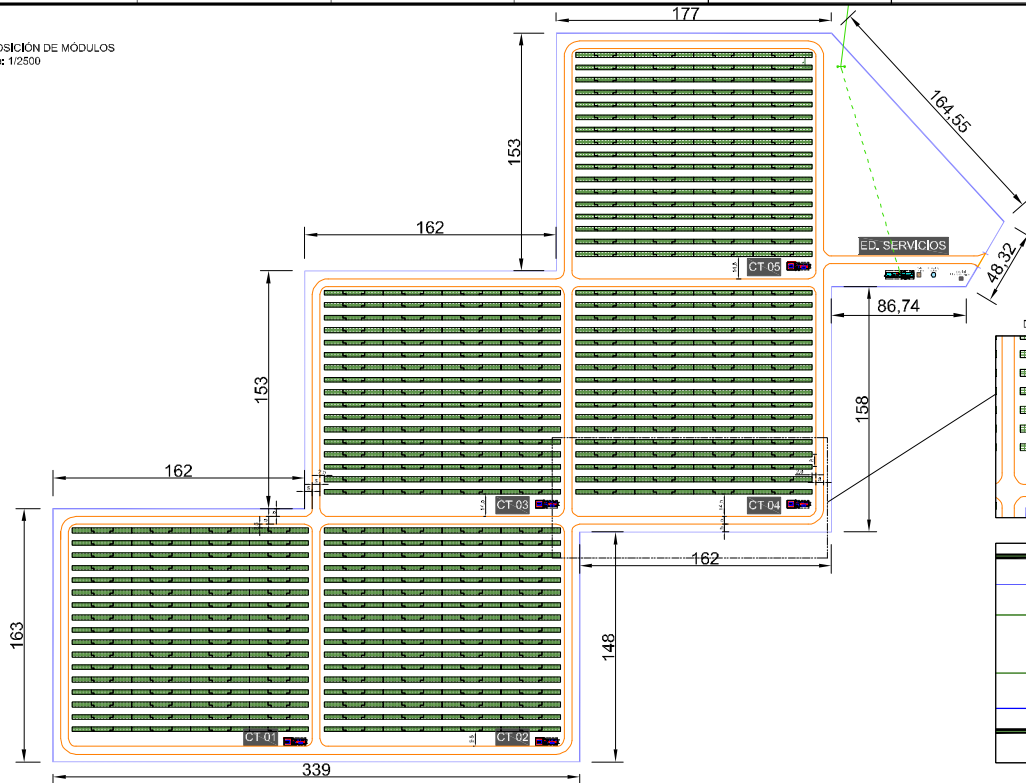
DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
YUNCHARÁ-TARIJA 5MW
DEPARTAMENTO TARIJA (BOLIVIA)

DETALLE DE VIALES

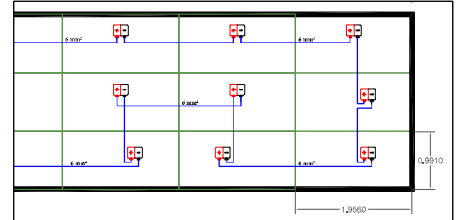
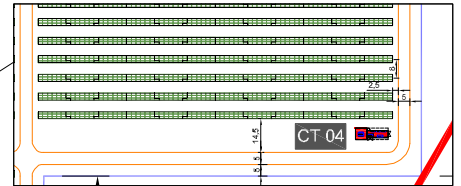
Asesor Proyecto:



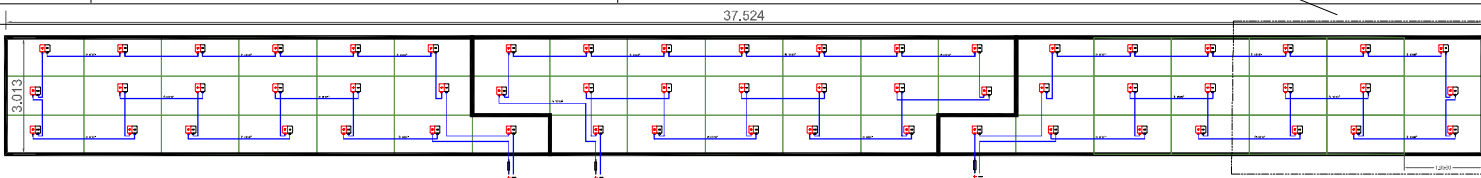
DISPOSICIÓN DE MÓDULOS
Escala: 1/2500



DETALLE



CONEXIÓN EN SERIE DE LOS MÓDULOS (3 STRINGS)
Escala: 1/100



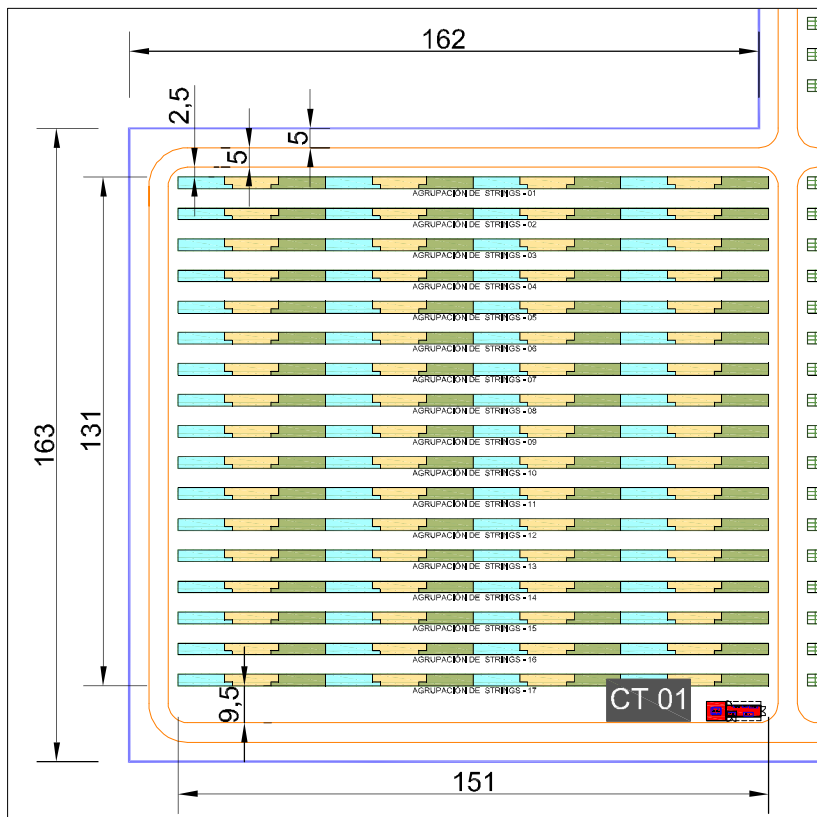
Nº Ref:	S15-24	Fecha:	FEBRERO 2016
Dibujado:	MP	Revisado:	AD
Revisión:	01	Papel:	A3
Escala:	Ver plano	Plano N°:	P13

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
YUNCHARÁ-TARIJA 5MW
DEPARTAMENTO TARIJA (BOLIVIA)

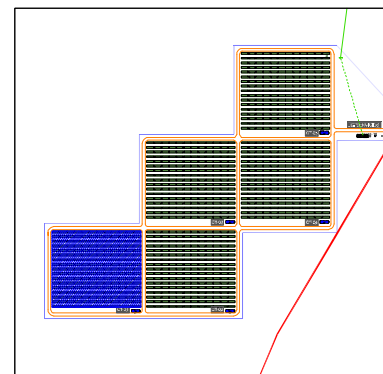
DISPOSICIÓN DE LOS MÓDULOS EN LA PLANTA
Y CONEXIÓN EN SERIE DE LOS MÓDULOS

Autor Proyecto:





Escala: 1/1000



Escala: S/E

LEYENDA

- STRING
- CENTRO DE TRANSFORMACION E INVERSOR



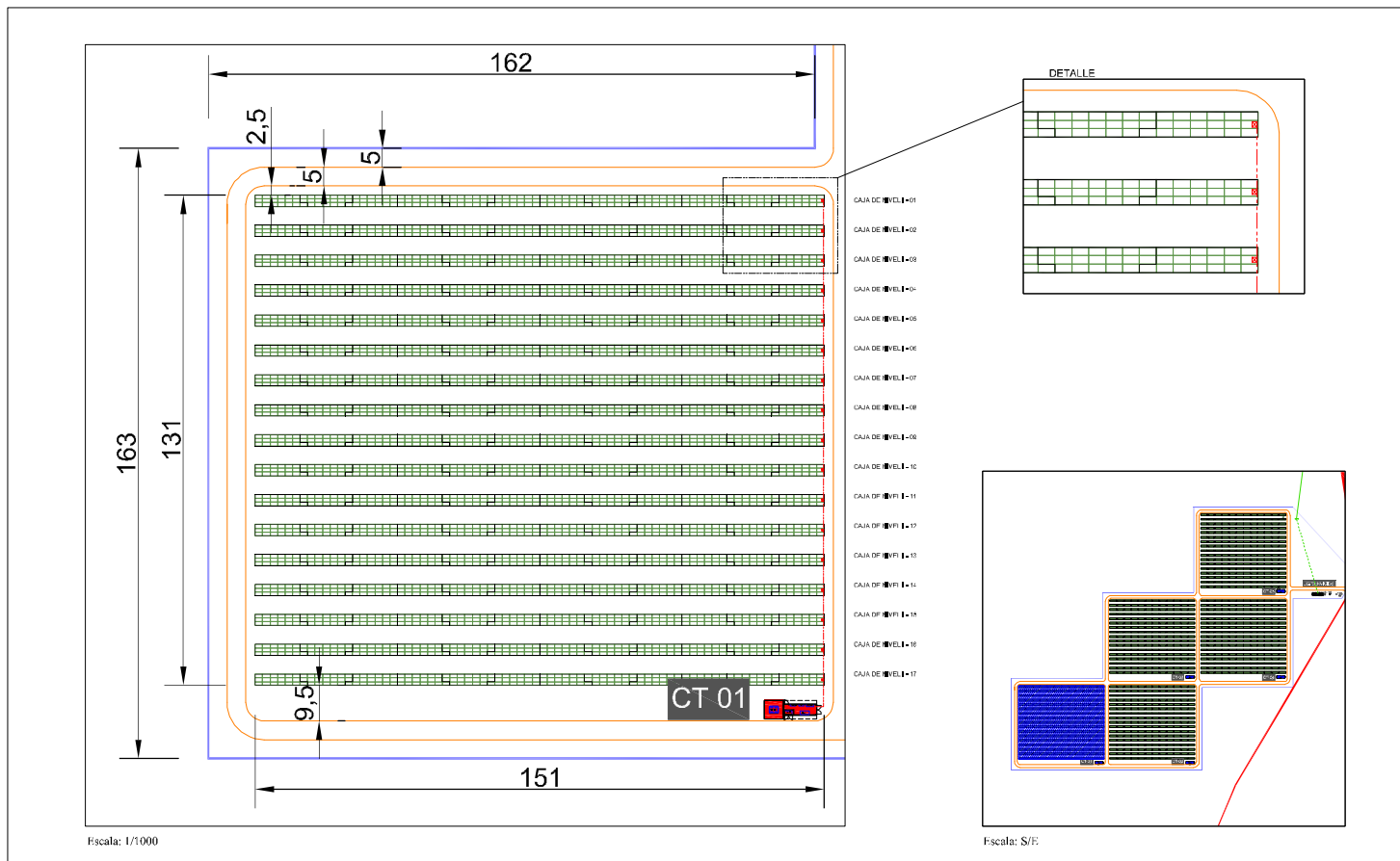
Nº Ref:	S15-24	Fecha:	FEBRERO 2016
Dibujado:	MP	Revisado:	AD
Revisión:	01	Papel:	A3
Escala:	Ver plano	Plano N°:	P14

