



## 4754 – SOTERRADO LÍNEA DE ALTA TENSIÓN TRAMO LOS MAQUIS – POLPAICO, REGIÓN METROPOLITANA

CÓDIGO ARCADIS: N° 4754-0000-TP-INF-0001\_0

### INFORME TOPOGRÁFICO

NOVIEMBRE 2016

| REV. |              | Ejecutor   | Revisor    | Aprobador  | DESCRIPCIÓN                   |
|------|--------------|------------|------------|------------|-------------------------------|
| P    | Nombre Firma | L. Jeldes  | G. Catalán | F. García  | Coordinación Interna          |
|      | Fecha        | 07.09.2016 | 07.09.2016 | 07.09.2016 |                               |
| A    | Nombre Firma | L. Jeldes  | G. Catalán | F. García  | Revisión y Aprobación Cliente |
|      | Fecha        | 09.09.2016 | 09.09.2016 | 09.09.2016 |                               |
| B    | Nombre Firma | L. Jeldes  | G. Catalán | F. García  | Revisión y Aprobación Cliente |
|      | Fecha        | 17.10.2016 | 17.10.2016 | 17.10.2016 |                               |
| 0    | Nombre Firma | L. Jeldes  | G. Catalán | F. García  | Aprobado Cliente              |
|      | Fecha        | 07.11.2016 | 07.11.2016 | 07.11.2016 |                               |

## CONTACTO

**FELIPE GARCÍA**

Jefe de Proyecto

T +56 2 381 2008

e [Felipe.garcia@arcadis.com](mailto:Felipe.garcia@arcadis.com)

Arcadis.

Av. Antonio Varas 621

Providencia, CP 7500966

Santiago | Chile

---

## CONTENIDO

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 INTRODUCCION .....</b>                                 | <b>5</b>  |
| <b>2 ALCANCES .....</b>                                     | <b>5</b>  |
| <b>3 REFERENCIAS.....</b>                                   | <b>5</b>  |
| <b>4 METODOLOGÍA .....</b>                                  | <b>6</b>  |
| 4.1 Monumentación de PRs .....                              | 6         |
| 4.2 Transporte del Sistema Altimétrico .....                | 7         |
| 4.2.1 Nivelación Geométrica .....                           | 7         |
| 4.2.2 Nivel Automático Digital .....                        | 7         |
| 4.2.3 Exigencias y tolerancias .....                        | 7         |
| 4.3 Sistema de Referenciación Planimétricas de PRs .....    | 8         |
| 4.3.1 Geo-Referenciación de PRs .....                       | 8         |
| 4.3.2 Exigencias y tolerancias .....                        | 8         |
| 4.4 Levantamientos Topográficos .....                       | 9         |
| 4.4.1 Exigencias y tolerancias .....                        | 10        |
| <b>5 PROCEDIMIENTO GENERAL.....</b>                         | <b>10</b> |
| 5.1 Desarrollo de Mediciones y Resultados.....              | 10        |
| 5.1.1 Red de Nivelación Geométrica .....                    | 10        |
| 5.1.2 Revisión de desnivel circuito PR01 y PR05 .....       | 11        |
| 5.1.3 Red de Coordenadas de Posiciones Ajustadas .....      | 12        |
| 5.1.4 Comprobación de Distancias Horizontales .....         | 14        |
| 5.2 Levantamiento y Perfiles.....                           | 15        |
| 5.3 Replanteo de Mufas y Otros.....                         | 18        |
| 5.4 Listado de Planos.....                                  | 18        |
| 5.5 Características Principales de Equipos Utilizados ..... | 18        |
| <b>6 CONCLUSIONES .....</b>                                 | <b>19</b> |

### LISTADO DE ANEXOS

|         |                               |
|---------|-------------------------------|
| Anexo A | Monografías                   |
| Anexo B | Certificados                  |
| Anexo C | Informe 3529-1130-TP-MC-001-0 |

### LISTADO DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 5-1. Resumen de Nivelación Geométrica y Cálculo de Cotas.....             | 11 |
| Tabla 5-2. Chequeo Nivelación .....   | 11 |
| Tabla 5-3. Resumen de Errores en Posición basado en el Reporte del Ajuste ..... | 12 |
| Tabla 5-4. Coordenadas Topográficas Ajustadas .....                             | 14 |
| Tabla 5-5. Comprobación de Distancias Horizontales por Diferencia .....         | 15 |

## LISTADO DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 5.1: Factores de Escala y Convergencia calculados por STAR*NET..... | 13 |
| Figura 5.2: Planta de la Red de Coordenadas Topográficas .....             | 13 |
| Figura 5.3 Señalética de seguridad para intervención en Ruta 57 CH .....   | 16 |
| Figura 5.4 Señalética de seguridad para intervención en Ruta 57 CH .....   | 16 |
| Figura 5.5 Señalética de seguridad para intervención en Ruta 57 CH .....   | 17 |
| Figura 5.6 Señalética de seguridad para intervención en Ruta 57 CH .....   | 17 |

## 1 INTRODUCCION

El Presente informe tiene como objetivo entregar los resultados del trabajo topográfico realizado para el “Estudio de Diseño de Soterrado Línea de Alta Tensión tramo Los Maquis-Polpaico aeródromo Peldehue”.

Los trabajos realizados se definen principalmente como un levantamiento de una faja de aproximadamente 1500 metros de largo y 80 metros de ancho (zona de soterramiento de cables de alta tensión), 20 perfiles de 900 metros de largo cada 100 metros desde el inicio de la pista hacia el norte de esta, construcción de una red de puntos de apoyo (4 PRs) geo-referenciados al sistema de coordenadas existente del proyecto “**Construcción de Nuevo Aeródromo de Peldehue**”.

Los puntos utilizados del proyecto anterior son **PR01 y PR05** validados y documentados en el informe técnico **N°3529-1130-TP-MC-001\_0**. Los cuales poseen coordenadas locales topográficas con origen **UTM (SIRGAS - 19S)** y apoyadas en el modelo Geoidal **EGM96**, según consta en dicho informe aprobado por la Dirección de Aeropuertos de Chile. Origen de coordenadas para los levantamientos y perfiles realizados en este estudio.

## 2 ALCANCES

Para realizar los trabajos se consideraron los siguientes aspectos:

- Materialización de cuatro monolitos que serán vinculados a la red construida en el Proyecto Construcción Nuevo Aeródromo de Peldehue.
- Nivelación Geométrica cerrada de los puntos de referencia materializados, con origen en los PRs existentes y validados por la DAP (PR1 y PR5).
- Levantamiento topográfico de detalle de la superficie a la faja del soterrado en una longitud de 1500 metros aproximadamente y 80 metros de ancho.
- Ubicación horizontal y vertical, dentro de la faja, de los elementos relevantes tales como torres de alta tensión, postes de mediana tensión, árboles, líneas de árboles o todo aquello que pueda afectar la trayectoria de aterrizaje y despegue de aeronaves.
- Perfiles transversales al eje de la pista cada 100 metros en una longitud de 2 kilómetros al norte del kilómetro cero de la pista, identificación (en coordenadas y altura vertical) de los elementos relevantes en esta zona.
- Replanteo de Mufas y otros elementos del proyecto.

## 3 REFERENCIAS

1. Informe Topografía y Georeferenciación. Proyecto “Construcción Nuevo Aeródromo de Peldehue. Región Metropolitana, 3529-1130-TP-MC-001\_0.
2. ETG N° 40: Para Topografía. Octubre del 2014. Versión A.
3. Informe Programación y Planificación de Trabajos Topográficos, 4754-1000-TP-PRG-001-0.

## 4. Planos Topográficos:

|                                   |                         |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Plano Planta Soterrado 1          | 4754-1000-TP-PLA-0001-0 |
| Plano Planta Soterrado 2          | 4754-1000-TP-PLA-0002-0 |
| Plano Planta Soterrado 2          | 4754-1000-TP-PLA-0003-0 |
| Plano Perfil Longitudinal         | 4754-1000-TP-PLA-0004-0 |
| Plano Perfil Longitudinal Árboles | 4754-1000-TP-PLA-0005-0 |
| Plano Planta Perfil Transversal   | 4754-1000-TP-PLA-0006-0 |
| Plano Perfil Transversal 1        | 4754-1000-TP-PLA-0007-0 |
| Plano Perfil Transversal 2        | 4754-1000-TP-PLA-0008-0 |
| Plano Perfil Transversal 3        | 4754-1000-TP-PLA-0009-0 |
| Plano Perfil Transversal 4        | 4754-1000-TP-PLA-0010-0 |
| Plano Perfil Transversal 5        | 4754-1000-TP-PLA-0011-0 |
| Plano Perfil Transversal 6        | 4754-1000-TP-PLA-0012-0 |
| Plano Perfil Transversal 7        | 4754-1000-TP-PLA-0013-0 |

## 4 METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó en el proceso es la siguiente

### 4.1 Monumentación de PRs

La adecuada señalización o monumentación de las referencias resulta indispensable en las distintas etapas del estudio. La calidad de la monumentación, a fin de asegurar una clara definición e identificación del punto que se desea materializar, así como las características físicas que den una razonable seguridad de inalterabilidad a lo largo del tiempo, serán función de la importancia del elemento que será monumentado. A continuación, se puntualiza el uso y sus características de construcción.

- Se utilizarán para materializar los sistemas de transporte de coordenadas planimétricas y altimétricas.
- Selección del Emplazamiento. La ubicación de los Monolitos estará determinada por las características de la figura de transporte de coordenadas y del terreno en que ella se emplaza, no obstante, existe cierta libertad para elegir la ubicación precisa del punto y, por ende, se deberán seleccionar los lugares más adecuados considerando: inter visibilidad, estabilidad general del terreno, facilidad para instalar los instrumentos de medida, posible interferencia con otros trabajos propios del proyecto o de la actividad general del área.

- Materiales, Forma y Dimensiones. Los Monolitos se construirán en sitio con hormigón. Sus formas y dimensiones serán las definidas en las especificaciones topográficas de la DAP ETG 40 del 2014.
- Materialización del Punto de Interés. El punto que se materializa mediante un Monolito, estará constituido por un fierro de diámetro 12mm, el que quedará empotrado en la masa de hormigón con su extremo superior sobresaliendo unos 10 mm respecto de la cara superior del monolito y mediante cortes con sierra se grabará una cruz de 2 a 3 mm de profundidad.
- Identificación. Los monumentos llevarán en la cara superior, grabada su identificación, en que aparezca claramente su nombre, número, mes y año de construcción.

## 4.2 Transporte del Sistema Altimétrico

Para el transporte de altura desde un punto conocido, se utilizarán las referencias cercanas materializadas en el estudio reciente Proyecto Construcción Nuevo Aeródromo de Peldehue del que se usara el punto PR1 como origen altimétrico, previo a un chequeo de su desnivel con el punto PR5.

### 4.2.1 Nivelación Geométrica

La nivelación geométrica será el procedimiento para transportar el sistema altimétrico de referencia a lo largo de todo el estudio. Servirá de base a otras nivelaciones (trigonométricas y para mediciones GPS o para dar cota a estaciones de levantamiento) y en ella se apoyarán todos los trabajos posteriores de esta naturaleza. Para cumplir con este requisito se utilizará los siguientes elementos:

### 4.2.2 Nivel Automático Digital

Se utilizará un nivel Digital automático de 1.5 mm de precisión en una nivelación cerrada de 1 kilómetro con anteojo de 24 aumentos como mínimo. Todas las características serán iguales o mejores a las exigidas en las especificaciones topográficas. Las Miras serán de madera o de otro material apropiado, en buen estado de conservación y llevarán incorporado un nivel esférico cuya burbuja permita ajustar su verticalidad.

Puntos de Apoyo para la Mira. La mira se apoyará sobre el punto establecido en cada P.R. y en los puntos de cambio que sea necesario. Los puntos de cambio se harán sobre placas metálicas de apoyo (llamadas comúnmente sapos), pues en parte importante el éxito de la nivelación depende de la calidad de éstos.

### 4.2.3 Exigencias y tolerancias

La nivelación geométrica de precisión deberá cumplir con las siguientes exigencias y tolerancias:

- a) El nivel utilizado deberá estar correctamente calibrado con su correspondiente certificado de calibración vigente.
- b) La nivelación se efectuará por el método de nivelación cerrada (IDA y VUELTA).
- c) Como puntos de cambio se usarán estacas de fierro o placas metálicas, cuya estabilidad y solidez sea confiable.
- d) Las distancias, tanto a la mira de atrás como a la de adelante, no excederá los 50 m y equidistantes entre sí.

e) La tolerancia en el error de cierre de un circuito está dada por la expresión  $10\sqrt{K}$  (mm), en que K es la longitud del circuito recorrido (ida y regreso), expresada en kilómetros. Es decir que, para una nivelación cerrada de 1 kilómetro, el error de cierre esperado no deberá superar los 10 mm.