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
VUNCHARÁ-TARJIA 5MW
DEPARTAMENTO TARJIA (BOLIVIA)

AGrupaciones de Strings

Autor Proyecto:





LEYENDA

- STRING
- CENTRO DE TRANSFORMACION E INVERSOR
- CAJA DE NIVEL



N° Ref:	S15-24	Fecha:	FEBRERO 2016
Dibujado:	MP	Revisado:	AD
Revisión:	01	Papel:	A3
Escala:	Ver plano	Plano N°:	P15

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR YUNCHARÁ-TARJIA 5MW DEPARTAMENTO TARJIA (BOLIVIA)

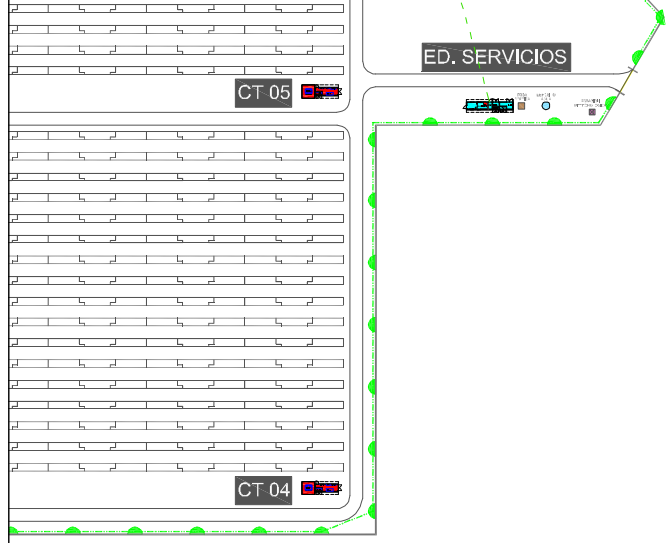
DISTRIBUCIÓN CAJAS DE NIVEL I

Autor Proyecto:

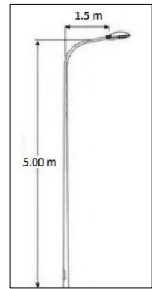


0 1 2 3 4 5

DETALLE



Escala: 1/1500



LUMINARIA DE REFERENCIA

LEYENDA

- LAMPARA DE ALUMBRADO PUBLICO DE 5000W DE ALTA PRESTACION
- CANALIZACION ILUMINACION



Nº Ref:	S15x24	Fecha:	FEBRERO 2016
Dibujado:	MP	Revisado:	AD
Revisión:	01	Papel:	A3
Escala:	Ver plano	Plano N°:	P17

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
YUNCHARÁ-TARJA 5MW
DEPARTAMENTO TARIJA (BOLIVIA)

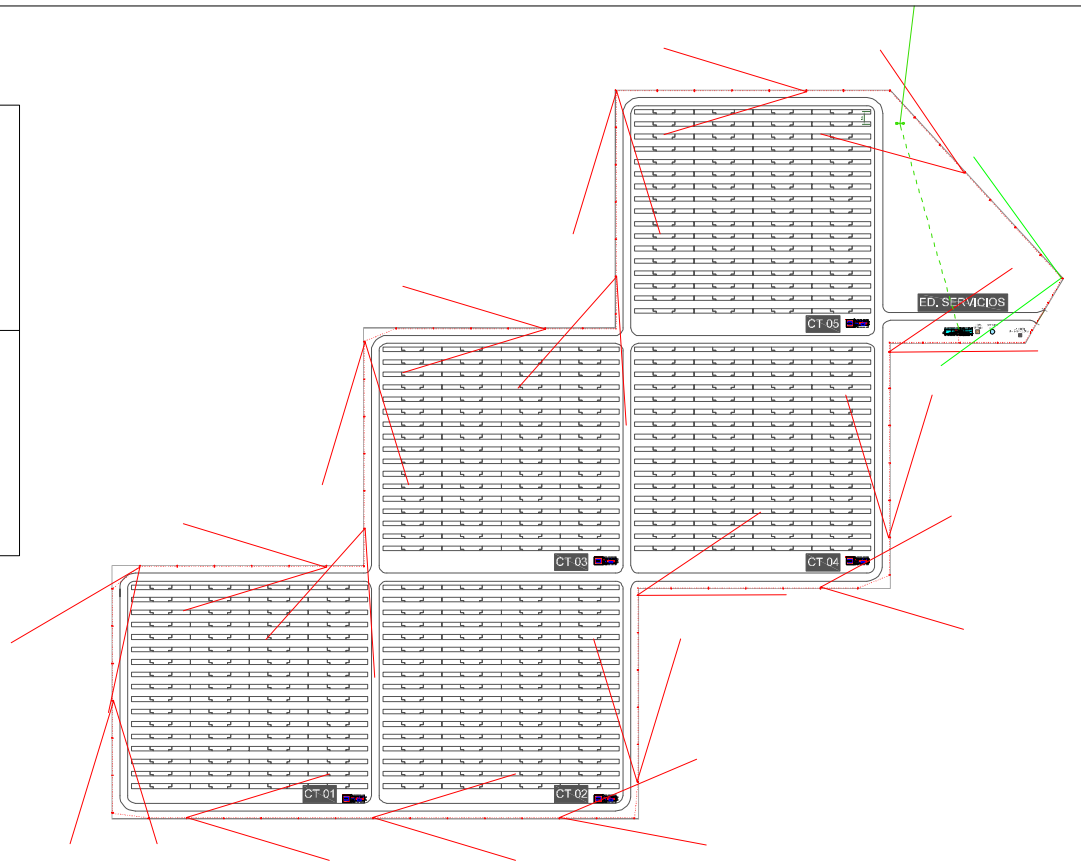
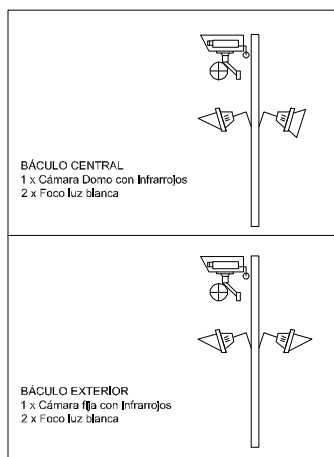
ILUMINACIÓN PERIMETRAL