### 4.3 Sistema de Referenciación Planimétricas de PRs

#### 4.3.1 Geo-Referenciación de PRs

Los trabajos topográficos para el área en estudio quedarán referidos a Puntos conocidos que son parte de la red del Proyecto Construcción Nuevo Aeródromo de Peldehue, dichos puntos están en coordenadas UTM DATUM WGS-84, a partir de estas referencias mediante observaciones GPS se determinara la posición de cada uno de los PRs utilizando para ellos poligonales cerradas o de enlace a puntos conocidos, el instrumental utilizado será GPS de doble frecuencia (L1/L2) y el método de observación será en modo estático diferencial y pos proceso de vectores según las normas topográficas de la dirección.

#### 4.3.2 Exigencias y tolerancias

Los GPS utilizados para las mediciones serán de doble frecuencia L1/L2, deberán contar con bases nivelantes debidamente calibradas.

Se utilizaran poligonales cerradas o de enlace a puntos conocidos para determinar correctamente los errores de cierre ajustados a tolerancias y las posiciones de los PRs mediante ajustes de vectores.

Los vectores medidos deberán tener suficiente redundancia para un correcto ajuste de las observaciones, solo se utilizarán soluciones fijas de vectores, en los casos que esto no ocurra se repetirá la observación.

El tiempo mínimo de permanencia del GPS en el vector observado será como mínimo de 20 minutos, esta es una situación básica que cambiara a un mayor tiempo de observación si existen condiciones de terreno que ameriten esto, estas pueden ser obstrucciones, longitud del vector medido, PDOP alto u otros.

La Tolerancia de Cierre en Distancia en las Poligonales topográficas tendrán un error máximo de 1: 20.000 de  $\sum D_i$ , en que  $D_i$  es la longitud horizontal de cada lado de la poligonal. Siendo el error de cierre en distancia igual a:

$$E = (\Delta E^2 + \Delta N^2)^{1/2}$$

Los resultados de las observaciones se informarán con la siguiente información como mínimo: calidad del PDOP, errores de cierre de las poligonales, calidad del ajuste y resumen de las coordenadas obtenidas.

No obstante ser el UTM un buen sistema de proyección, su empleo introduce ciertas deformaciones. Una distancia medida por la superficie del elipsoide, es decir siguiendo la curvatura teórica de la tierra, se proyecta disminuida en magnitud sobre la superficie del cilindro, llegando el factor de reducción a 0,9996 (4 por diez mil) o 1:2.500 en el meridiano central, en tanto que para la zona externa a los puntos de corte, las distancias se aumentan al proyectarlas sobre el cilindro, llegando el factor de incremento a casi 1 por mil. Es decir del orden de 1 metro por kilómetro en los bordes del huso.

Por otra parte, en la medida que se estén representando terrenos que posean una cota mayor que la del NMM (nivel de referencia altimétrica del sistema UTM), las distancias que se obtienen en el plano entre dos puntos cualesquiera, son menores que las que se medirán en terreno reducidas a la horizontal. Este hecho se hace más evidente cuanto mayor sea la altura (cota media al plano de referencia) y la distancia entre los puntos considerados.

Para la representación de proyectos de ingeniería, que se elaborarán normalmente en escalas 1:5.000 y mayores (1:1.000; 1:500), situación en que las discrepancias se hacen evidentes y resultan incompatibles con las precisiones que los proyectos requieren, tanto gráficas como numéricas.

Todo lo anterior puede resolverse según el siguiente procedimiento:

El procedimiento adoptado para el proyecto permite seguir usando coordenadas geodésicas, tal como se obtienen mediante GPS (WGS-84), para luego, trabajar en todo el resto de las mediciones directamente con dimensiones lineales y angulares idénticas a las determinadas en terreno, o que posteriormente se deberán usar para replantear en terreno.

El procedimiento seleccionado consiste en:

1. Definir “Sistemas Locales Transversales de Mercator” (LTM) cuya cobertura se extiende sólo 1/2 grado a cada lado de un cierto meridiano central (Normalmente en los grados enteros o medios grados de las coordenadas geodésicas). Allí se puede apreciar que para 1°, si la extensión utilizada no supera los 35 km a cada lado del meridiano central, las precisiones son del orden de 1:100.000, muy superior a la precisión de un orden de control primario. Con ello se solucionan los problemas de proyección que presenta el Sistema UTM.
2. Definir “Planos Topográficos Locales” con los que se resuelve el problema de reducción de distancias que se deriva de la diferencia de cota de los distintos sectores de un proyecto. Es decir, para mantener una precisión planimétrica en términos de cálculo numérico de 1:40.000, que equivale a 25 mm por kilómetro, correspondiente a un orden de control primario, se requiere definir un plano de referencia altimétrica de cota tal, que las cotas extremas de terreno del sector asociado a dicho plano, difieran de éste como máximo en +- 150 m. Ello es más que suficiente para cumplir con la precisión gráfica de un plano escala 1:500 en el que se debe poder discriminar hasta 1/3 de mm a la escala del plano, o sea 15 cm.

De lo antes expuesto, este será el procedimiento empleado para referenciar todos los PRs en cuanto a sus coordenadas planas topográficas, que nos permitirá representar adecuadamente los levantamientos realizados. No obstante, a ello los trabajos quedarán referenciados a las cifras UTM, pero reducidas al sistema local.

#### **4.4 Levantamientos Topográficos**

El levantamiento de un área es definido como el procedimiento destinado a obtener las características topográficas y de los detalles existentes de una determinada superficie. La escala para ejecutar los levantamientos será 1:500 y para la correcta representación del relieve utilizaremos GPS en modo RTK. Las mediciones serán efectuadas desde un vértice (PRs) de la poligonal. La densificación de puntos tomados estará definido por la escala y cambios de pendientes, este indica que es necesario conocer las coordenadas y cotas de las líneas que definen un quiebre en el terreno, no obstante para la escala 1:500 la equidistancia entre los puntos tomados será como máximo 10 metros lo que generará una densidad mínima de 100 puntos por hectáreas

#### 4.4.1 Exigencias y tolerancias

Los GPS en modo RTK tiene una precisión de  $\pm$  (8mm+1ppm) de precisión en posición horizontal y  $\pm$  (15mm+1ppm) en posición vertical .

Los puntos serán levantados con el apoyo de Jalones y niveleta para una correcta verticalidad del jalón

Los puntos se tomarán en terreno con una distancia entre puntos igual o menor a 10 metros en la faja de soterrado y en perfiles a una distancia que represente los cambios de pendientes relevantes para el estudio.

Las descripciones de los puntos obedecerán a una codificación establecida con el objeto de obtener un procesamiento automático de líneas y simbología, evitando con esto malas interpretaciones en el dibujo y mejorando ostensiblemente los tiempos de proceso. De receptores de última generación tecnológica o en combinación con GLONASS.

## 5 PROCEDIMIENTO GENERAL

Las mediciones topográficas, comienzan con el diseño de una red de puntos de referencia, origen de todos los levantamientos, se construyeron 4 monolitos de hormigón de 30 centímetros por 30 centímetros y con una profundidad de 50 centímetros lleva empotrado un perno con una placa de aluminio que identifica la fecha de construcción y nomenclatura de cada Pr según Normas DAP ETG 40 del 2014. Los cuales se denominaron ST (Soterrado) ST01, ST02, ST03 y ST04 convenientemente desplazados en los márgenes de la faja de servidumbre del soterrado con el objeto de protegerlos de los trabajos futuros. El traslado de las coordenadas a estos puntos se realizó con observaciones GPS en modo diferencial estático. En cada punto observado y medido el equipo GPS estuvo en promedio entre 20 y 30 minutos. El traslado de cota se realizó mediante nivelaciones geométricas cerradas de ida y vuelta.

Los puntos de levantamiento de faja se tomaron con una distancia de 10 metros como máximo con el objeto de representar el levantamiento a escala 1:500 según Normas DAP ETG 40 del 2014. En cuanto a los perfiles se levantaron con puntos distanciados según cambios de pendientes relevantes en consideración de su uso para el estudio del SLO, por lo que la distancia de los puntos en promedio es de 50 metros.

Finalmente, se establece la Intervisibilidad en forma separada de los puntos monumentado, ST01-PR05-PR01 y ST02-ST03-ST04, respectivamente

### 5.1 Desarrollo de Mediciones y Resultados

#### 5.1.1 Red de Nivelación Geométrica

El traslado de cotas se realizó con una nivelación geométrica de circuitos cerrados y el cálculo de cotas para los puntos se determinó mediante el promedio de los desniveles de ida y vuelta. Los circuitos realizados son **PR01-ST02**, **ST02-ST03**, **ST03-ST04** y finalmente **PR05-ST01**. (Ver Tabla 5-1). Además se realiza una nivelación de comprobación **PR05-PR01**. (Ver Tabla 5-1 y 5-2)

Tabla 5-1. Resumen de Nivelación Geométrica y Cálculo de Cotas

| Resumen de Nivelación Geométrica de los Puntos de la Red |       |              |        |                 |                   |                  |             |
|--|-------|--------------|--------|-----------------|-------------------|------------------|-------------|
| Desde  | Hasta | Desnivel (m) |        | Error de Cierre | Desnivel Promedio | Cota Final ( m ) | Punto       |
|  |       | Ida          | Vuelta |                 |                   |                  |             |
| PR01   |       |              |        |                 |                   | 677,642          | PR01        |
| PR01   | ST02  | 3,453        | -3,450 | 0,003           | 3,452             | <b>681,094</b>   | <b>ST02</b> |
| TS02   | ST03  | 5,892        | -5,891 | 0,001           | 5.892             | <b>686,985</b>   | <b>ST03</b> |
| TS03   | ST04  | 4,683        | -4,681 | 0,002           | 4,682             | <b>691,667</b>   | <b>ST04</b> |
| PR05   |       |              |        |                 |                   | 666,105          | PR05        |
| PR05   | ST01  | -6,280       | 6,276  | -0,004          | -6,278            | <b>659,827</b>   | <b>ST01</b> |

## 5.1.2 Revisión de desnivel circuito PR01 y PR05

Tabla 5-2. Chequeo Nivelación

| Planilla de chequeo Nivelación Peldehue |               |            |              |               |
|---|---------------|------------|--------------|---------------|
| Nivelación Ida                          |               |            |              | Desnivel Ida  |
| Monolito                                | Atrás         | Intermedia | Adelante     |               |
| <b>PR-05</b>                            | 1.901         |            |              |               |
|   | 1.940         |            | 0.677        |               |
|   | 1.753         |            | 0.862        |               |
|   | 1.906         |            | 1.031        |               |
|   | 1.918         |            | 0.758        |               |
|   | 2.062         |            | 0.789        |               |
|   | 1.991         |            | 1.055        |               |
|   | 1.774         |            | 0.900        |               |
|   | 1.900         |            | 0.975        |               |
|   | 1.819         |            | 1.001        |               |
|   | 1.977         |            | 0.849        |               |
| <b>PR-01</b>                            |               |            | 0.510        |               |
|   |               |            |              |               |
| $\Sigma=$                               | <b>20.941</b> |            | <b>9.407</b> | <b>11.534</b> |
|   |               |            |              |               |

De acuerdo a los valores entregados en el proyecto Nuevo Aeródromo de Peldehue, las cotas del **PR01= 677.642 m. y PR05= 666.105 m. (ver informe, N°3529-1130-TP-MC-001\_0.)** arroja una diferencia de desnivel entre ellos de **11.537 m.** Que comparado con nuestra nivelación que arroja un desnivel entre estos puntos de **11.534m.** Comparados estos desniveles existe una diferencia de **3 mm**, lo que está dentro de las tolerancias exigidas según **Norma DAP ETG 40 del 2014.**

### 5.1.3 Red de Coordenadas de Posiciones Ajustadas

Las posiciones de los puntos se obtienen de las mediciones estáticas en cuatro circuitos (triángulos) principales y relacionados, que incluyen los puntos de control **PR01 y PR05.** Se realiza un ajuste por mínimos cuadrados con contracción mínima apoyada en el punto **PR01**, de forma de verificar la calidad interna de la red y la propagación de errores en posición. Se obtiene del reporte del software (**STAR\*NET**) un cuadro de propagación de errores (**RMSE**) en coordenadas **Norte y Este** con un **95%** de región de confianza. Además, en el reporte se establece que el test de congruencia de la red (**Chi-Cuadrado**) que acepta la varianza a priori (**5 mm + 1 ppm**), confirmado que los errores sistémicos están dentro de lo esperado (Medida de Alturas de Antenas, Centrados sobre la Marca y otros).