Asesor Proyecto:



Escala: 1/2500

DETALLE DE LA POSICIÓN DE
LAS CÁMARAS DE SEGURIDAD



Escala: 1/2500

LEYENDA

CÁMARAS DE SEGURIDAD

CABLEADO SISTEMA DE VIGILANCIA



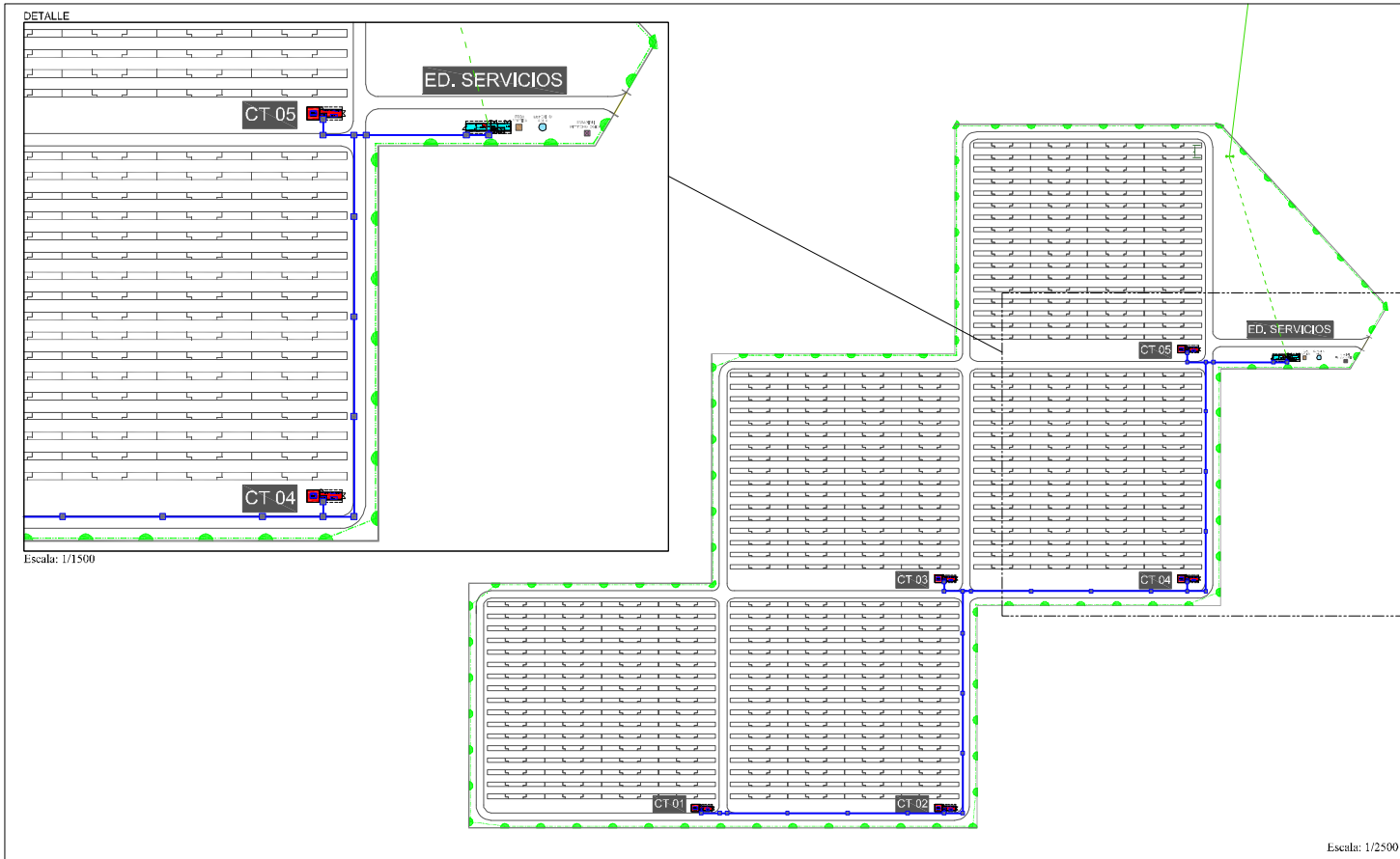
Nº Ref:	S15-24	Fecha:	FEBRERO 2016
Dibujado:	MP	Revisado:	AD
Revisión:	01	Papel:	A3
Escala:	Ver plano	Plano N°:	P18

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
VUNCHARÁ-TARJA 5MW
DEPARTAMENTO TARIJA (BOLIVIA)

SISTEMA DE VIGILANCIA

Asesor Proyecto:





LEYENDA

- CANALIZACIÓN ILUMINACIÓN
- CANALIZACIÓN ACOMETIDA A EDIFICIOS
- CÁMARA DE PASO (30x30) CADA 40m. EN CAMBIOS DE DIRECCIÓN O DERIVACIONES

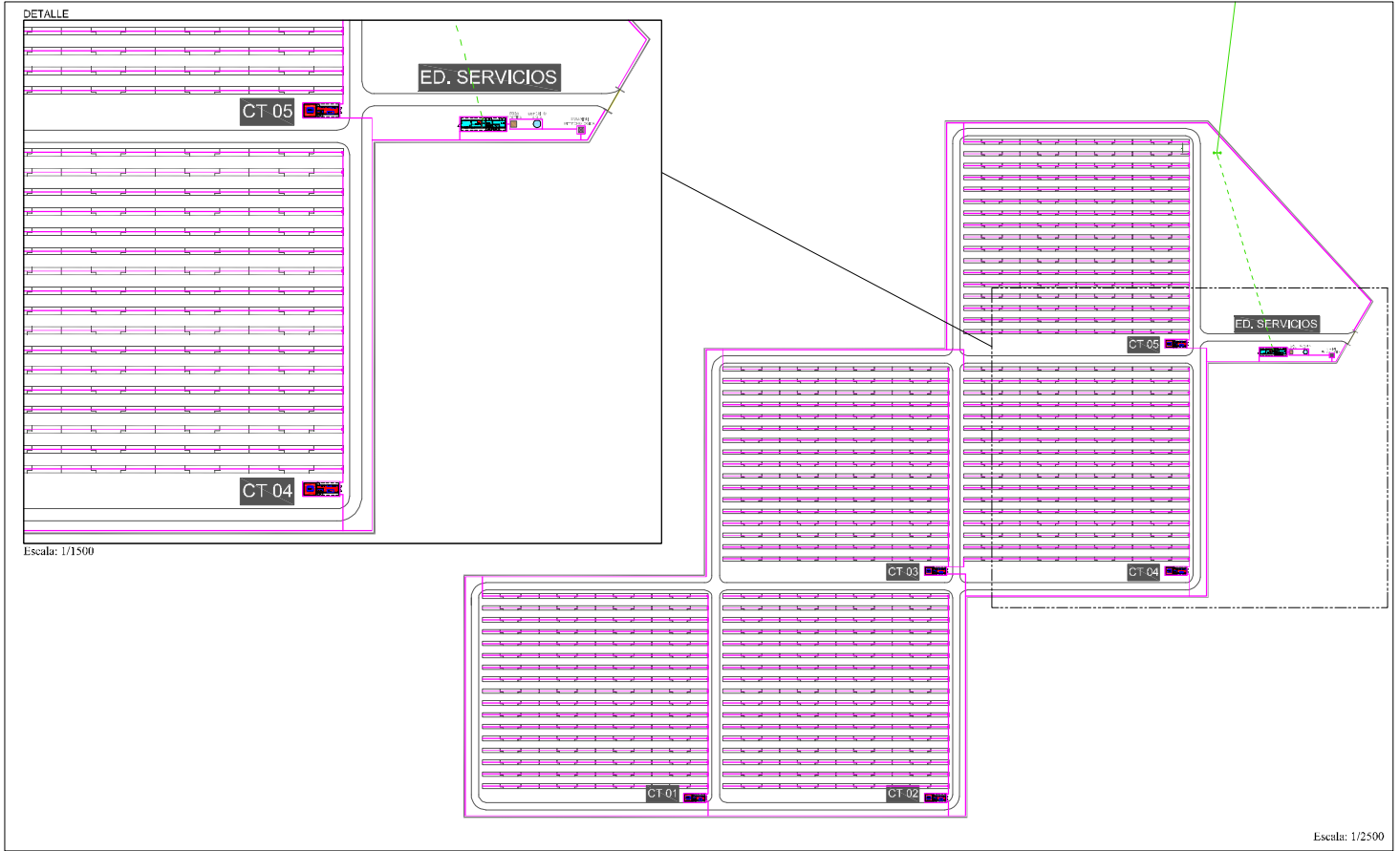


Nº Ref:	S15-24	Fecha:	FEBRERO 2016
Dibujado:	MP	Revisado:	AD
Revisión:	01	Papel:	A3
Escala:	Ver plano	Plano N°:	P19

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
VUNCHARÁ-TARJIA 5MW
DEPARTAMENTO TARJIA (BOLIVIA)
 CANALIZACIONES DE LAS ACOMETIDAS DE
 EDIFICIOS Y DE ILUMINACIÓN PERIMETRAL

Autor Proyecto:





LEYENDA

— TRAZADO SISTEMA DE TIERRAS



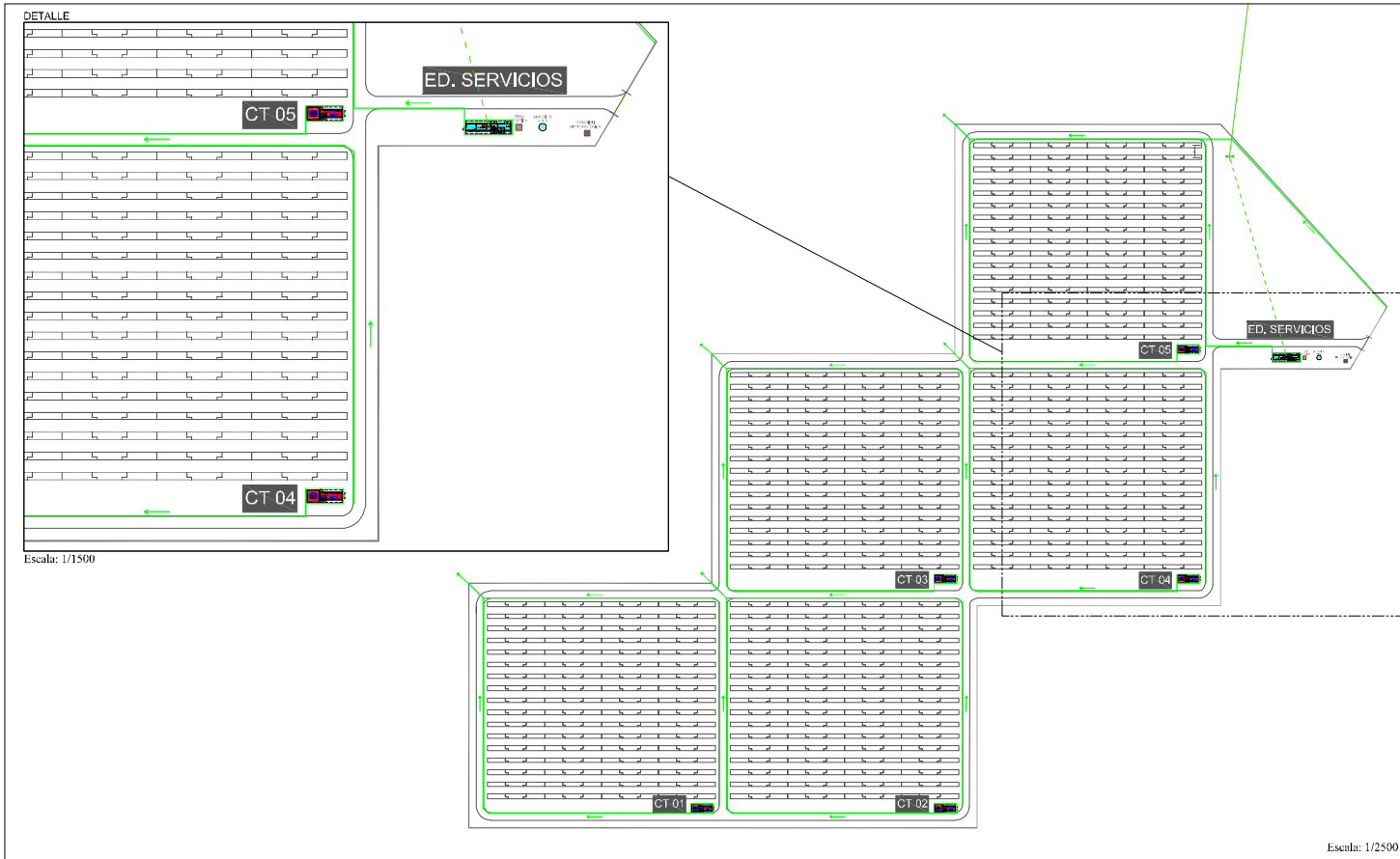
Nº Ref:	S15-24	Fecha:	FEbrero 2016
Dibujado:	MP	Revisado:	AD
Revisión:	01	Papel:	A3
Escala:	Ver plano	Plano Nº:	P20

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
VUNCHARÁ-TARJA 5MW
DEPARTAMENTO TARJA (BOLIVIA)

SISTEMA DE TIERRAS

Asesor Proyecto:





LEYENDA

— TRAZADO RED DE DRENAJES



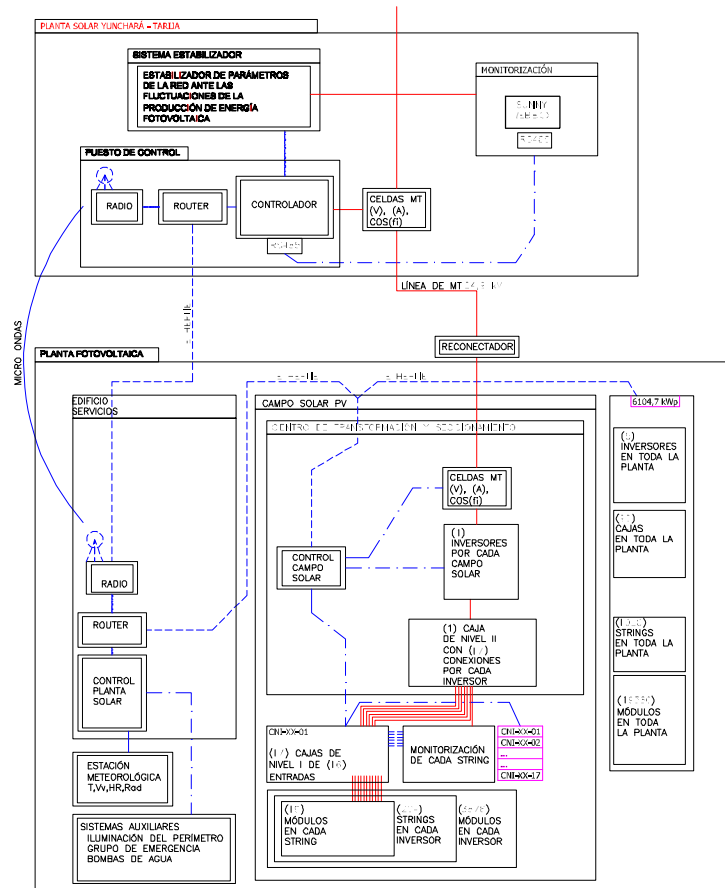
Nº Ref:	S15-24	Fecha:	FEBRERO 2016
Dibujado:	MP	Revisado:	AD
Revisión:	01	Papel:	A3
Escala:	Ver plano	Plano N°:	P21

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR YUNCHARÁ-TARJA 5MW DEPARTAMENTO TARIJA (BOLIVIA)