**Test Chi-Cuadrado:** Límites Inferior / Superior (0,606 / 1,395) (Aceptado)

**Tabla 5-3. Resumen de Errores en Posición basado en el Reporte del Ajuste**

| Resumen de los Errores de Posición de los Puntos en la Red |            |          |                 |
|--|------------|----------|-----------------|
| Punto  | RMSE (95%) |          |                 |
|  | Norte (m)  | Este (m) | Conjunta ( cm ) |
| ST01   | 0,003491   | 0,003491 | < 1             |
| ST02   | 0,003395   | 0,003395 | < 1             |
| ST03   | 0,004739   | 0,004739 | < 1             |
| ST04   | 0,003778   | 0,003778 | < 1             |

Para obtener coordenadas locales topográficas, se procedió a usar el modelo de ajuste combinado y estimación topográfica del software (**STAR\*NET, Report Ground Scale**). La verificación de la escala topográfica se realiza tomando el punto **PR01** (Local Topográfico) fijo en el ajuste y se compara la diferencia que se produce con el cálculo de la coordenada **PR05** de la red y su valor fijo de control en sus componentes **Norte y Este**. Si el resultado es menor a un centímetro para la diferencia conjunta de las coordenadas, se aceptará la posición local topográfica de toda la red.

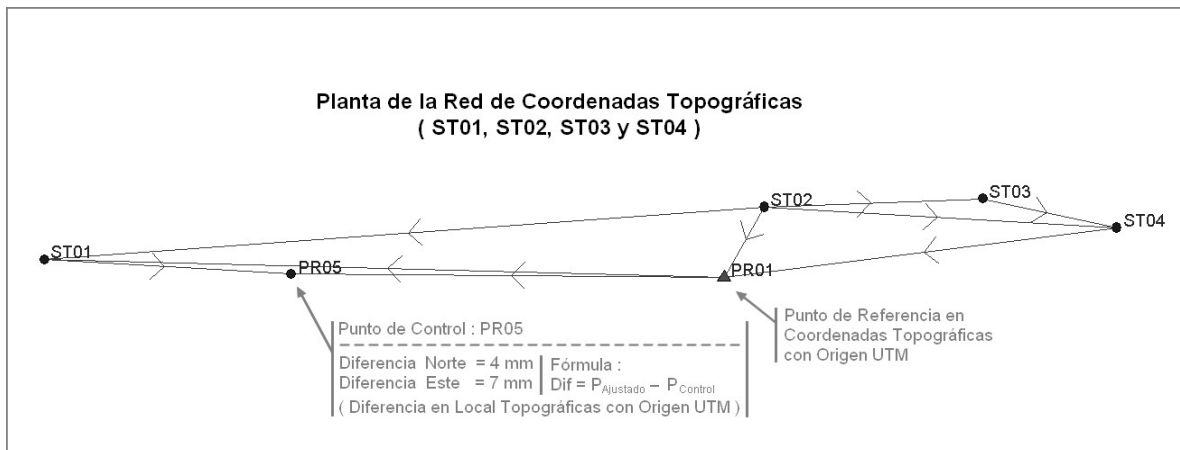
El software realiza desde el ajuste de coordenadas UTM WGS84, una transformación a coordenadas planas topográficas llamada, **Ground Coordinate**. Que en resumen se basa el cálculo y la aplicación de un promedio de varios factores, entre ellos el factor de escala por elevación y factor proyección de grilla (UTM), de cada punto individual y que permite determinar un factor conjunto de escala para las componentes planas en el cálculo de distancia de grilla local entre puntos. Además es software calcula la corrección de convergencia angular, también para cada punto individual y obtiene un promedio de corrección para toda grilla local, como se muestra en el reporte de ajuste de coordenadas de **STAR\*NET** disponible en el Anexo A y la copia de dicha sección que se muestra en la, Figura 5-1.

**Figura 5.1: Factores de Escala y Convergencia calculados por STAR\*NET**

| Convergence Angles (DMS) and Grid Factors at Stations<br>(Grid Azimuth = Geodetic Azimuth - Convergence)<br>(Elevation Factor Includes a 0.00 Meter Geoid Height Correction) |             |            |                     |            |
|--|-------------|------------|---------------------|------------|
| Station  | Convergence |            | ----- Factors ----- |            |
|  | Angle       | Scale      | x Elevation         | = Combined |
| PR01   | 0-55-22.83  | 0.99990636 | 0.99989362          | 0.99980000 |
| PR05   | 0-55-36.55  | 0.99990890 | 0.99989545          | 0.99980436 |
| ST01   | 0-55-44.36  | 0.99991035 | 0.99989643          | 0.99980680 |
| ST02   | 0-55-21.42  | 0.99990613 | 0.99989308          | 0.99979921 |
| ST03   | 0-55-14.48  | 0.99990485 | 0.99989215          | 0.99979701 |
| ST04   | 0-55-10.27  | 0.99990407 | 0.99989141          | 0.99979549 |
| Project Averages:  | 0-55-24.98  | 0.99990678 | 0.99989369          | 0.99980048 |

La comprobación del proceso del cálculo hecho por el programa STAR\*NET, tanto en ajuste como transformación, se realiza sobre la grilla obtenida por medio de la traslación desde el punto PR01, como coordenada fija que está en coordenadas topográficas según informe entregado por el mandante y aprobado por DAP y se verifica el proceso con el cálculo de diferencia en componentes planas topográficas en el punto PR05, que posee el mismo nivel de precisión y valides que el PR01, como se muestra en la Figura 5-2, las diferencias obtenidas en componentes alcanzan, los 7 mm en componente Este y 4 mm en componente Norte. Que satisfacen las especificaciones de tolerancias del ETG N°40 del DAP. Ver Figura 5-2.

**Figura 5.2: Planta de la Red de Coordenadas Topográficas**



Finalmente se procede a combinar las mediciones calculadas y ajustadas para obtener una tabla con la red de coordenadas locales topográficas finales para apoyar los levantamientos y toma de perfiles.

**Tabla 5-4. Coordenadas Topográficas Ajustadas**

| Coordenadas Locales Topográficas Ajustadas |             |            |                              |
|--|-------------|------------|------------------------------|
| Punto                                      | Norte (m)   | Este (m)   | Elevación (m)<br>(Tabla 1.1) |
| ST01                                       | 6335323,036 | 341346,374 | 659,827                      |
| ST02                                       | 6335402,602 | 342431,016 | 681,094                      |
| ST03                                       | 6335415,267 | 342759,936 | 686,985                      |
| ST04                                       | 6335371,113 | 342962,171 | 691,667                      |
| PR01                                       | 6335296,049 | 342379,934 | 677,642                      |
| PR05                                       | 6335300,970 | 341718,193 | 666,105                      |

#### 5.1.4 Comprobación de Distancias Horizontales

Se realiza una auto comprobación geométrica de las distancias horizontales topográficas de la **tabla 5-4**, a través de las coordenadas topo-céntricas de las mediciones GNSS Estáticas, para las diferentes coordenadas ajustadas y locales topográficas (GND = ground).

Se utiliza como metodología de cálculo del módulo de las componentes de las coordenadas topocéntricas, entregadas en reporte del software **STAR\*NET** entre puntos, la que son en términos simples distancias geométrica a escala real entre los puntos reducidos a la marca de las mediciones. Además se considera el desnivel geométrico ajustado entre las cotas, para resolver el triángulo básico que determine la distancia horizontal geométrica como tercer componente o cateto adyacente del triángulo.

Finalmente esta distancia geométrica se compara por diferencia con las obtenidas de las componentes de las coordenadas topográficas entregadas en la **tabla 1-4**. Es importante recordar que las coordenadas topográficas de la **tabla 5-4**, son reducciones de las coordenadas **UTM** a planas topográficas por factores corrección del azimut de la grilla por convergencia y de escala sobre componentes de la distancia por factor de elevación y factor de proyección de la grilla, estos se calculan y se aplican, línea a línea. El detalle se encuentra en el reporte del software anexado en archivo digital.

Tabla 5-5. Comprobación de Distancias Horizontales por Diferencia

| Diferencia de Distancia Ground entre Distancia Hz |       |            |          |            |
|---|-------|------------|----------|------------|
| Punto   |       | Distancias |          | Diferencia |
| Desde   | Hasta | GRD        | Hz       | (m)        |
| PR01  | PR05  | 651,7507   | 651,752  | 0,001      |
| PR01  | ST01  | 1023,9126  | 1023,914 | 0,002      |
| ST01  | PR05  | 372,4787   | 372,479  | 0,000      |
| ST02  | PR01  | 122,8189   | 122,819  | 0,000      |
| ST02  | ST01  | 1087,553   | 1087,555 | 0,002      |
| ST02  | ST03  | 329,1651   | 329,165  | 0,000      |
| ST02  | ST04  | 532,0897   | 532,091  | 0,001      |
| ST03  | ST04  | 206,9999   | 207,000  | 0,000      |
| ST04  | PR01  | 596,9766   | 596,978  | 0,001      |

## 5.2 Levantamiento y Perfiles

Los sectores levantados fueron los siguientes:

- Servidumbre de la línea de alta tensión, entre las torres 62 (específicamente a 250 m. al poniente de esta torre) y 65.
- Cruce con la autopista Los Libertadores Ruta **57CH**
- Línea de árboles situados al norte del umbral norte de la pista
- Determinación de altura de los árboles más prominentes en área de la SLO
- Perfiles hasta camino Quilapilún (sector viñado)

El desarrollo de las mediciones de la faja de soterrado y los perfiles transversales a la pista se midieron con equipos **GPS** en modo **RTK**, para el soterrado se tomaron puntos con un promedio de **230** puntos por hectáreas (3849 puntos en 16.7 hectáreas levantadas) existiendo dos áreas del levantamiento, una corresponde a la zona en que están emplazadas las Torres y la otra es el cruce de la Autopista Los Libertadores en la que se incluye el levantamiento del mobiliario urbano, drenajes, fosos, postes y todo aquello que genere restricciones al soterramiento.

El ingreso a esta zona fue autorizada por la Concesionaria de la Autopista bajo las restricciones de seguridad y señalización exigida en el manual de Carreteras. Bajo este concepto fuimos fiscalizados y autorizados sin comentarios respecto a la señalización emplazada en la autopista previa a las mediciones en terrenos.

**Figura 5.3 Señalética de seguridad para intervención en Ruta 57 CH**



Fuente: elaboración propia

**Figura 5.4 Señalética de seguridad para intervención en Ruta 57 CH**



Fuente: elaboración propia

**Figura 5.5 Señalética de seguridad para intervención en Ruta 57 CH**



Fuente: elaboración propia

**Figura 5.6 Señalética de seguridad para intervención en Ruta 57 CH**



Fuente: elaboración propia

### 5.3 Replanteo de Mufas y Otros

El replanteo de Mufas y otras obras proyectadas están pendiente, debido a que estas aún no se encuentran definidas en el proyecto, estas se replantearán cuando sean acordadas y aprobadas por el mandante.

### 5.4 Listado de Planos

El trabajo realizado dio origen a 13 planos que representan la planta, los perfiles transversales, perfiles longitudinales de árboles y torres de alta tensión (archivos adjuntos), los que se denominan, saber:

**4754-1000-TP-PLA-0001**

**4754-1000-TP-PLA-0002**

**4754-1000-TP-PLA-0003**

**4754-1000-TP-PLA-0004**

**4754-1000-TP-PLA-0005**

**4754-1000-TP-PLA-0006**

**4754-1000-TP-PLA-0007**

**4754-1000-TP-PLA-0008**

**4754-1000-TP-PLA-0009**

**4754-1000-TP-PLA-00010**

**4754-1000-TP-PLA-00011**

**4754-1000-TP-PLA-00012**

**4754-1000-TP-PLA-00013**

### 5.5 Características Principales de Equipos Utilizados

- Nivel Topográfico marca **Geomax**, modelo **ZAL-132**, serie N° 304769, precisión 2mm, aumento 32x, compensador automático.
- Estación Total marca **Geomax**, modelo ZOOM 20 AccXess, serie N°1806151, precisión angular 1" (0,3 mgon), precisión en distancia 2mm + 2ppm (modo fino), medición por diferencia de fase, compensador cuádruple eje.
- **GPS** Geodésico marca **Geomax**, modelo **Zenith 35**.  
Precisiones: Estático horizontal **5 mm ± 0.5 ppm (rms)**, Estático Vertical **10 mm ± 0.5 ppm (rms)**, Cinemático horizontal **10 mm ± 1 ppm (rms)**, Cinemático Vertical 20 mm ± 1 ppm (rms)

- Software Post Proceso StarNet, Software de Campo para mediciones **RTK Field Genius** y Software de Topografía para proceso de datos y modelamiento de terreno **MDT**.

## 6 CONCLUSIONES

Al revisar el resultado de nivelación geométrica y sus cierres, se observa que se cumple con todas las normas y recomendaciones indicadas por la Dirección de Aeropuertos, bajo los procedimientos establecidos en el **ETG - 40**, según norma **DAP** y los términos de referencia de este proyecto.

Se confirma que las distancias horizontales de la **tabla 1-5**, calculadas por modelo de análisis geométrico de distancias topo-céntricas y desniveles geométricos, poseen una alta congruencia respecto de las distancias horizontales calculadas de las componentes de las coordenadas planas topográficas de la **tabla 1-4**, debido a que las diferencias entre ellas no superan **2** milímetros.

Finalmente, se establece la Intervisibilidad en forma separada de los puntos monumentado, **ST01-PR05-PR01** y **ST02-ST03-ST04**, respectivamente.

La uniformidad del terreno, pendientes suaves sin accidentes topográficos importantes incluyendo la Ruta CH-57 y zonas de excavación, se puede concluir que número de puntos levantados y con modelo tridimensional obtenido con la utilización de estos puntos cumplen satisfactoriamente las necesidades para un proyecto de ingeniería de detalle y cálculo de movimiento de tierras

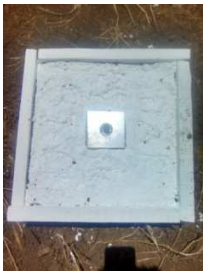
**ANEXO A  
MONOGRAFÍAS**

**MONOGRAFÍA PARA VERTICES Y PRs**

**ST-01**

**UBICACION - DESCRIPCION**

**Descripción:** Monolito de H °



Monolito de hormigón de 30x30x50 centímetros, ubicado en el predio al poniente de la carretera CH-57 a 22 metros al oriente de la pata sur-Oriente de la torre 62 y 55 metros al sur de esta pata.

**DATUM DE REFERENCIA**

**TIPO DE COORDENADAS**

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Región : Región Metropolitana | Fecha : 07-10-2016<br>Coordenadas Planas Origen UTM Datum WGS84<br>Huso 19 |
| Provincia : Chacabuco         | Cota : 659,827 metros.   |
| Comuna : Colina               | Coordenada 6335323,036 metros.<br>Norte                                    |
| Nombre PR : <b>ST-01</b>      | Coordenada 341346,374 metros.<br>Este                                      |

Operador: GEOMATICA LIMITADA

Proyecto: "Nuevo Aeródromo de Peldehue"

Observaciones: \_\_\_\_\_

**MONOGRAFÍA PARA VERTICES Y PRs**

**ST-02**

**UBICACION - DESCRIPCION**

**Descripción:** Monolito de H °



Monolito de hormigón de 30x30x50 centímetros. Ubicado en el predio de Enaex al oriente de la carretera CH-57, a 9 metros al oriente de la intersección del cerco colindante a la Ruta CH-57 y el deslinde con predio de la planta Foto-Voltaica.

**DATUM DE REFERENCIA**

**TIPO DE COORDENADAS**

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Región : Región Metropolitana | Fecha : 07-10-2016<br>Coordenadas Planas Origen UTM Datum WGS84<br>Huso 19 |
| Provincia : Chacabuco         | Cota : 681,094 metros.   |
| Comuna : Colina               | Coordenada 6335402,602 metros.<br>Norte                                    |
| Nombre PR : <b>ST-02</b>      | Coordenada 342431,016 metros.<br>Este                                      |

Operador: GEOMATICA LIMITADA

Proyecto: "Nuevo Aeródromo de Peldehue"

Observaciones: \_\_\_\_\_

**MONOGRAFÍA PARA VERTICES Y PRs**

**ST-03**

**UBICACION - DESCRIPCION**

**Descripción:** Monolito de H °



Monolito de hormigón de 30x30x50 centímetros. Ubicado en el predio de Enaex al oriente de la carretera CH-57, a 1.6 m. de la pirca colindante a la planta Foto-Voltaica y a 120 metros al poniente de la torre 65.

**DATUM DE REFERENCIA**

**TIPO DE COORDENADAS**

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Región : Región Metropolitana | Fecha : 07-10-2016<br>Coordenadas Planas Origen UTM Datum WGS84<br>Huso 19 |
| Provincia : Chacabuco         | Cota : 686,985 metros.   |
| Comuna : Colina               | Coordenada 6335415,267 metros.<br>Norte                                    |
| Nombre PR : <b>ST-03</b>      | Coordenada 342759,936 metros.<br>Este                                      |

Operador: GEOMATICA LIMITADA

Proyecto: "Nuevo Aeródromo de Peldehue"

Observaciones: \_\_\_\_\_

**MONOGRAFÍA PARA VERTICES Y PRs**

**ST-04**

**UBICACION - DESCRIPCION**

**Descripción:** Monolito de H °



Monolito de hormigón de 30x30x50 centímetros. Ubicado en el predio de Enaex al oriente de la carretera CH-57, a 84 metros al Oriente de la pata Sur-Oriente de la torre 65 y 31 metros al Sur de dicha Pata.

**DATUM DE REFERENCIA**

**TIPO DE COORDENADAS**

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Región : Región Metropolitana | Fecha : 07-10-2016<br>Coordenadas Planas Origen UTM Datum WGS84<br>Huso 19 |
| Provincia : Chacabuco         | Cota : 691,667 metros.   |
| Comuna : Colina               | Coordenada 6335371,113 metros.<br>Norte                                    |
| Nombre PR : <b>ST-04</b>      | Coordenada 342962,171 metros.<br>Este                                      |

Operador: GEOMATICA LIMITADA

Proyecto: "Nuevo Aeródromo de Peldehue"

Observaciones: \_\_\_\_\_

**ANEXO B**

**Certificado Calibración Estación Total**



**ADJUSTMENT CERTIFICATE  
FOR INSTRUMENTAL  
(Official Technical Service GeoMax)**

1154-2016-08  
Wulfrath August 19, 2016

| CUSTOMER INFORMATION |                       |
|----------------------|-----------------------|
| Name:                | Geomatica Ltda.       |
| Number Phone:        | 56 2 27584069         |
| e-mail:              | contacto@geomatica.cl |

| INSTRUMENT             |                   |
|------------------------|-------------------|
| Instrument:            | Total Station     |
| Brand:                 | GEOMAX            |
| Model:                 | ZOOM 20           |
| Serial number:         | 1806151           |
| General Features       |                   |
| Accuracy (ISO 17123-3) | 1" (0,3 mgon)     |
| Accuracy (ISO 17123-4) | 2 mm+ 2ppm (Fine) |

| TRACEABILITY   |  |
|----------------|--|
| Brand:         | GEOMAX   |
| Model:         | ZOOM 20 AccXess (1" A4)                        |
| Serial Number: | 1806161  |
| Certificate:   | 20163005_03                                    |
| Developed:     | Geomax, Technical Service (Quality Department) |



Authorized Technical Service

4754 – SOTERRADO LÍNEA DE ALTA TENSIÓN AERÓDROMO DE PELDEHUE

| LABORATORY       |                          |
|------------------|--------------------------|
| Date:            | August 19, 2016          |
| Laboratory:      | Technical Service Geomax |
| Magnitud:        | Distances, angles        |
| Angular Process: | Two faces                |
| EDM Process:     | Average                  |
| Temperature:     | 18° C                    |
| Pressure:        | 761 mmHg                 |

| SUMARY TEST                    |          |          |          |           |
|--------------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| Distance                       |          |          |          |           |
| Trazability                    | 52.654   | 38.655   | 45.630   | Deviation |
| Measure                        | 52.653   | 38.654   | 45.631   | 0 mm      |
| Error                          | 1 mm     | 1 mm     | 1 mm     |           |
| Horizontal Plane Angles (mgon) |          |          |          |           |
| Trazability                    | 0.0002   | 0.0007   | 0.0000   | Deviation |
| Measure                        | 200.0002 | 200.0004 | 200.0001 | 0.3 mgon  |
| Error                          | 0 mgon   | 0.3 mgon | 0.1 mgon |           |
| Vertical Angles (mgon)         |          |          |          |           |
| Face I                         | 100.0000 | 100.0005 | 100.0000 | Deviation |
| Face II                        | 299.9995 | 299.9998 | 300.0003 | 0.3 mgon  |
| Error                          | 0.5 mgon | 0.3 mgon | 0.3 mgon |           |

The correction factor used in the calculation of the deviation is  $k = 2$ , with a confidence level of 95.45%.  
 This document is only valid in its original version, any copy of this document other than this will not be recognized  
 by the laboratory of our company.

  
 Günter Klinsmann  
 Manager Technical Service

**GEOMAX**



**GEOMAX**  
 Authorized Technical Service

**Certificado Calibración Nivel Topográfico**



Certificado: SC-CER78434  
ISO 9001-2008

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**

Nº de Certificado: 9581 - 2016

29 de Agosto de 2016

1.- Identificación del cliente

|         |                 |
|---------|-----------------|
| Empresa | GEOMATICA LTDA. |
| RUT     | 78.485.140-0    |

2.- Identificación del Instrumento

|             |         |
|-------------|---------|
| Instrumento | Nivel   |
| Marca       | Geomax  |
| Modelo      | ZAL-132 |
| Serie       | 304769  |

3.- Especificaciones Técnicas Instrumento

|                   |                     |
|-------------------|---------------------|
|                   | Desviación Estándar |
| Precisión Angular | +/- 2,0 mm          |

4.- Instrumento Patrón

|                |   |
|----------------|---|
| Instrumento    | Colimador Universal Multiretículo de 4 lentes |
| Marca / Modelo | Lentes Wild / Estructura Montaje Metálica     |
| Serie          | T80230  |

5.- Trazabilidad

|                   |  |                     |
|-------------------|--|---------------------|
| Equipo            | Estación Total                                 | Nivel               |
| Marca / Modelo    | 1 KOLIDA / KTS-552                             | 2 LEICA / N3        |
| Serie             | K00375   | 96636               |
| Nº de Certificado | CNM-CC-740-459/2006                            | CNM-CC-740-458/2006 |
| Entidad           | CENTRO NACIONAL DE METROLOGIA – CENAM - MEXICO |                     |

6.- Antecedentes de la Calibración

|                       |                                 |
|-----------------------|---------------------------------|
| Fecha de Calibración  | 29 - Agosto - 2016              |
| Lugar de Calibración  | Laboratoria de Geocas, Santiago |
| Procedimiento         | TP FOR 03                       |
| Magnitudes a chequear | Longitud                        |
| Temperatura           | 21 °C                           |
| Presión               | 761 mmHg                        |

7.- RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

|                    | LONGITUD (m) |          |           | DESVIACION |
|--------------------|--------------|----------|-----------|------------|
|                    | 3.63 mts     | 7.50 mts | 39.75 mts |            |
| Medida Patrón      | 1.030        | 1.030    | 1.010     |            |
| Medida Instrumento | 1.030        | 1.030    | 1.010     |            |
| ERROR              | 0 mm         | 0 mm     | 0 mm      | 0 mm       |

- 1.- GEOCAS se ha certificado bajo un Sistema de Gestión de Calidad según norma ISO 9001-2008
- 2.- Este procedimiento puede ser reproducido parcialmente.
- 3.- Es responsabilidad del cliente chequear periódicamente este instrumento.

*Carlos Bravo Guzmán*  
**Carlos Bravo Guzmán**  
 Técnico Autorizado  
 Geofennel - Geodimeter - Spectra  
 Pentax - kolida - Ashtech



Dublé Almeyda 1627 · Teléfono: 22 225 0678 · www.geocas.com · Ñuñoa, Santiago - Chile