RED DE DRENAJES

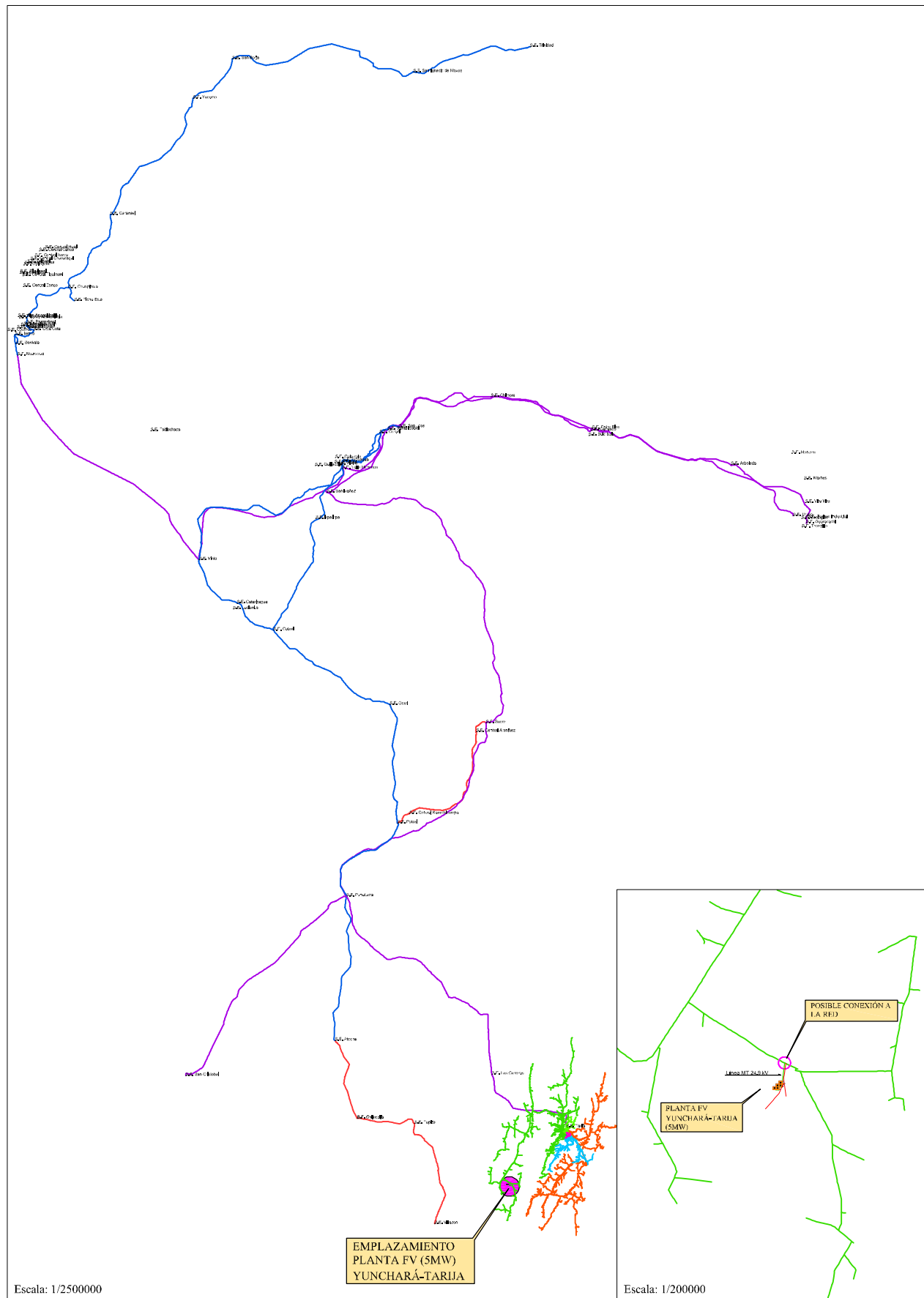
Asesor Proyecto:





Nº Ref: S15-24 Fecha: FEBRERO 2016
 Diseñado: MP Revisado: AD
 Revisión: 01 Papel: A3
 Escala: S/E Hoja Nº: P22

**DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
 YUNCHARÁ-TARJIA 5MW
 DEPARTAMENTO TARIJA (BOLIVIA)**
 SISTEMA DE COMUNICACIONES, CONTROL Y
 MONITOREO DE LA PLANTA



Escala: 1/2500000

Escala: 1/200000

LEYENDA

- LINEA DE ALTA TENSION_230 kV
- LINEA DE ALTA TENSION_115 kV
- LINEA DE ALTA TENSION_69 kV

- LINEAS DE MEDIA TENSION



Nº Ref: S15-24	Fecha: ENERO 2016
Dibujado: MP	Revisado: AD
Revisión: 01	Papel: A3
Escala: Ver plano	Plano Nº: P23

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR YUNCHARÁ-TARIJA 5MW DEPARTAMENTO TARIJA (BOLIVIA)

CONEXIÓN AL SISTEMA
INTERCONECTADO NACIONAL

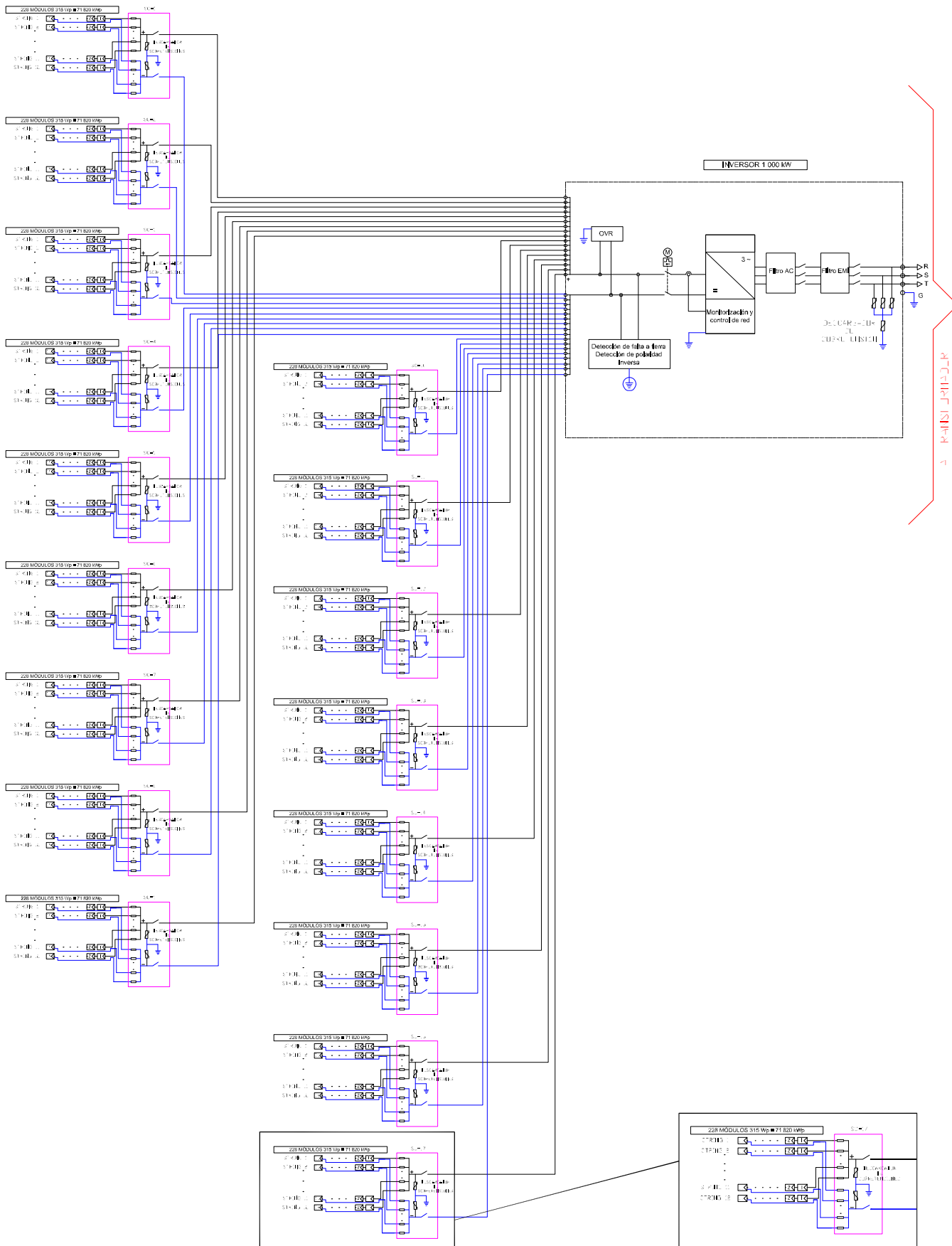
Autor Proyecto:





ESQUEMA UNIFILAR BAJA TENSIÓN





LEYENDA

	FUSIBLE 15A		INTERRUPTOR
	DESCARGADOR DE SOBRETENSIONES		MOTOR CON RELE DE EFECTO TERMICO
	TOMA DE TIERRA		TOMA DE TIERRA
	MODULO FOTOVOLTAICO		

Nº Ref: S15-24	Fecha: ENERO 2016
Dibajado: MP	Revisado: AD
Revisión: 01	Papel: A3
Escala: S/E	Plano Nº: P25

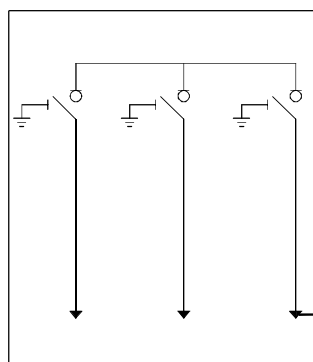
DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
YUNCHARÁ-TARIJA 5MW
DEPARTAMENTO TARIJA (BOLIVIA)

ESQUEMA UNIFILAR BAJA TENSION
 (CONEXIÓN PLANTA SOLAR E INVERSOR)

Autor Proyecto:

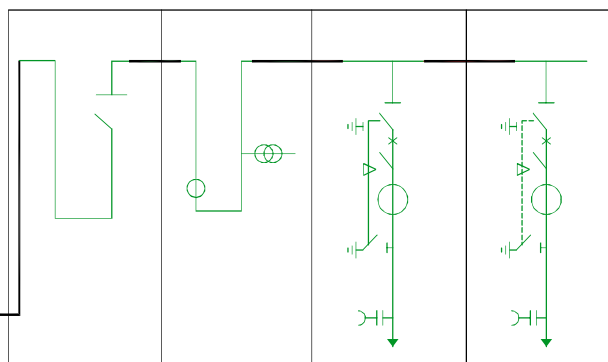


ZONA COMPAÑÍA



Celda de Salida RM6-3L

ZONA PROPIETARIO



Celda de remonte
y seccionamiento
SM6 SME

Celda de Medida
SM6 GBC-B

Anillo MT CS-CT1
SM6 DM1-C

Anillo MT-2 CT6-CS
SM6 DM1-C

Nº Ref:	S15-24	Fecha:	ENERO 2016
Dibujado:	MP	Revisado:	AD
Revisado:	01	Papel:	A3
Escala:	S/E	Plano N°:	P27

DISEÑO FINAL PLANTA SOLAR
YUNCHARÁ-TARJA 5MW
DEPARTAMENTO TARJA (BOLIVIA)

ESQUEMA UNIFILAR CENTRO DE
SECCIONAMIENTO

Asesor Proyecto:



