

**UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**CONTROL GEOMÉTRICO Y PLAN DE TOPOGRAFÍA**  
**EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE DOVELAS**  
**DEL METRO DE LIMA – LÍNEA 2**

**Trabajo de Investigación**  
**Para obtener el grado académico de:**  
**Bachiller en Ingeniería Civil**

**Presentado Por:**  
**JOEL CARLOS ESPINOZA OTIVO**

**Asesor:**  
**Dr. José Luis León Untiveros**

**Huancayo – Perú**

**2021**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico con todo mi amor a mi madre Juana Floriana Otivo de Espinoza y a mi padre Teófilo Bernardo Espinoza Garcia, quienes me brindaron apoyo y motivación para poder lograr mis metas.

## ÍNDICE

<b>CARATULA .....</b>	<b>- 1 -</b>
<b>DICTAMEN DE DECLARACIÓN DE EXPEDITO .....</b>	<b>- 2 -</b>
<b>ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR.....</b>	<b>- 4 -</b>
<b>UNIVERSIDAD PERUANA DEL CENTRO.....</b>	<b>- 5 -</b>
<b>MIEMBROS DEL JURADO .....</b>	<b>- 6 -</b>
<b>ASESOR DE TESIS .....</b>	<b>- 7 -</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>- 8 -</b>
<b>ÍNDICE .....</b>	<b>- 9 -</b>
<b>LISTA DE CUADROS .....</b>	<b>- 13 -</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>- 14 -</b>
<b>LISTA DE FOTOGRAFÍAS .....</b>	<b>- 15 -</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>- 16 -</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>- 17 -</b>
<b>CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Situación Problemática.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Formulación Del Problema .....</b>	<b>3</b>
1.2.1. Problema General.....	3
1.2.2. Problemas Específicos .....	3
<b>1.3. Justificación Teórica.....</b>	<b>3</b>
<b>1.4. Justificación Práctica.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5. Objetivos .....</b>	<b>5</b>
1.5.1. Objetivo General.....	5
1.5.2. Objetivos Específicos.....	5
<b>1.6. Hipótesis.....</b>	<b>5</b>
1.6.1. Hipótesis General.....	5
1.6.2. Hipótesis Específicos .....	6

1.6.3.	Identificación De Variables .....	6
1.6.4.	Operacionalización de variables .....	6
1.6.5.	Matriz de Consistencia.....	7
<b>CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO .....</b>		<b>9</b>
<b>2.1.</b>	<b>Antecedentes Del Problema .....</b>	<b>9</b>
2.1.1.	Internacional .....	9
2.1.2.	Nacional .....	10
<b>2.2.</b>	<b>Bases Teóricas .....</b>	<b>11</b>
2.2.1.	Control geométrico .....	11
2.2.2.	Plan de Topografía .....	12
2.2.3.	Normas e Instructivos .....	13
<b>2.3.</b>	<b>Marco conceptual o glosario .....</b>	<b>19</b>
2.3.1.	Anclajes de acero .....	19
2.3.2.	Estación Total .....	19
2.3.3.	Montaje de estructuras prefabricadas.....	20
2.3.4.	Nave industrial .....	20
2.3.5.	Nivel Topográfico .....	20
2.3.6.	Pórtico y semi pórtico de Acopio.....	21
2.3.7.	Puente Grúa.....	21
2.3.8.	Punto de Control .....	21
2.3.9.	Tolerancias topográficas .....	22
2.3.10.	Viga carrileras .....	22
<b>CAPÍTULO III : METODOLOGÍA.....</b>		<b>23</b>
<b>3.1.</b>	<b>Tipo y Diseño De La Investigación .....</b>	<b>23</b>
3.1.1.	Tipo de la investigación .....	23
3.1.2.	Diseño de la investigación .....	23
<b>3.2.</b>	<b>Unidad de análisis .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3.</b>	<b>Población De Estudio.....</b>	<b>23</b>
<b>3.4.</b>	<b>Tamaño De Muestra .....</b>	<b>24</b>
<b>3.5.</b>	<b>Selección de muestra.....</b>	<b>24</b>
<b>3.6.</b>	<b>Técnica De Recolección De Datos .....</b>	<b>24</b>
3.6.1.	Técnicas .....	24

3.6.2. Instrumentos.....	25
<b>CAPÍTULO IV : DESARROLLO DEL TEMA .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1. Control Geométrico .....</b>	<b>26</b>
4.1.1. Verificación de Equipos Topográficos .....	27
4.1.2. Instalación de Puntos de Control .....	32
4.1.3. Control Geométrico pre hormigonado .....	37
4.1.4. Control Geométrico pos hormigonado.....	43
4.1.5. Montaje de Estructuras .....	46
4.1.6. Tiempo de ejecución de control geométrico de pernos de anclajes.....	47
<b>4.2. Revisión De Manual Para Verificación De Equipos Topográficos.....</b>	<b>48</b>
<b>4.3. Entrevista Persona Especializado en Topografía.....</b>	<b>48</b>
4.3.1. Resumen de Entrevistados Topógrafos.....	48
4.3.2. Entrevista al jefe de producción obra planta Dovelas.....	51
<b>CAPÍTULO V : RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>53</b>
<b>5.1. Análisis, Interpretación Y Discusión De Resultados .....</b>	<b>53</b>
5.1.1. Según el Objetivo General .....	53
5.1.2. Según el Objetivo Específico.....	54
<b>5.2. Pruebas De Hipótesis .....</b>	<b>55</b>
5.2.1. Prueba de Hipótesis General.....	55
5.2.2. Prueba de Hipótesis Específica.....	56
<b>5.3. Presentación De Resultados .....</b>	<b>58</b>
5.3.1. Estadística Objetivo General.....	61
5.3.2. Estadística Objetivos Específicos .....	62
<b>CAPÍTULO VI : ANÁLISIS DE COSTOS.....</b>	<b>64</b>
<b>6.1. Materiales .....</b>	<b>64</b>
<b>6.2. Servicios .....</b>	<b>65</b>
<b>6.3. Resumen de Presupuesto.....</b>	<b>65</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>67</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>68</b>

<b>ANEXOS .....</b>	<b>69</b>
Anexo 1: Detalle de pernos de anclajes de planos .....	69
Anexo 2: Arreglo General de Cimentaciones Planta dovelas .....	70
Anexo 3: Certificados de Calibración Estación Total Leica Ts 16 (CCM2L) .....	71
Anexo 4: Certificados de Calibración Estación Total Leica Ts 06 (TPI) .....	72
Anexo 5: Certificados de Calibración Estación Total Geomax 20 Pro (FGA) .....	73
Anexo 6: Tolerancias de Caminos de Rodadura puentes Grúa GH .....	74
Anexo 7: Procedimiento de control Topográfico FGA Ingenieros S. A. ....	75
Anexo 8: Procedimiento de Topografía Túneles y Prefabricados Inca (TPI) .....	76
Anexo 9: Protocolo de Puntos Bases DV-1 y DV-2 en UTM.....	77
Anexo 10: Poligonal Cerrada vs Trilateración .....	78
Anexo 11: Grafica de Triangulación de distancias .....	79
Anexo 12: Datos De Triangulación De Distancias Para Hallar Las Coordenadas.....	80
Anexo 13: Nivelación Geométrica Compuesta .....	81
Anexo 14: Datos del Registro Topográficos Pre Hormigonado .....	82
Anexo 15: Datos del Registro Topográficos Pos Hormigonado .....	84
Anexo 16: Panel Fotográfico Construcción Planta Dovelas .....	86
Anexo 17: Plan de Topografía Planta de Dovelas metro de la línea 2 de Lima.....	88
Anexo 18: Planos Aprobados.....	89
Anexo 19: Plan General De Topografía Consorcio Constructor M2 Lima.....	90

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1:</b> Operacionalización de Variables .....	7
<b>Cuadro 2:</b> Matriz de Consistencia .....	8
<b>Cuadro 3:</b> Desviaciones admitidas en la posición de grupos de pernos de anclaje .....	13
<b>Cuadro 4:</b> Desviación admitida para cimentaciones y pernos de anclaje .....	13
<b>Cuadro 5:</b> Tolerancias de desplome.....	14
<b>Cuadro 6:</b> Tolerancia de Caminos de Rodadura para Puentes Grúa.....	15
<b>Cuadro 7:</b> Tolerancias para entrega de trabajo Movimiento de Tierras .....	16
<b>Cuadro 8:</b> Tolerancias para entrega de trabajo de concreto.....	17
<b>Cuadro 9:</b> Tolerancias para trabajos de anclajes de acero y montaje .....	18
<b>Cuadro 10:</b> Distancias triangulando los puntos de control Dv1, Dv2, Dv6, Dv8 .....	34
<b>Cuadro 11:</b> Distancias triangulando los puntos de control Dv1, Dv2, Dv5, Dv7, Dv8.....	35
<b>Cuadro 12:</b> Coordenadas Punto de Control .....	36
<b>Cuadro 13:</b> Coordenadas de Pernos de Anclaje para Replanteo.....	38
<b>Cuadro 14:</b> Actividades en función de tiempos.....	47
<b>Cuadro 15:</b> Desviaciones de coordenadas .....	58
<b>Cuadro 16:</b> Estadística descriptiva de pre hormigonado y pre hormigonado .....	58
<b>Cuadro 17:</b> Datos para calculo estadístico y Prueba de hipotesis.....	59
<b>Cuadro 18:</b> Frecuencia de precisión en anclajes del pos Hormigonado .....	61
<b>Cuadro 19:</b> Frecuencia de precisión en anclajes del pre Hormigonado.....	62
<b>Cuadro 20:</b> Frecuencia diferencias de precisión en anclajes pre y pos Hormigonado .....	63
<b>Cuadro 21:</b> Presupuesto de Materiales.....	64
<b>Cuadro 22:</b> Presupuesto de Servicios .....	65
<b>Cuadro 23:</b> Resumen de Presupuesto .....	65
<b>Cuadro 24:</b> Cuadro zapatas especificaciones técnicas anclajes de acero .....	69

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Registro Topográfico.....	25
<b>Figura 2:</b> Elevación de la Planta de Dovelas del metro de la línea 2.....	26
<b>Figura 3:</b> Lectura Directa e Inversa de distancia entre dos Puntos de Control.....	27
<b>Figura 4:</b> Lectura Directa de distancia y ángulos dos Puntos de Control.....	28
<b>Figura 5:</b> Lectura Inversa de distancia y ángulos dos Puntos de Control.....	29
<b>Figura 6:</b> Comprobar y ajustar en Estación Total leica TS 16.....	29
<b>Figura 7:</b> Registro de Control y Verificación de Estación Total.....	30
<b>Figura 8:</b> Verificación de Nivel Automático medida de punto medio.....	31
<b>Figura 9:</b> Verificación de Nivel Automático medida en punto extremo.....	32
<b>Figura 10:</b> Tapa del tornillo de Ajuste.....	32
<b>Figura 11:</b> Ubicación de Puntos de Control.....	35
<b>Figura 12:</b> Procesado de datos Para Replanteo.....	38
<b>Figura 13:</b> Emulador de estación TS 16 compresión datos replanteo.....	39
<b>Figura 14:</b> Grafico de Precisión pre y pos hormigonado de Pernos de anclajes.....	60
<b>Figura 15:</b> Análisis de precisión en pos hormigonado.....	61
<b>Figura 16:</b> Análisis de Precisión en pre hormigonado.....	62
<b>Figura 17:</b> diferencia posición entre el pre y pos hormigonado.....	63
<b>Figura 18:</b> Sección de Zapata con anclajes de acero.....	69
<b>Figura 19:</b> Distribución de Los pernos y plancha base de columna prefabricada.....	69
<b>Figura 20:</b> Distribución de Zapatas.....	70
<b>Figura 21:</b> Elevación de Planta de dovelas.....	70
<b>Figura 22:</b> Vista isométrica de la planta de dovelas.....	70

## LISTA DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1:</b> Anclaje de acero torneado para prisma Leica .....	33
<b>Fotografía 2:</b> Hito de Concreto y anclaje de acero para prisma .....	34
<b>Fotografía 3:</b> Toma de lectura a los puntos de control .....	36
<b>Fotografía 4:</b> Resultado en la Estación total Leica TS 16 .....	37
<b>Fotografía 5:</b> Trazo en solado para Encofrado de zapata .....	40
<b>Fotografía 6:</b> Alineación y aplomado manual de encofrado.....	40
<b>Fotografía 7:</b> Instalación de los pernos de anclajes .....	41
<b>Fotografía 8:</b> Verificación de posición de pernos de anclajes .....	42
<b>Fotografía 9:</b> levantamiento topográfico de pernos de anclajes .....	43
<b>Fotografía 10:</b> Pernos de Anclajes antes que Fragüe el concreto .....	44
<b>Fotografía 11:</b> Verificación de niveles y posición de anclajes en concreto fresco.....	44
<b>Fotografía 12:</b> Verificación de posición de pernos de anclajes en concreto fresco.....	45
<b>Fotografía 13:</b> Levantamiento topográfico de la posición de pernos de anclajes.....	46
<b>Fotografía 14:</b> Control Geométrico Montaje de estructuras metálicas .....	46
<b>Fotografía 15:</b> Pedestales y montaje de Planta de Concreto del Metro de La Línea 2 ....	86
<b>Fotografía 16:</b> Control de Verticalidad y alineación de Estructuras prefabricadas .....	86
<b>Fotografía 17:</b> Control geométrico de Pernos de Anclajes y Carrileras .....	86
<b>Fotografía 18:</b> Estación TS 16 en punto de control .....	87

## RESUMEN

En esta investigación se revisó y aplicó el Control Geométrico de acuerdo al Plan General de Topografía en los pernos de anclajes embebidos en zapatas en la construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima Línea 2, el cual está ubicado en Av. Faucett s/n la ex Base Naval de la provincia de Callao, los pernos de anclajes u otros tipos de anclajes de acero se requiere que este en posición X, Y, Z con estricta precisión, para que puedan encajar las estructuras prefabricadas como columnas, vigas, pórticos, carrileras etc. dando forma a la nave taller, de no estar en una precisión adecuada, no encajarían los elementos prefabricados, ocasionando más tiempo y costo; realizando reingenierías de no solucionar estos inconvenientes, los efectos se reflejarían en los equipos que llevan la nave; ejemplo el Puente grúa sufriría efectos de desgaste rápido de las pestañas de las ruedas, deterioro de los rodamientos, deformación de las estructuras metálicas, rotura de los cordones de soldadura y descarrilamiento.

El tipo de la investigación Descriptivo Cuantitativo y Aplicativo, el diseño de la investigación es Observable Longitudinal; la población, el conjunto de elementos prefabricados y sus anclajes que conforman Construcción de la Planta de Dovelas, la muestra son los pernos de anclajes de las zapatas de los ejes A2, A3, B2, B3, B4, B5, C2, C3, C4, D1 que conforman, son en total 100 pernos de anclajes, los instrumentos fueron registros de control topográficos y almacenaje en la computadora (coordenadas).

Los resultados del estudio fueron En la investigación se determinó que se cumplió con la posición de pernos de anclajes en el pos hormigonado, de la muestra el 95 % tienen precisión máxima de 2.0 mm y el 5 % son precisiones de 2.0 mm a 2.5 mm, en el pre hormigonado el 79 % tiene una precisión de 2.0 mm como máximo y el 20 % de 2.0 mm a 2.5mm y 1% con precisión de 3.0 mm.

**Palabras claves:** Control Geométrico, Pernos de Anclajes, plan general de Topografía

## ABSTRACT

In this investigation, the Geometric Control was reviewed and applied according to the General Topography Plan in the anchor bolts embedded in footings in the construction of the Segment Plant of the Lima Metro Line 2, which is located at Av. Faucett s / n the former Naval Base of the province of Callao, the anchor bolts or other types of steel anchors are required to be in position X, Y, Z with strict precision so that they can fit the precast structures such as columns, beams, frames, lanes etc. shaping the workshop building, if it was not in adequate precision, the prefabricated elements would not fit, causing more time and cost, carrying out reengineering, if these inconveniences were not solved, the effects would be reflected in the equipment that carry the example ship Bridge crane would suffer rapid wear effects wheel flanges, bearing deterioration, deformation of metal structures, breakage of weld seams and derailment.

The type of research Descriptive Quantitative and Applicative, the design of the research is Longitudinal Observable, the population the set of precast elements and their anchors that make up Construction of the Segment Plant, the sample is the anchor bolts of the footings axes A2, A3, B2, B3, B4, B5, C2, C3, C4, D1 that make up a total of 100 anchor bolts, the instruments were topographic control records and storage in the computer (coordinates).

The results of the study a) In the investigation it was determined that the position of the anchor bolts was fulfilled in the post concreting, of the sample 95% have a maximum precision of 2.0 mm and 5% have precision of 2.0 mm to 2.5 mm In pre-concreting, 79% have a maximum precision of 2.0 mm and 20% from 2.0 mm to 2.5 mm and 1% with a precision of 3.0 mm. **Keywords:** Geometric Control, Anchor Bolts, General Topography plan

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Situación Problemática

A nivel internacional se construyen todo tipo de infraestructuras que sirven de soporte para el desarrollo de otras actividades, las obras en construcción en su mayoría tiene 4 fases de ejecución como son movimiento de tierras, obras civiles, montaje de estructuras, equipamiento e instalaciones, en general las obras sufren retrasos en relación su fecha de entrega por diversos factores y motivos, uno de los factores que no se menciona y es muy importante, es el control geométrico, en la actualidad las construcciones tienen las necesidades de utilizar elementos estructurales prefabricados, que deben ser posicionados con estricto control, tanto en el montaje, como en los embebidos de sus anclajes, en las zapatas, pedestales o cimentaciones, las infraestructuras más conocidas que usan anclajes de acero y estructuras prefabricadas son plantas concentradoras, naves industriales, túneles, puentes, puertos, y otros, al utilizar estos componentes prefabricados se debe realizar un montaje de la estructura sobre las cimentaciones ya sea en insertos, anclajes de aceros o pernos de anclaje; deben ser posicionados con alta precisión dependiente al tipo de estructura a montar, las estructuras prefabricados se deben ubicar en obra, en su lugar final como indica los planos con las desviaciones que no causen mayores inconvenientes, utilizando métodos topográficos con Estación total y Nivel Automático y para el montaje se utilizan grúas (torre, móvil, telescópicas, sobre cadenas, aéreas), los controles geométricos pueden ser deficientes por múltiples factores que pueden ser planificaciones, experiencia, equipos topográficos de precisión, especificaciones técnicas, planos civiles vs mecánicos y otros, la consecuencia sería retraso en obra y se debe tomar acción de reingeniería en las estructuras de cimentación y prefabricados, demoliciones en las cimentaciones, pérdidas en horas hombre, horas máquina, reflejándose en tiempo y costos.

En la construcción de la Planta de Dovelas se tiene estructuras de cimentación embebidos con pernos de anclajes en donde se posicionarán las estructuras prefabricadas, en su mayoría de concreto armado y metálicas, seguidamente se realiza el equipamiento o montaje de equipos como puentes grúas y pórticos rodantes, todos estos elementos debe encajar con una estricta precisión como lo indican las especificaciones, normas y los fabricantes, para llevar a su posición final se debe seguir un riguroso proceso de seguimiento en el control geométrico desde las cimentaciones, montaje de estructuras prefabricadas como columnas, carril, pórticos y las rieles, las causas de un deficiente control geométrico podrían ser planificación, los puntos de control no cierran, los equipos que cumplen con los requisitos en lecturas de ángulos y distancias (contratista sub y contratista) no concuerdan con las posiciones X Y Z. Las consecuencias serán errores en construcción, no conformidad y se usarían otros métodos de ingeniería para encajar dichos elementos; lo cual, demanda más tiempo y costo, estos errores de no solucionarlos y obviarlos tendrían posibles efectos en desgaste rápido de las pestañas de las ruedas, calentamiento excesivo, deterioro de los rodamientos, deformación de las estructuras metálicas, rotura de los cordones de soldadura, descarrilamiento, pérdida de garantía del puente grúa,

El contratista Consorcio Constructor M2 Lima (CCM2L) y sub contratista de obras civiles Túneles y Prefabricados Inca (TPI) establecen la tolerancia topográfica de pernos de anclajes embebidos al concreto en el pre y pos vaciado y es de 3.0 mm máximo, sin embargo GH Grúas presenta su tolerancia de caminos de rodadura para poder montar sus puentes grúa que es de 2 mm en cota y alineación (ver anexo 6) y FGA ingenieros S. A. envía un procedimiento de control topográfico indicando que la plancha base y la alineación de sus estructuras serán 2 mm (ver anexo 6, 7 y 8) y Túneles y Prefabricados Inca presenta su procedimiento de topografía indicando que se realizaran todos sus controles necesarios y el replanteo y control de pernos. Para poder encajar las estructuras con los anclajes.

## 1.2. Formulación Del Problema

### 1.2.1. Problema General

¿La desviación resultante en posición de pernos de anclajes es menor a 2.0 mm en el **pos hormigonado** de zapatas aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2?

### 1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿La desviación resultante en posición de pernos de anclajes es menor a 2.0 mm en el **pre hormigonado** de zapatas aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2?
- b) ¿las diferencias de la desviación resultante en posición de pernos de anclajes entre el **pre y pos** hormigonado de zapatas es menor a 1.0 mm en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2?

## 1.3. Justificación Teórica

La presente investigación tiene por finalidad desarrollar y detallar el proceso en campo del control geométrico de acuerdo con el plan general de topografía en la Construcción de la planta de Dovelas; así como, también, la verificación o comparación de un aseguramiento de calidad de posicionamiento de elementos (pernos de anclajes) con métodos de topografía, comparando coordenadas de campo vs nominales (planos), este desarrollo y la aplicación en campo servirá como modelo para adaptar a obras similares, en lo que se incluirá el detalle más importante en el Control Geométrico de pernos de anclajes, por su estricta precisión y orden en el cual deben encajar las estructuras prefabricadas, de no tomar importancia con

anticipación debida pudiera terminar con errores ocasionando retrabamos, reingeniería, sobrecostos adicionales etc.

En la actualidad vemos que desde finales de la década de 1990 existe un crecimiento de las naves industriales, con estructuras prefabricadas y hormigón armado o metálicas, estas naves talleres tienen cimentaciones como estructuras de concreto armado, zapatas, vigas de cimentación, losa de cimentación, plateas de cimentación, pedestales, etc. Todas estas estructuras llevan anclajes de acero (pernos de anclajes embebidos) ya que para el montaje de estructuras prefabricadas en cimentaciones con anclajes de acero, deben encajar con rigurosa precisión con las estructuras prefabricadas como columnas vigas y el montaje de equipamiento.

#### **1.4. Justificación Práctica**

Por ser una línea de investigación en gerencia e ingeniería de la construcción y es una investigación práctica que aplica conocimientos de especificaciones técnicas, normas, recomendaciones de personas con experiencia en la labor, manuales de equipos topográficos y recomendaciones de fabricantes de los elementos prefabricados, La descripción del control geométrico en la construcción, servirá como un modelo para obras similares que utilizan los componentes mencionados para permitir una fluidez en los trabajos topográficos; que permitirá adaptarse a los procesos constructivos, optimizar los tiempos en liberaciones topográficas y con una precisión permisible para obtener un buen control geométrico y con registros topográficos de estructura o elemento; lo que, da conformidad de su posición final

En la actualidad existen muchos ingenieros que prestan servicio de topografía con su propia empresa (control en obra, supervisión, levantamientos topográficos), por que la mayoría de empresas constructoras subcontratan esta partida, lo cual es muy interesante conocer las normas instructivos y procedimientos que se debe tener en cuenta ya que de ello

depende la calidad de servicio profesional que se brinda y este será un modelo a seguir que podrá adaptarse a obras similares o de otros tipos de obras.

## 1.5. Objetivos

### 1.5.1. Objetivo General

Cumplir La desviación resultante en posición de pernos de anclajes menor a 2.0 mm en el **pos hormigonado** de zapatas aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2.

### 1.5.2. Objetivos Específicos

- a) Cumplir desviación resultante en posición de pernos de anclajes menor a 2.0 mm en el **pre hormigonado** de zapatas aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea.
- b) Cumplir con las diferencias de la desviación resultante en posición de pernos de anclajes entre el pre y pos hormigonado de zapatas menor a 1.0 mm en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2.

## 1.6. Hipótesis

### 1.6.1. Hipótesis General

La desviación resultante en posición de pernos de anclajes es menor a 2.0 mm en el **pos hormigonado** de zapatas aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2.

### 1.6.2. Hipótesis Específicos

- a) La desviación resultante en posición de pernos de anclajes es menor a 2.0 mm en el **pre hormigonado** de zapatas aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2.
- b) las diferencias de la desviación resultante en posición de pernos de anclajes entre el pre y pos hormigonado de zapatas es menor a 1.0 mm en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2.

### 1.6.3. Identificación De Variables

- c) **Plan general de topografía** es la variable independiente por lo que no se puede modificar ya que se seguirá los lineamientos como el proceso, tolerancias topográficas, especificaciones de equipos topográficos, etc.
- d) **Control Geométrico** es la variable dependiente por lo que no se puede manipular y se medirá de acuerdo a los lineamientos de la variable independiente para ver sus efectos, es una variable mixta ya que refiere al proceso del plan general de topografía, en estos procesos se podrán medir con números que son la precisión del control geométrico.

### 1.6.4. Operacionalización de variables

Describe que operaciones y actividades se deben realizar las variables con su respectivo indicador y su valor.

**Cuadro 1:** Operacionalización de Variables

VARIABLE	INDICADOR	VALOR FINAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL
Plan de Topografía	Tolerancias permisibles  Desviaciones Resultantes	$\pm 3$ mm en Anclajes de acero y $\pm 1.5$ mm en puntos de control  $\sqrt{(\Delta E)^2 + (\Delta N)^2}$	Tolerancias establecidas residente contratista y sub contratista según lo indica el Plan  -error resúltate datos obtenidos en campo este y norte con diferencia respecto a los coordenadas nominales
Control Geométrico	Dentro de las tolerancias permisibles (con precisión )  fuera de tolerancias permisible construcción (sin precisión)	Aceptación  Rechazo	-Se establecerá un registro topográfico al cumplir satisfactoriamente con la precisión que requiere las estructuras.  -Se establece documento de no conformidad al estar fuera de la tolerancia y se procede a su corrección.

FUENTE: Plan General de topografía del Consorcio constructor M2 Lima

### 1.6.5. Matriz de Consistencia

La matriz de consistencia es el resumen de la investigación el cual se relación en concordancia los, problemas, objetivos, hipótesis, variables y métodos de investigación representada en una tabla de columnas con una perspectiva rápida de nuestra investigación.

**Cuadro 2: Matriz de Consistencia**

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
<p>¿La desviación resultante en posición de pernos de anclajes es menor o igual a 2.0 mm en el pos hormigonado de zapatas aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a) ¿La tolerancia en desviación resultante en posición de pernos de anclajes es menor o igual a 2.0 mm en el pre hormigonado de zapatas aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2?</p> <p>b) ¿las diferencias de la desviación resultante en posición de pernos de anclajes entre el pre y pos hormigonado de zapatas es menor o igual a 1.0 mm en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2?</p>	<p>Cumplir La desviación resultante en posición de pernos de anclajes menor a 2.0 mm en el pos hormigonado de zapatas aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a) Cumplir La tolerancia en desviación resultante en posición de pernos de anclajes máximo 2.0 mm en el pre hormigonado de zapatas aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea.</p> <p>b) Cumplir con las diferencias de la desviación resultante en posición de pernos de anclajes entre el pre y pos hormigonado de zapatas máximo 1.0 mm en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2.</p>	<p>La desviación resultante en posición de pernos de anclajes es menor a 2.0 mm en el pos hormigonado de zapatas aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS</b></p> <p>a) La tolerancia en desviación resultante en posición de pernos de anclajes es máximo 2.0 mm en el pre hormigonado de zapatas aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2.</p> <p>b) las diferencias de la desviación resultante en posición de pernos de anclajes entre el pre y pos hormigonado de zapatas es máximo a 1.0 mm en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b></p> <p>Plan de topografía</p> <p>-Tolerancias topográficas</p> <p>-Especificaciones técnicas y factor en las Estaciones Totales.</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE</b></p> <p>Control geométrico</p> <p>-con precisión</p> <p>-con errores construcción</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Descriptivo cuantitativo</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>No experimental Longitudinal</p> <p><b>POBLACIÓN</b></p> <p>Obra Planta Dovelas del Metro de la de Lima Línea 2</p> <p><b>MUESTRA</b></p> <p>Pernos Anclaje embebidos (10 zapatas) de la Nave Carrusel Planta Dovelas</p> <p><b>TÉCNICAS:</b></p> <p>de recolección de datos: Documentación, Entrevista y Observación</p> <p><b>INSTRUMENTOS:</b></p> <p>Ficha de observación Cuestionario</p>

FUENTE: Propia

## CAPÍTULO II : MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes Del Problema

#### 2.1.1. Internacional

(Navarro y Lucas 2016) **“Control geométrico del tramo atirantado del Puente de la Constitución de 1812 sobre la Bahía de Cádiz”** El Artículo de SCIENCE DIRECT menciona que el control geométrico en la construcción del puente en Bahía de Cádiz en España con una luz de 540 m. y un ancho de 40 m. es un trabajo complejo por la flexibilidad de sus estructuras, el peso y dimensión de las estructuras prefabricadas llamadas dovelas, también por la sección del tramo atirantado. La geometría obtenida en el tablero y torre pudo perfectamente encajar, siempre y cuando se llevó un estricto control de todos sus elementos en todo el proceso de la construcción. Se hicieron ensayos de las estructuras para verificar que todo encaje bien, las dovelas de campana se comprobarán en altura, mediante verificación de ángulos relativos al tablero ya construido, en cada situación se realizará los ajustes necesarios para eliminar la desviación obtenida, para el resto de las uniones con el resto del tablero se estableció un protocolo para el control geométrico, para poder ajustarlos donde permita realizar la soldadura, la precisión necesaria debe ser muy estricta. Por el gran tamaño de las dovelas (20.0 m de longitud y 34.3 m de ancho) y luz del mismo, se tuvo una precisión de 20 mm Para este trabajo se realizó con estación total de 1 segundo.

(Sierra 2016) **“Contraste metodológico e instrumental en el control geométrico de puentes por empuje de tablero durante su construcción”** En esta tesis doctoral tiene como objetivo la opción de remplazar el control geométrico de los métodos clásicos con estación topográfica midiendo ángulos y distancias, esto comparado con métodos y técnicas de GPS, mejora la metodología y los resultados con respecto a los métodos

clásicos, para la construcción de puentes por empuje de tableros, los métodos que emplea en esta investigación son aplicativos y longitudinales, ya que realizan observaciones comparativas de mediciones de Estación total y GPS en un tiempo inicial y posterior y evalúan que estén dentro de las tolerancias admisibles, los resultados fueron que con el método de control geométrico clásico con estación total se alcanza una precisión de 3 a 5 mm; mientras que, la desviación admisible como máximo es de 15 a 30 mm y la desviación obtenida con GPS fue de 15 a 40 mm; además, que la técnica que GPS permite cubrir la rapidez del control mejor que los métodos convencionales

### **2.1.2. Nacional**

(VIZCARRA 2019) **“COMPARACIÓN DE CONTROL TOPOGRÁFICO, REPLANTEO EN LA CONSTRUCCIÓN, PRESA RELAVES CON ESTACIÓN TOTAL Y GPS DIFERENCIAL EN TIEMPO REAL (RTK), MINERA LAS BAMBAS – APURIMAC”** El objetivo general la tesis es comparar el control topográfico aplicado en la construcción de presas de relaves, utilizando estación total y GPS diferencial en modo RTK; La metodología empleada para poder contrastar los datos obtenidos fue la calibración local, utilizando el software Trimble Bussines Center (TBC). Se utilizó la prueba estadística de T Student para el procesamiento estadístico, se concluyó que no hay diferencias significativas en el replanteo de la estación total y GPS diferencial, ya que se encuentran en un rango de 1 a 12 mm. en norte, de 1 a 14 mm. en este y de 0 a 13 mm. en elevación. Del mismo modo, se ha observado que existe una diferencia significativa al comparar el tiempo, en el control topográfico y durante el replanteo entre ambos equipos; por lo tanto, el análisis nos demuestra que con el equipo GPS diferencial en modo RTK se replantea mayor número de puntos, debido a las características propias de la ubicación del proyecto.

(PORTA 2017) “EVALUACIÓN DE LA PRECISIÓN DEL PROYECTO CON EL MÉTODO MEDICIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON ESTACIÓN TOTAL TOPCON DEL COAR CHUPACA” esta tesis tiene como objetivo determinar los resultados de la evaluación de la precisión, al emplear la medición de un levantamiento topográfico con estación total topcom, el diseño de la investigación aplicada y el nivel descriptivo, los instrumentos de recolección de datos fueron levantamientos topográficos, promedios, cálculos trigonométricos con un análisis documental; la población y muestra son los mismos datos medidos de los levantamientos topográficos, con los datos obtenidos se realiza cálculos de análisis y evaluación, teniendo como resultado la evaluación angular del levantamiento topográfico que es de 11 segundos, el cual indica que está dentro del error permisible; esto se basa en que para la poligonal de cinco lados con una longitud de 315.258 m es de 11.18 segundos, tomando como referencia la precisión de estación total que es de 5 segundos, el resultado de la evaluación como línea es de 0.0049

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Control geométrico**

Es un control que da seguimiento al correcto posicionamiento de un elemento estructural en el proceso de una obra, el seguimiento de posición mediante registro de coordenadas X, Y, Z llevado una bitácora de datos de levantamiento y replanteos topográficos, con una precisión y tolerancia admisible según la estructura, esto permite que durante la construcción se puedan corregir las coordenadas y cotas de manera que la estructura quede correctamente en su posición final (TECSA México 2015).

Consiste en revisar lo que se lleva a cabo en una obra y que encaje con lo proyectado, dentro de una exactitud que se determine las especificaciones técnicas del proyecto, para

ello se toman datos constantemente en cada fase de obra contrastando con el diseño del proyecto, es una forma de asegurar la correcta ejecución de obra (GARSAN 2016).

### **2.2.2. Plan de Topografía**

es un documento que aporta las directrices para elaborar los planes de topografía individualizados para cada tipo de actividad u obra, contiene información detallada de los alcances, definiciones, normativas, responsabilidades, descripción de los procesos, medios a emplear, unidades y convenios, comprobación de bases, replanteos, establecimiento de nuevas bases, control geométrico, verificación de los equipos, control documentario y otros.

Documento detallado de cómo debe ser el proceso que garantice el control topográfico y geométrico con calidad y productividad de los proyectos, productos o procesos. Este plan debe dar respuesta a cuestiones como qué acciones se llevarán a cabo, qué recursos serán necesarios o quienes serán los encargados de aplicar el plan, con metodología que se utilizará en la obra, para la ejecución de las actividades que incluyan las labores de topografía en los procesos constructivos con especificaciones técnicas definidas. Estableciendo los pasos a seguir para el cumplimiento del plan de Calidad de equipos de topografía, para garantizar el uso correcto de los mismos. Se indican las periodicidades de las revisiones y las tolerancias máximas admitidas de desviación (Consortio Constructor M2 Lima 2016).

### 2.2.3. Normas e Instructivos

#### 2.2.3.1. Instrucción de acero estructural EAE. (Gob. España MF, 2011)

En el capítulo 18 del EAE las tolerancias de posición X, Y, Z en el grupo de pernos no debe exceder una desviación de  $\pm 6$  mm, el centro de la columna no puede desviarse más de 5 mm, y recomienda que los agujeros de plancha base tengan holgura (mayor diámetro que los pernos de anclaje), el nivel de la plancha base no debe ser mayor de  $\pm 5$  mm,

**Cuadro 3:** Desviaciones admitidas en la posición de grupos de pernos de anclaje

TIPO DE DESVIACIÓN	DESVIACIÓN ADMITIDA
Desviación de la distancia $s$ entre los grupos de pernos de anclaje de pilares adyacentes	$\Delta s = \pm 5$ mm
Desviación de la distancia $L$ entre los grupos de pernos de anclaje de los pilares extremos de cada hilera	cuando $L \leq 30$ m ; $L = \pm 15$ mm cuando $30 \text{ m} < L < 210$ m: $\Delta L = \pm 0,25 (L + 30)$ mm cuando $L \geq 210$ m; $\Delta L = \pm 60$ mm con $L$ en metros

FUENTE: [https://previa.uclm.es/area/ing\\_rural/Normativa/EAE/capitulo18.pdf](https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Normativa/EAE/capitulo18.pdf)

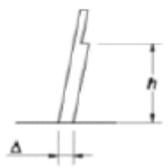
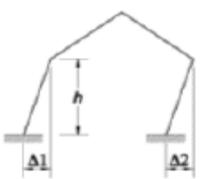
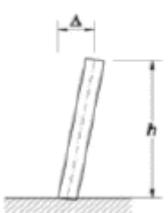
**Cuadro 4:** Desviación admitida para cimentaciones y pernos de anclaje

TIPO DE DESVIACIÓN	PARÁMETRO	DESVIACIÓN ADMITIDA
Nivel de cimentación:	Desviación del nivel requerido:	$\Delta = \begin{bmatrix} +15 \text{ mm (por debajo)} \\ -5 \text{ mm (por encima)} \end{bmatrix}$
Pared vertical	Desviación de la posición requerida en el punto de apoyo de una estructura:	$\Delta = \pm 15$ mm
Perno de cimentación pre-establecido cuando está preparado para ajuste:	Desviación de la posición y nivel requeridos y movimiento mínimo en el agujero Posición requerida medida con relación a la posición de grupos que se muestra	$\Delta L = \pm 10$ mm (localización en punta) $\Delta P = \begin{bmatrix} +25 \text{ mm (alto)} \\ -5 \text{ mm (bajo)} \end{bmatrix}$
	en la figura 80.2.1.	
Perno de cimentación pre-establecido cuando no está preparado para ajustes:	Desviación de la posición, nivel y profusión requeridos. Localización requerida medida con relación a la posición de grupos que se ve en la figura 80.2.1 $\Delta L$ : Localización, nivel superior $\Delta P$ : profusión $\Delta L$ : nivel, localización en punta superior $\Delta P$ : posición	$\Delta L = \pm 1$ mm $\Delta P = \begin{bmatrix} +45 \text{ mm} \\ -5 \text{ mm} \end{bmatrix}$

FUENTE: [https://previa.uclm.es/area/ing\\_rural/Normativa/EAE/capitulo18.pdf](https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Normativa/EAE/capitulo18.pdf)

Para el montaje de las estructuras prefabricadas la verticalidad está definida, para el apoyo de carrileras es  $h/1000$  y pórticos  $1/500$ ; vale decir, que por cada metro de altura se puede desviar como máximo 1 mm y en pórticos por cada metro se tiene como máxima desviación 2 mm como se muestra la figura siguiente

**Cuadro 5:** Tolerancias de desplome

No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
1	<p>Inclinación de un pilar que soporta un camino de rodadura</p> 	<p>Desplome desde apoyo de carrilera a pie</p>	<p><math> \Delta  = h/1000</math></p> <p>No se requiere desviación más estricta.</p>
2	<p>Inclinación de pilares de pórticos sin puentes grúa</p> 	<p>Inclinación más desfavorable de los pilares de cada pórtico</p> <p><math>\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2)/2</math></p>	<p><math> \Delta  = h/500</math></p> <p>No se requiere desviación más estricta.</p>
3	<p>Inclinación por planta</p> 	<p>Desplome</p>	<p><math> \Delta  = h/300</math></p> <p>Desviación más estricta:</p> <p><math> \Delta  = h/500</math></p>
4	<p>Rectitud del pilar</p> 	<p>Desviación <math>\Delta</math></p>	<p><math> \Delta  = h/750</math></p> <p>Desviación más estricta:</p> <p><math> \Delta  = h/1000</math></p>

FUENTE: Norma Española Instrucción de acero estructural EAE capítulo 18

### 2.2.3.2. Manual Instructivo de GH Grúas (GH, 2018)

En este manual menciona que los caminos de rodadura deben estar instalados correctamente dentro de sus tolerancias, de lo contrario tendrá sus consecuencias de operación y otros, se resume una comparación sobre las normas de Federación europea de manipulación de materiales (F.E.M.) y la Norma Americana CMAA

**Cuadro 6:** Tolerancia de Caminos de Rodadura para Puentes Grúa

<i>Tolerancias de caminos de rodadura</i>		Tolerancias de caminos de rodadura (para Grúas puente) según F.E.M.1001-87 (Cuaderno 8) o la UNE 58128-87	Norma Americana CMAA 70: 2004 Runaway tolerances
Luz =S(paralelismo)		$S < 15 \text{ m.} : \Delta s = \pm 3 \text{ mm}$ $S > 15 \text{ m.} : \Delta s = \pm [ 3 + 0,25 ( S - 15 ) ] \text{ mm.}$	$S \leq 50' \quad \Delta s = 3/16''$ $S > 50' \leq 100' \quad \Delta s = 1/4''$ $S > 100' \quad \Delta s = 3/8''$ Max. rate of change: $1/4'' \text{ IN } 20' - 0''$
Alineación de un carril en el plano		$A = \pm 10 \text{ mm}$ En una longitud máxima de carril de 2,0 m., no deberá pasar la tolerancia siguiente: $a = \pm 1,0 \text{ mm}$ En las Grúas de guía por un solo carril: $a = \pm 0,5 \text{ mm}$	$A = 3/8''$ Max. rate of change: $1/4'' \text{ IN } 20' - 0''$
Diferencia de altura de un carril(desnivel longitudinal)		$B = \pm 10 \text{ mm}$ En una longitud máxima de carril de 2,0 m., no deberá pasar la tolerancia siguiente: $b = \pm 2 \text{ mm}$	$B = 3/8''$ Max. rate of change: $1/4'' \text{ IN } 20' - 0''$
Diferencia de altura entre los dos carriles (desnivel transversal)		$C = \pm 0,2 \text{ ‰ de } S$ máx. = $\pm 10 \text{ mm}$	$S \leq 50' \quad C = \pm 3/16''$ $S > 50' \leq 100' \quad C = \pm 1/4''$ $S > 100' \quad C = \pm 3/8''$ Max. rate of change: $1/4'' \text{ IN } 20' - 0''$
Desnivel de la cabeza del carril		Longitudinalmente : $E < 0,3 \text{ ‰}$ Transversalmente : $E < 0,3 \text{ ‰}$	
Diferencia de los topes entre si sobre el plano horizontal		$D = \pm 0,7 \text{ ‰ de } S$ máx. = $20 \text{ mm}$	

FUENTE: Manual Instructivo de GH Grúas

### 2.2.3.3. Tolerancias (AkerSolutions, 2014)

Para el control topográfico y geométrico las tolerancias establecidas en el procedimiento topográfico del plan de calidad en la obra expansión Antaina en el año 2014 fueron:

**Cuadro 7:** Tolerancias para entrega de trabajo Movimiento de Tierras

<b>Movimiento De Tierra</b>		
<b>Actividad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Tolerancia</b>
a) Movimiento Masivo De Tierra	Triangulación de puntos de apoyo	± 20 cc
	Replanteo de coordenadas	± 100 mm
	Nivelación cerrada a menos de 500 mtrs.	± 4 mm
	Nivelación cerrada a más de 500 mtrs	± 10 mm
	Eje en planta	± 20 mm
	Eje en planta de caminos y obras de arte	± 50 mm
b) Excavaciones Masivas	Excavación masiva suelo común	± 50 mm
	Conglomerados	± 100 mm
	Excavación masiva en roca	± 200 mm
	Nivelación fina para cota de proyecto	± 20 mm
c) Rellenos Compactados	Nivel superior de relleno compactado	± 30 mm
	Nivel superior de rellenos sin compactar	± 100 mm
d) Movimientos De Tierra Estructurales	Triangulación de puntos de apoyo	± 20 cc
	Replanteo de coordenadas	± 50 mm
	Nivelación cerrada a menos de 500 mtrs	± 4 mm
	Nivelación cerrada a más de 500 mtrs	± 10 mm
	Eje en planta	± 5 mm
e) Excavaciones Estructurales	Las excavaciones para muros de hormigón y fundaciones deberán tener un sobre ancho de 300 mm a cada lado del límite geométrico del elemento (excepto en donde se señale en forma expresa en los planos)	
	Sello de excavación	+ 0 y - 20 mm
f) Rellenos Compactados Estructurales	Nivel superior de relleno compactado	± 20 mm
	Nivel superior de rellenos sin compactar	± 100 mm
	Base Granular chancada	+ 10 y - 15 mm

**FUENTE:** Instructivo Aker Solutions

**Cuadro 8:** Tolerancias para entrega de trabajo de concreto

<b>Hormigones</b>		
<b>Actividad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Tolerancia</b>
a) Variación en verticalidad	En 3 mts de altura	6 mm
	En 6 mts de altura	10 mm
	Sobre 12 mts de altura	20 mm
b) Variación en la horizontalidad	Por cada módulo o cada 6 mts	10 mm
	Máximo, para la longitud total de la estructura	20 mm
c) Variación de la sección en vigas y pilares	Hacia adentro de la sección teórica	6 mm
	Hacia fuera de la sección teórica	12 mm
	Para alto y ancho de la sección teórica menor de 35	10 mm
d) Variación de la sección en fundaciones	Hacia adentro de la sección teórica	12 mm
	Hacia fuera de la sección teórica	20 mm
e) Elevaciones	Pavimentos o radieres	10 mm
	Dinteles u otras líneas expuestas a la vista	10 mm
	Tope de hormigón que soporta albañilería	12 mm
	Tope de fundaciones	5 mm
f) Alineaciones	En horizontal medido con respecto a eje de viga	10 mm
	Muros medidos en 30 mtr	15 mm
	Juntas	15 mm
g) Aberturas y perforaciones	Ubicación, medida respecto al eje de referencia	5 mm
h) Insertos y pernos de anclaje	Trazado de ejes	1 mm
	Nivel	1.6 mm
	Plomo	L/500 (Max. 2.5 mm)

**FUENTE:** Instructivo Aker Solutions

**Cuadro 9:** Tolerancias para trabajos de anclajes de acero y montaje

<b>Pernos de Anclajes y Montaje de estructuras</b>		
<b>Actividad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Tolerancia</b>
a) Pernos De Anclaje	Nivelación	± 1 mm
	Desviación respecto a ubicación teórica D: Diámetro agujero de la placa en mm d: Diámetro nominal del perno en mm	± 0.4 (D-d)
	Distancia entre pernos, medida entre centros	± 1 mm
	Nivelación	± 1.6 mm
b) Placas Base Y Apoyos Estructurales	Desplazamiento planimétrico	± 2 mm
	Desnivelación medida entre placas base con fundación	± 1 mm
	Diferencia de nivel entre esquinas de placa base	± 0.5 mm
	Nivelación, respecto a elevación de proyecto	± 5 mm
c) Vigas	Desnivel, medida con respecto a vigas adyacentes	± 2 mm
	Desviación respecto a la vertical medida en sus apoyos H en metros	Max. 2(H) <sup>1/2</sup>
	Desviación horizontal o vertical, en relación a la altura total	H/2400 (Max. 5 mm)
d) Columnas	Excentricidad de almas, medida en punto de conexión	± 2 mm
	Trazado de ejes para columnas principales, con	± 0.5 mm
e) Montaje	Trazado de ejes para columnas secundarias, con	± 1 mm
	Alineación medida respecto a longitud de la pieza	1/500 (Max. 5 mm)
	Plomo medido respecto a longitud de la pieza	1/500 (Max. 2.5 mm)
	Plomo (Verticalidad)	1/200 (5mm por metro)
f) Estanques	Redondez < 12 mtrs 12 < X < 45 mtrs 45 < X < 75 mtrs ≥ 75 mtrs	± 3 mm ± 19 mm ± 25 mm ± 32 mm
	Deformación del Manto	Con regla de 90 centímetros no deben tener más de 13 mm de abolladura
	Fundaciones prefabricadas: Anillo base del estanque	± 9 mm por cada 9 mtrs de Perímetro, sin sobrepasar ± 6 mm de la elevación promedio
	Fundaciones insitu	± 3 mm por cada 9 mtrs de Perímetro, sin sobrepasar ± 13 mm de la elevación promedio.

**FUENTE:** Instructivo Aker Solutions

## **2.3. Marco conceptual o glosario**

### **2.3.1. Anclajes de acero**

Es un fragmento o accesorio de acero que generalmente son cilíndricos pueden ser corrugados o lizos, Son elementos que van en la cimentación para transmitir fuerzas axiales y se utilizan para fijar estructuras prefabricadas y/o equipos, se instala antes de hormigonar o también después de hormigonar en el concreto endurecido a los 21 días, los más conocidos anclajes tenemos, los pernos de anclajes, sus longitudes y diámetros varían de acuerdo al cálculo estructural de la edificación o estructura los anclajes son de acero CT3, en la parte embebida al concreto puede ser en forma de basto o soldada a una placa metálica y/o una tuerca soldada para mejor fijación en el concreto, pueden ser fijados verticales, inclinados u horizontales dependiendo del detalle de ingeniería o planos.

### **2.3.2. Estación Total**

Instrumento electrónico óptico utilizado para medir ángulos, distancias, coordenadas, etc. con fines topográficos y otras ramas de ingeniería, cuyo funcionamiento se apoya en la tecnología electrónica. Consiste en la incorporación de un distanciómetro, un microprocesador, una memoria interna y un firmware a un teodolito electrónico, en las estaciones, dependiendo de su marca modelo y generación suelen incorporarse programas internos como almacenamiento de datos, replanteos, línea, arco, alineaciones, superficies, túnel, etc., también posee la capacidad de transferir datos, ya sea por cableo USB en diversos formatos csv, dxf, xml, mdt, etc., las especificaciones técnicas de precisión en distancia pueden ser  $(1.5+2\text{PPM})$  mm,  $(1+1.5\text{PPM})$  mm y en agudo de 5", 3", 1" esto depende de la necesidad de la precisión del trabajo (colaboradores de Wikipedia, 2020).

### **2.3.3. Montaje de estructuras prefabricadas**

Actividad que realiza el posicionamiento de las estructuras prefabricadas en su lugar final utilizando una grúa dependiendo del tipo y peso de la estructura.

### **2.3.4. Nave industrial**

Es una edificación industrial diseñada y creada para generar producción de bienes como prefabricados metálicos y concreto, procesos de recuperación de minerales, producción de envasado de alimentos etc. todo esto mediante equipos y maquinarias operadas por personal, las naves industriales varían de tamaños y formas de acuerdo a su función y producción de bienes, la construcción de las naves industriales están conformadas por cimentaciones con anclajes de aceros y/o insertos en las que se ubican estructuras prefabricadas, que pueden ser metálicas o no metálicas, las estructuras son columnas, vigas, carrileras, pórticos etc. la edificación tiene coberturas y cerramientos perimetrales.

### **2.3.5. Nivel Topográfico**

Instrumento topográfico óptico puede que ser automático, manual o digital que como soporte se usa un trípode, cuenta con un nivel de burbuja sensible que es un compensador de gravedad y cuando esté centrado la visión por el lente permite ver la horizontalidad respecto al hilo horizontal, se utiliza para trasladar cotas o niveles apuntando a una mira graduada milimétricamente y en centímetro, el nivel topográfico tiene un aumento de 20 a 25x para mejor apreciación de lecturas y su error aproximado es de 1.5 cm por kilómetro de nivelada. (colaboradores de Wikipedia, 2020).

### 2.3.6. Pórtico y semi pórtico de Acopio

**Las grúas pórtico** son estructuras rodantes que se desplazan sobre rieles fijadas en una cimentación, conformadas en la parte de las rieles por dos columnas en cada lado y unidos por dos vigas transversales en la parte inferior y superior, además en la parte superior longitudinal están conformadas por dos vigas paralelas al mismo nivel por donde se desplaza un polipasto en sentidos longitudinales y transversales con ganchos para izar elementos, trasladándolo de un lugar a otro, las capacidades de carga pueden variar.

**Las grúas semipórtico** son iguales a las grúas pórticos con la diferencia que un camino rodante o la riel es en la parte baja y la otra es en una viga carrilera, también tiene movimientos longitudinales, transversales y verticales mediante un polipasto, existen grúas semipórticos de distintas capacidades.

### 2.3.7. Puente Grúa

Es un equipo de izare apoyada en los extremos en rieles sobre vigas carrileras, que le permiten desplazarse por el camino de rodadura o riel, la longitud o luz depende de su requerimiento y necesidad, está conformada por dos vigas en las cuales se desplaza un polipasto en sentido longitudinal, trasversal y vertical, usualmente se usan en naves industriales para mover los insumos, producción o bienes de un lugar a otro según lo requieran las labores.

### 2.3.8. Punto de Control

**Punto de control horizontal** pueden ser hitos o dianas establecidos en lugares estratégicos monumentados o fijados en lugares estables con valores asignados como Este y norte o adicionalmente se asigna el valor de la cota, es el lugar donde se instala el

equipo topográfico como estación total o base de gps diferencial, sirven el control topográfico de una obra o monitoreo de alguna estructura.

**Punto de control vertical** son hitos o dianas con valores asignados en elevación o cotas llamados BMs, ubicados estratégicamente para el control vertical de una obra o estructura usando la estación total, se llama nivelación trigonométrica o el nivel automático que sería la nivelación geométrica, también sirve para realizar nivelaciones geométricas transferencia de cotas de un BM a otros auxiliares.

### 2.3.9. Tolerancias topográficas

Es el valor máximo permitido por una especificación o norma en la realización de un trabajo, en planimetría es el error de la resultante del Este y Norte y en altimétrica es el error de la cota diferencias de datos nominales y de campo.

Las tolerancias especificadas sólo tienen el propósito de determinar la liberación topográfica del trabajo. Ejemplo si la tolerancia en posición de los anclajes de acero es de +/- 3 mm con respecto a las coordenadas de los planos

$$Tolerancia\ Maxima = \sqrt{(error\ en\ X)^2 + (error\ en\ y)^2} \leq 3mm$$

Las tolerancias se dan en ubicación (Este y Norte) y en elevación (Cota), Los anclajes de acero, las verticalidades de las columnas, la alineación de las vigas carrileras y los rieles se construirán conforme a las líneas, niveles, dimensiones y detalles mostrados en los diseños de ingeniería. El trabajo terminado deberá cumplir con las tolerancias

### 2.3.10. Viga carrileras

Elemento horizontal que es soportado por las ménsulas de las columnas prefabricadas y en la parte superior en sentido longitudinal se encuentra camino rodante para puentes grúas.

## CAPÍTULO III : METODOLOGÍA

### 3.1. Tipo y Diseño De La Investigación

#### 3.1.1. Tipo de la investigación

**Descriptivo cuantitativo**, consiste describir y ejecutar del Control Geométrico bajo los lineamientos plan de general de topografía del Consorcio constructor M2 Lima.

**Aplicativo**, por tratarse de un conocimiento pre existente y por ser parte del proceso constructivo de la obra.

#### 3.1.2. Diseño de la investigación

**No experimental**, porque se realiza una investigación centrada en el proceso de la precisión del control geométrico en función al plan general de topografía sin recurrir al laboratorio ni tocar intencionadamente las variables. Por otro lado, esta investigación se centra en observar directamente la variable dependiente.

**Observable Longitudinal**, porque recolecta los datos en dos instantes que es el pre vaciado de concreto y luego el pos vaciado de concreto, su propósito es analizar la precisión del control geométrico en los anclajes de acero para que las estructuras prefabricadas puedan encajar perfectamente.

### 3.2. Unidad de análisis

Coordenada topográficas locales (factor de escala 1).

### 3.3. Población De Estudio

Se toma como población de la investigación a toda actividad que requiere un control geométrico de configuración ya sea de terreno o movimiento de tierras, obras civiles, montaje de estructuras prefabricadas y equipamiento con estricto seguimiento de posición

X, Y, Z según planos aprobados en todas sus fases, en principal los trabajos de precisión que son el posicionamiento de anclajes de acero y los elementos prefabricados dentro de la construcción de la Planta de Dovelas.

### **3.4. Tamaño De Muestra**

La muestra que se tomara serán diez zapatas cada una con diez pernos de anclajes embebidos en el concreto, en total son cien coordenadas de posición del pre y pos hormigonado.

### **3.5. Selección de muestra**

Se selecciona de la muestras son los pernos de anclajes de las zapatas ubicados en los ejes A-2, A-3, B-2, B-3, B-4, B-5, C-2, C-3, C-4, D-1.

### **3.6. Técnica De Recolección De Datos**

#### **3.6.1. Técnicas**

- a) **Documentación**, se revisara el EDI Estudio definitivo, el plan general de topografía, manuales de los Equipos topográficos y normas aplicables.
- b) **Entrevista no estructurada**, se entrevistara a dos topógrafo del Consorcio Constructor M2 Lima, dos topógrafos sub contratistas de la empresa TPI y FGA, dos topógrafos externos con experiencias en obras similares.
- c) **Observación estructurada** mediante la estación total se procede a observación de los datos de coordenadas En los procesos que se realizara el control geométrico en los constructivos de campo.

### 3.6.2. Instrumentos

Para el análisis documental y entrevista se usara la Computadora y sus unidades de almacenaje, en el proceso de observación se usaran la libreta de campo, para la toma de datos topográficos (X, Y, Z) se recolectó mediante la estación total y se descargó a la computadora para obtener un registro topográfico de control.

CONSORCIO CONSTRUCTOR M2 LIMA		REGISTRO				PTC-CA-0011						
<b>REPORTE TOPOGRAFICO / ALINEACION DE ELEMENTOS</b>						Revision: 01						
						Fecha: 23/02/2017						
						Pag. 1 de 1						
Ubicación: <b>Fabrica de Dovelas</b>						Fecha:						
Estructura: <b>Nave Carrusel</b>												
Sector: <b>Eje "C" (C.2) (C.3)</b>												
BMs: <b>DV-2 / DV-5</b>						Estación:						
Equipo Topografico: <b>Estacion Leica TS-3" Serie 3203538 Nivel Automatico Leica NA-320 Serie 802320319481</b>												
ITEM	ACTIVIDAD	SI	NO	N.A.	OBSERVACIONES							
1	Comprobacion de BMs de referencia											
2	Ubicación de Puntos Auxiliares											
3	Trazo y Replanteo de ejes (Muros guia, losas, otros)				Liberacion de Alineamiento, verticalidad, niveles de encofrado							
4	Replanteo y verificacion de encofrados (Muros guia, losas, otros)				ubicacion, elevacion de pernos de anclaje							
5	Colocación de niveles											
6	Verticalidad y alineamiento											
7	Levantamiento Topográfico											
8	Otros											
<b>Pernos de Anclaje</b>												
Eje Zap	Ø	#	Coordenadas teoricas			Coordenadas campo			Desviaciones			
			Este	Norte	Cota	Este	Norte	Cota	Este	Norte	Result.	Cota
C2	1-1/4"	1	271169.5974	8668976.5061	39.1670	271169.5980	8668976.5053	39.1691	0.6	-0.8	1.0	2.1
	3/4"	2	271169.4049	8668976.4103	39.1670	271169.4050	8668976.4099	39.1686	0.1	-0.4	0.4	1.6
	3/4"	3	271169.1363	8668976.2767	39.1670	271169.1365	8668976.2755	39.1689	0.2	-1.2	1.2	1.9
	1-1/4"	4	271168.9438	8668976.1810	39.1670	271168.9446	8668976.1809	39.1697	0.8	-0.1	0.8	2.7
	1-1/4"	5	271168.8925	8668976.2839	39.1670	271168.8934	8668976.2843	39.1700	0.9	0.4	1.0	3.0
	1-1/4"	6	271168.8413	8668976.3869	39.1670	271168.8417	8668976.3866	39.1697	0.4	-0.3	0.5	2.7
	3/4"	7	271169.0338	8668976.4826	39.1670	271169.0345	8668976.4825	39.1684	0.7	-0.1	0.7	1.4
	3/4"	8	271169.3024	8668976.6162	39.1670	271169.3035	8668976.6166	39.1684	1.1	0.4	1.2	1.4
	1-1/4"	9	271169.4949	8668976.7120	39.1670	271169.4957	8668976.7112	39.1687	0.8	-0.8	1.1	1.7
	1-1/4"	10	271169.5462	8668976.6090	39.1670	271169.5470	8668976.6091	39.1696	0.8	0.1	0.8	2.6
C3	1-1/4"	1	271172.7150	8668970.2387	39.1670	271172.7143	8668970.2401	39.1698	-0.7	1.4	1.6	2.8
	3/4"	2	271172.5225	8668970.1429	39.1670	271172.5236	8668970.1440	39.1693	1.1	1.1	1.6	2.3
	3/4"	3	271172.2539	8668970.0093	39.1670	271172.2552	8668970.0112	39.1692	1.3	1.9	2.3	2.2
	1-1/4"	4	271172.0614	8668969.9135	39.1670	271172.0625	8668969.9149	39.1696	1.1	1.4	1.8	2.6
	1-1/4"	5	271172.0102	8668970.0165	39.1670	271172.0094	8668970.0176	39.1695	-0.8	1.1	1.4	2.5
	1-1/4"	6	271171.9589	8668970.1195	39.1670	271171.9584	8668970.1202	39.1697	-0.5	0.7	0.9	2.7
	3/4"	7	271172.1514	8668970.2152	39.1670	271172.1507	8668970.2162	39.1692	-0.7	1.0	1.2	2.2
	3/4"	8	271172.4200	8668970.3488	39.1670	271172.4189	8668970.3508	39.1697	-1.1	2.0	2.3	2.7
	1-1/4"	9	271172.6125	8668970.4446	39.1670	271172.6113	8668970.4462	39.1691	-1.2	1.6	2.0	2.1
	1-1/4"	10	271172.6638	8668970.3416	39.1670	271172.6618	8668970.3414	39.1697	-2.0	-0.2	2.0	2.7
Observaciones: <b>Liberación topográfica de pernos de anclaje Pre vaciado de concreto</b>												
<b>Topografía o Produccion Subcontratista</b>						<b>Topografía o Produccion CCM2L</b>						
Nombre / Firma:						Nombre / Firma:						
Fecha y Hora:						Fecha y Hora:						

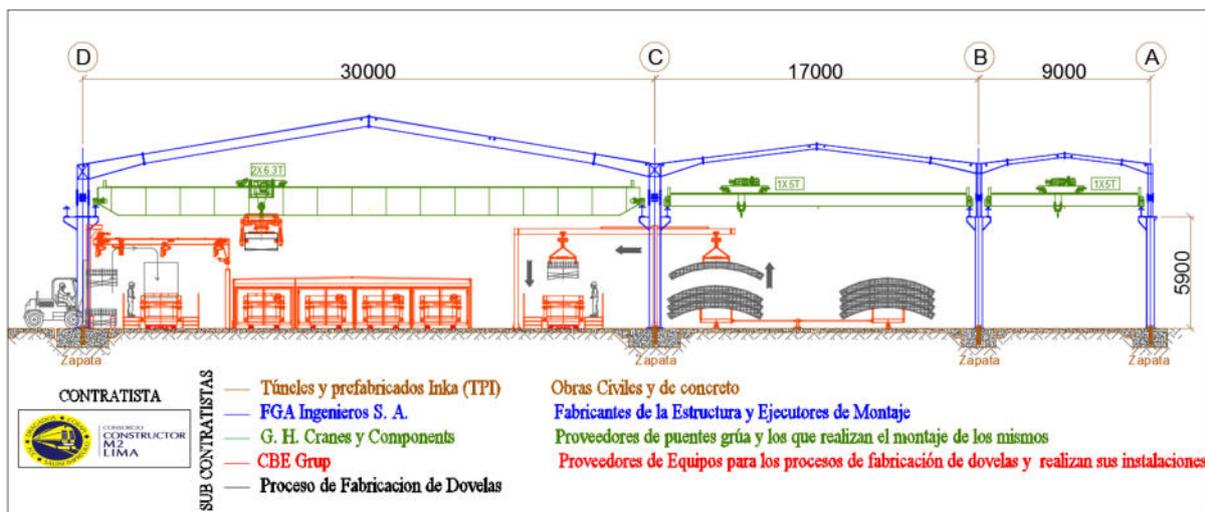
**Figura 1:** Registro Topográfico  
FUENTE: Consorcio constructor M2 Lima

## CAPÍTULO IV : DESARROLLO DEL TEMA

### 4.1. Control Geométrico

Las empresas que Ejecutan la construcción planta de Dovelas de Metro de la Línea 2 son el Consorcio Constructor m2 Lima como ejecutores directos (clientes), la empresas sub contratista Túneles y Prefabricados Inka SAC (TPI) encargada de las obras civiles, FGA Ingenieros S. A. Fabricantes proveedores y ejecutores del montaje de estructuras prefabricadas, GH Grúas proveedor de los puente grúa es el mismo que realiza el Montaje, CBE Grupo fabricantes y proveedores de los equipos para el proceso industrial de la nave.

La Construcción planta de Dovelas, es una instalación industrial, donde se fabricarán juegos de 7 segmentos llamados dovelas que conforman el anillo de sostenimiento para el túnel del metro de la línea 2, la planta está conformada por tres Naves llamadas Carrusel, elaboración de acero y montaje de armaduras.

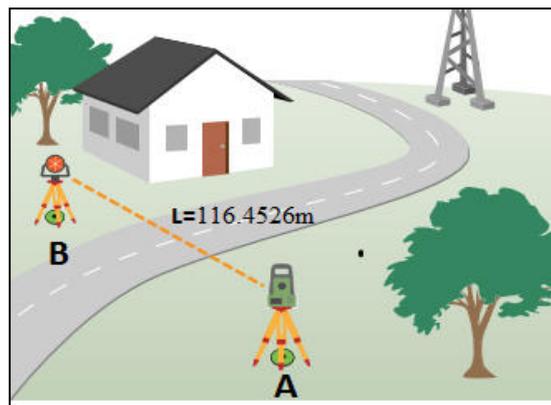


**Figura 2:** Elevación de la Planta de Dovelas del metro de la línea 2  
 FUENTE Planos de Ingeniería de la Planta de Dovelas

#### 4.1.1. Verificación de Equipos Topográficos

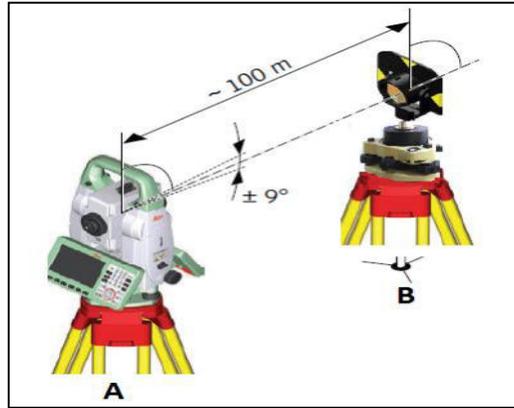
##### 4.1.1.1. Estacion Total Leica TS 16

- a) Teniendo dos puntos A y B que son una línea base ejemplo  $L=116.4526\text{m}$  Estacione el Equipo en el punto A
- b) Centramos el nivel esférico y luego el nivel digital, este debe estar a menos de  $00^{\circ}00'05''$  luego gire a  $90^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$  y  $360^{\circ}$  verifique el nivel digital esté siempre por debajo de  $00^{\circ}00'05''$
- c) Verificamos y configuramos la presión atmosférica, temperatura y constante de prisma a usar
- d) Tomamos la lectura y calculamos la diferencia entre distancia horizontal arrojada por la estación total y la distancia real de la línea base, lo cual vemos está a  $\pm 1.0\text{ mm}$   
Ejemplo lectura =  $116.4521\text{ m}$  y línea base =  $116.4526\text{ m}$  diferencia  $-0.0004\text{ m}$



**Figura 3:** Lectura Directa e Inversa de distancia entre dos Puntos de Control  
FUENTE: Manual Estación Total Leica TS 16

- La metodología para verificación de ángulos de la Estación total
  - a) En Lectura directa Apuntamos al Objetivo (punto B) se fija el Angulo Horizontal =  $00^{\circ}00'00''$  y apuntamos el Angulo Vertical =  $91^{\circ}03'11''$  (Ejemplo).



**Figura 4:** Lectura Directa de distancia y ángulos  
 dos Puntos de Control  
 FUENTE: Manual Estación Total Leica TS 16

- b) Giramos 180° el eje vertical y horizontal tomamos la Lectura inversa en el Angulo

Ejemplo

$$\text{Angulo Horizontal} = 180^{\circ}00'003''$$

$$\text{Angulo Vertical} = 268^{\circ}56'51''$$

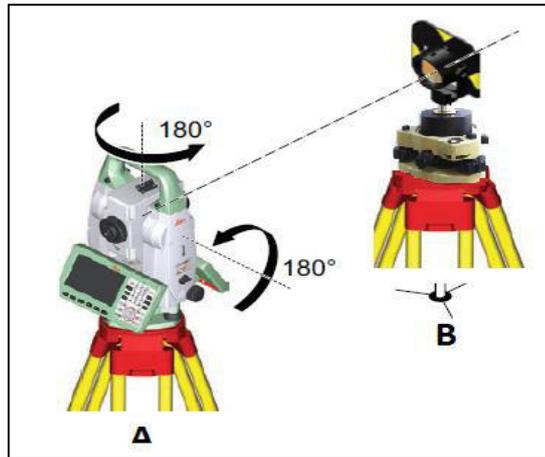
- c) En el error del Angulo horizontal seria =

$$180^{\circ} - 180^{\circ}00'03'' = -00^{\circ}00'003''$$

En el error del Angulo vertical =

$$91^{\circ}03'11'' + 268^{\circ}56'51'' = 360^{\circ}00'02'' \text{ a este resultado le restamos } 360^{\circ} = -00^{\circ}00'02''$$

- d) Si el error angular horizontal y/o vertical, es mayor que la especificación del equipo (ejemplo 3''), se procede a colimarlo hasta que esté dentro de la tolerancia y si no, se corrige se envía a un casa de calibración.



**Figura 5:** Lectura Inversa de distancia y ángulos dos Puntos de Control  
FUENTE: MANUAL LEICA TS16

- e) Colimaciones de la estación total, en general todas las estaciones totales tiene esta opción de colimación en herramientas ajuste y comprobación. En dicha opción se tiene comprobación y ajuste del eje de muñones, comprobación y ajustes del compensador, ingresando a estas opciones se toma lecturas de ángulos directas e inversas y la estación total calcula un Angulo de compensación,



**Figura 6:** Comprobar y ajustar en Estación Total leica TS 16  
FUENTE: LEICA CAPTIVATE TS\_MS SIMULATOR

EQUIPO		ESTACION TOTAL	MARCA	LEICA	FECHA	15-05-2019	
MODELO		TS 16	PRECISIÓN ANGULAR		3"	TOLERANCIA EN ANG. 3"	
N° SERIE		3203538	PRECISIÓN EN DISTANCIA		1 mm + 1.5 PPM	TOLERANCIA EN DIST. 1.5 mm	
BASES DE VERIFICACION		DV-1 @ DV-2		DIST.HORIZONTAL		200.5790	
ANGULOS							
HORIZONTAL				VERTICAL			
SERIE 1	CD	00° 00' 00"	Diferencia con 180°00'00"	SERIE 1	CD	90° 08' 46"	Suma CD y CI y diferencia con 360°00'00"
	CI	180° 00' 00"	00° 00' 00"		CI	269° 51' 15"	00° 00' 01"
SERIE 2	CD	00° 00' 00"	Diferencia con 180°00'00"	SERIE 2	CD	90° 08' 47"	Suma CD y CI y diferencia con 360°00'00"
	CI	180° 00' 00"	00° 00' 00"		CI	269° 51' 17"	00° 00' 02"
SERIE 3	CD	00° 00' 00"	Diferencia con 180°00'00"	SERIE 3	CD	90° 08' 46"	Suma CD y CI y diferencia con 360°00'00"
	CI	179° 59' 58"	- 00° 00' 01"		CI	269° 51' 18"	00° 00' 02"
			Media Series 00° 00' 00"				Media Series 00° 00' 02"
INCIDENCIA PLANIMETRICA DEL ERROR EN REPLANTEO A 100 MTS				INCIDENCIA ALTIMETRICA DEL ERROR EN REPLANTEO A 100 MTS			
DISTANCIA							
HORIZONTAL							
SERIE 1	CD	200.5798	Promedio Serie 1 CD y CI	Diferencia con teorica			
	CI	200.5796	200.5797	0.0007			
SERIE 2	CD	200.5799	Promedio Serie 2 CD y CI	Diferencia con teorica			
	CI	200.5795	200.5797	0.0007			
SERIE 3	CD	200.5795	Promedio Serie 3 CD y CI	Diferencia con teorica			
	CI	200.5793	200.5794	0.0004			
			Media Series 200.5796	Diferencia media 0.0006			
OBSERVACIONES: ET de 1cc - TOLERANCIA ANGULAR 15cc ET de 3cc - TOLERANCIA ANGULAR 30cc							
DISPOSICION DEL EQUIPO		REVISADO POR:			PROXIMA REVISION		
APTO	NO APTO	Firma:			01-06-2019		
✓		Nombre: Joel Espinoza					

Figura 7: Registro de Control y Verificación de Estación Total  
FUENTE: Elaboración Propia

#### 4.1.1.2. Nivel Automático Leica Geosystems NA320

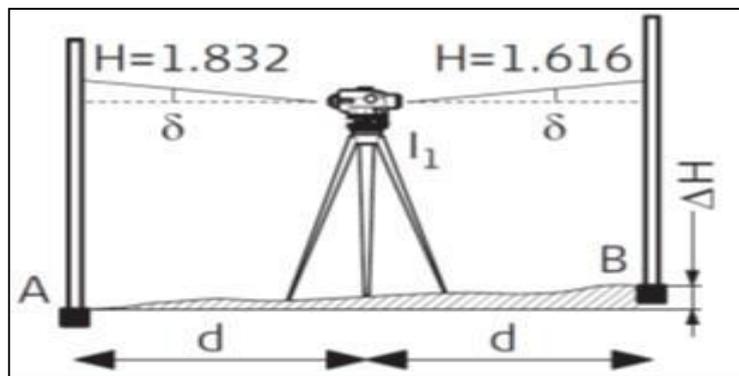
- a) Estacionamos el nivel óptico a la mitad de puntos A y B a una distancia separado a 30 m en un terreno plano
- b) Centramos el nivel esférico y giramos 90°, 180°, 270° y 360° y verificamos que el nivel esférico esté centrado siempre en cualquier dirección
- c) colocamos una mira en ambos puntos A y B
- d) Tomamos la lectura de ambas miras.

Ejemplo

Lectura en A = 1.832 m

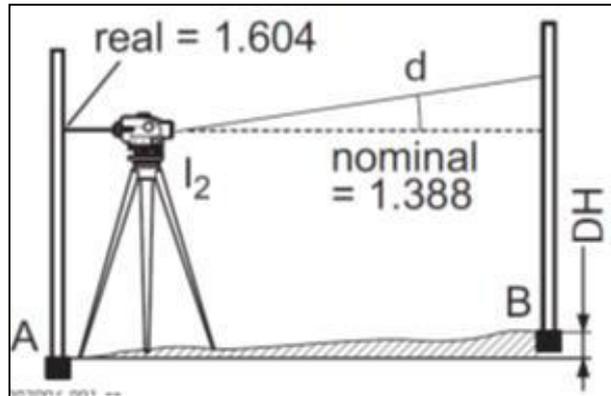
Lectura en B = 1.616 m

$\Delta H = A - B = 0.216$  m



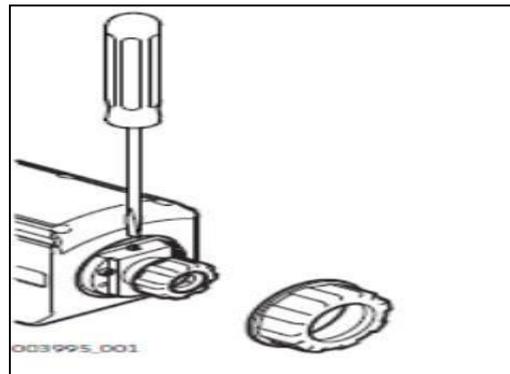
**Figura 8:** Verificación de Nivel Automático medida de punto medio  
FUENTE: Manual Leica NA 320/24/32

- e) realizamos un cambio de estación a 1 m del punto A y Tomamos la lectura de la mira  
ejemplo A = 1.604 m
- f) Calculamos la lectura nominal de B  
Ejemplo  
Lectura  $A - \Delta H = 1.604$  m - 0.216 m = 1.388m.
- g) Tomamos la lectura de la mira B y comparamos la lectura nominal de no ser igual ajuste la puntería del hilo.



**Figura 9:** Verificación de Nivel Automático medida en punto extremo  
FUENTE: Manual Leica NA 320/24/32

- Método para ajuste y corrección de Nivel Óptico
- a) Si la diferencia entre la lectura nominal y real es mayor de 1 mm, es necesario ajustar el eje de puntería.
- b) Retiráramos la tapa del tornillo de ajuste
- c) Girar el tornillo de ajuste hasta que el hilo medio del retículo llegue a la lectura necesaria ejemplo 1.388 m.
- d) Comprobar nuevamente el eje de puntería. Con los pasos de verificación



**Figura 10:** Tapa del tornillo de Ajuste  
FUENTE: Manual Leica NA 320/24/32

#### 4.1.2. Instalación de Puntos de Control

A partir de los puntos bases DV-1 y DV-2 en coordenadas UTM y factor combinado 1.00023836 (ver anexo 13) entregado por el topógrafo Juan Carlos Sanchez de la

Empresa Consorcio Constructor M2 Lima, se tomó como punto base el DV-1 y se orientó con DV-2 y se utilizó el factor combinado de escala 1.00 para nuevamente tomar datos al DV-2 como coordenadas planas o topográficas (locales), ya que para este tipo de obra se requiere las medidas planas.

DATUM HORIZONTAL	ZONA	COORDENADAS UTM		ELEVACION GEOIDAL (EGM-96)	CODIGO DE PUNTO
		NORTE	ESTE		
WGS - 84	18 SUR	8669101.8723	271042.1500	39.57	DV-1
WGS - 84	18 SUR	8668909.8970	271100.4381	39.941	DV-2

#### 4.1.2.1. Embebidos de Anclajes de acero para Prisma

La instalación de puntos de control es responsabilidad generalmente de la supervisión, cliente y contratista, en la obra es responsabilidad de CCM2L. Al no contar con las bases nivelantes (tribash), se envió a fabricar en un torno anclajes de acero con la forma que pueda encajar el prisma, fotografía 1.



**Fotografía 1:** Anclaje de acero torneado para prisma Leica  
FUENTE: Propia tomada en obra

Con apoyo del personal de sub contratista quienes realizaron el encofrado y vaciado de los hitos con los anclajes de acero embebidos en el concreto, Los puntos de control lo distribuí estratégicamente a lo largo de toda la nave,



**Fotografía 2:** Hito de Concreto y anclaje de acero para prisma  
FUENTE: Propia tomada al inicio de obra

#### 4.1.2.2. Trilateración para hallar coordenadas

Para su asignación de valores de este, norte (valores críticos) y cota, realicé el método de triangulación de distancias a partir de una línea base de puntos con coordenadas topográficas (locales factor de escala 1), las lecturas, realicé 5 lecturas de distancias horizontal directas y 5 lecturas inversas las distancias solo varían décimas de milímetros a pesar de variar hasta 15 segundos en el equipo o disparar a un extremo del prisma con diámetro de 6 cm, la distancia horizontal no varía y se obtuvo como resultado lo siguiente.

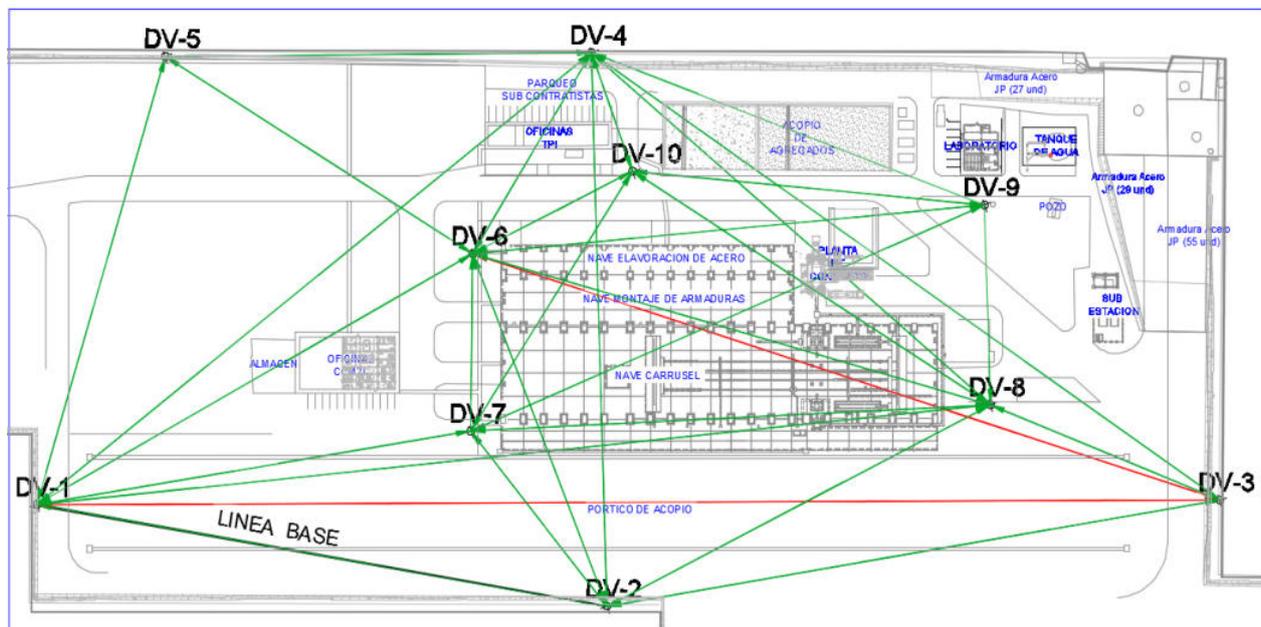
**Cuadro 10:** Distancias triangulando los puntos de control Dv1, Dv2, Dv6, Dv8

# LECTURAS	DV1-DV6		DV2-DV6		DV8-DV6		DV2-DV8		DV1-DV8	
5 DIRECTAS Y 5 INVERSAS	Distancias									
1	172.0223	172.0236	124.2146	124.2139	186.2332	186.2347	148.4601	148.4603	332.4587	332.4587
2	172.0226	172.0233	124.2148	124.2149	186.2332	186.2335	148.4607	148.4600	332.4586	332.4591
3	172.0220	172.0236	124.2146	124.2149	186.2337	186.2341	148.4599	148.4606	332.4590	332.4589
4	172.0223	172.0232	124.2145	124.2147	186.2334	186.2339	148.4660	148.4601	332.4589	332.4586
5	172.0224	172.0233	124.2142	124.2152	186.2332	186.2336	148.4603	148.4605	332.4590	332.4594
1'	172.0223	172.0235	124.2147	124.2148	186.2329	186.2334	148.4603	148.4604	332.4585	332.4589
2'	172.0221	172.0234	124.2140	124.2146	186.2335	186.2337	148.4599	148.4600	332.4581	332.4587
3'	172.0219	172.0232	124.2149	124.2148	186.2335	186.2339	148.4601	148.4601	332.4589	332.4594
4'	172.0226	172.0233	124.2145	124.2145	186.2331	186.2341	148.4604	148.4596	332.4591	332.4589
5'	172.0225	172.0234	124.2146	124.2151	186.2336	186.2339	148.4597	148.4601	332.4586	332.4576
PROMEDIO	172.0223	172.0234	124.2145	124.2147	186.2333	186.2339	148.4607	148.4602	332.4587	332.4588
DIFERENCIAS		-0.0011		-0.0002		-0.0006		0.0006		-0.0001
PROMEDIO IDA Y VUELTA		172.0228		124.2146		186.2336		148.4605		332.4588
Distancia promedio		172.0228		124.2146		186.2336		148.4605		332.4588
Distancias corregida		172.0236		124.2149		186.2344		148.4613		332.4593
compensacion		-0.0008		-0.0003		-0.0008		-0.0008		-0.0005

**Cuadro 11:** Distancias triangulando los puntos de control Dv1, Dv2, Dv5, Dv7, Dv8

# LECTURAS 5 DIRECTAS Y 5 INVERSAS	DV7-DV1		DV1-DV7		DV7-DV2		DV2-DV7		DV8-DV5		DV5-DV8		DV7-DV6		DV6-DV7	
	Distancias															
1	152.4757	152.4757	74.2357	74.2356	180.4895	180.4894	57.8996	57.8995								
2	152.4755	152.4757	74.2358	74.2358	180.4896	180.4893	57.8995	57.8994								
3	152.4754	152.4756	74.2359	74.2358	180.4895	180.4892	57.8995	57.8995								
4	152.4756	152.4757	74.2359	74.2357	180.4896	180.4893	57.8995	57.8996								
5	152.4758	152.4759	74.2357	74.2358	180.4895	180.4891	57.8998	57.8993								
6	152.4757	152.4756	74.2358	74.2355	180.4894	180.4891	57.8996	57.8997								
7	152.4757	152.4759	74.2359	74.2354	180.4895	180.4891	57.8995	57.8994								
8	152.4758	152.4754	74.2357	74.2355	180.4896	180.4887	57.8996	57.8995								
9	152.4757	152.4754	74.2358	74.2354	180.4894	180.4892	57.8997	57.8994								
10	152.4755	152.4755	74.2357	74.2355	180.4894	180.4888	57.8994	57.8996								
PROMEDIO	152.4756	152.4756	74.2358	74.2356	180.4895	180.4891	57.8996	57.8995								
DIFERENCIAS		0.0000		0.0002		0.0004		0.0001								
PROMEDIO IDA Y VUELTA		152.4756		74.2357		180.4893		57.8995								
Distancia promedio		152.4756		74.2357		180.4893		57.8995								
Distancias corregida		152.4759		74.2360		180.4888		57.8998								
compensacion		-0.0003		-0.0003		0.0005		-0.0003								

FUENTE: Propia Excel promedio de distancias



**Figura 11:** Ubicación de Puntos de Control

FUENTE: Propia Captura de imagen Autocad Civil 3D

El resto de distancias está en el (anexo 12), a pesar de que en el cuadro 10 y 11 se muestran resultados de las distancias tomadas en campo, se realicé 3 veces, en la primera fallo la triangulación por un desperfecto del prisma, éste estaba sobresalido 1.5 mm, y disminuía la distancia a lo lecturado, en la segunda se realizó la prueba en campo de

inversas y no cerraba con tres puntos, por lo que en la tercera vez que se realizó la triangulación, se pudo obtener los resultados, Las Coordenadas que extraje del AutoCAD las dibuje mediante intersección de distancias (círculos método compas) y se ajustó manualmente en un punto medio del área obtenida de dos y tres intersecciones de círculos, el resultados de las coordenadas son las siguientes

**Cuadro 12:** Coordenadas Punto de Control

Puntos de Control			
Punto	Este	Norte	Cota
DV-1	271042.1500	8669101.8723	39.5700
DV-2	271100.4236	8668909.9449	39.9410
DV-3	271226.1595	8668735.0034	42.0280
DV-4	271260.1007	8668995.2722	41.6680
DV-5	271193.1894	8669127.1127	39.7328
DV-6	271182.8376	8669002.8817	39.7250
DV-7	271130.6849	8668977.7336	39.7355
DV-8	271218.6267	8668820.1185	39.7020
DV-9	271276.1996	8668850.9570	39.7415

FUENTE: Elaboración propia

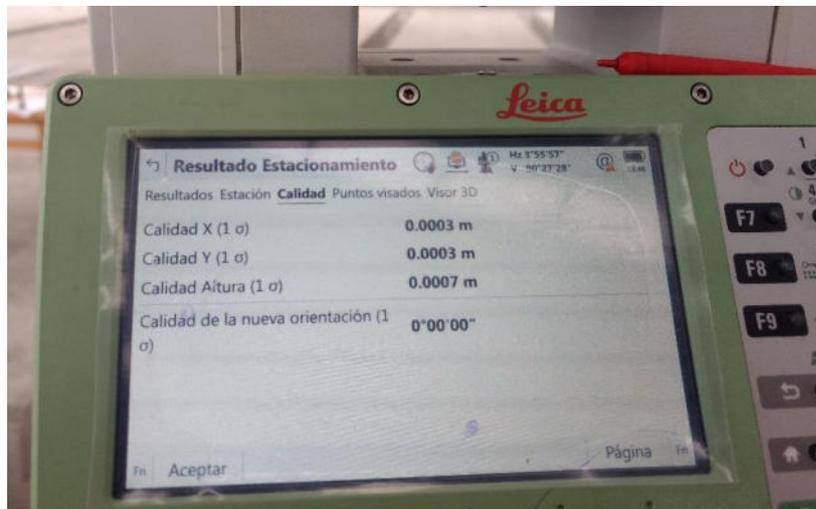
#### 4.1.2.3. Comprobación de puntos de control en campo

La comprobación de cierre con estaciones conocidas, estacionadas en el mismo punto de control, dando vista a cualquier punto y replanteando al resto de puntos de control, teniendo error de cierre en 0.9 mm como máximo en este y norte, también realicé estaciones inversas o libres tomando lectura a puntos para salida con de 2, 3 y 4 puntos de control en distintos lugares, dando como resultado la desviación de 0.8 mm como máximo.



Fotografía 3: Toma de lectura a los puntos de control DV-2

Después de tomar la lectura se realizó el cálculo de estacionamiento obteniendo, siempre los resultados de cierre de la inversa con error de cierre menor a 1 mm y Como lo recomiendan las entrevistas y las normas.



**Fotografía 4:** Resultado en la Estación total Leica TS 16  
FUENTE: Propia en obra

#### 4.1.3. Control Geométrico pre hormigonado

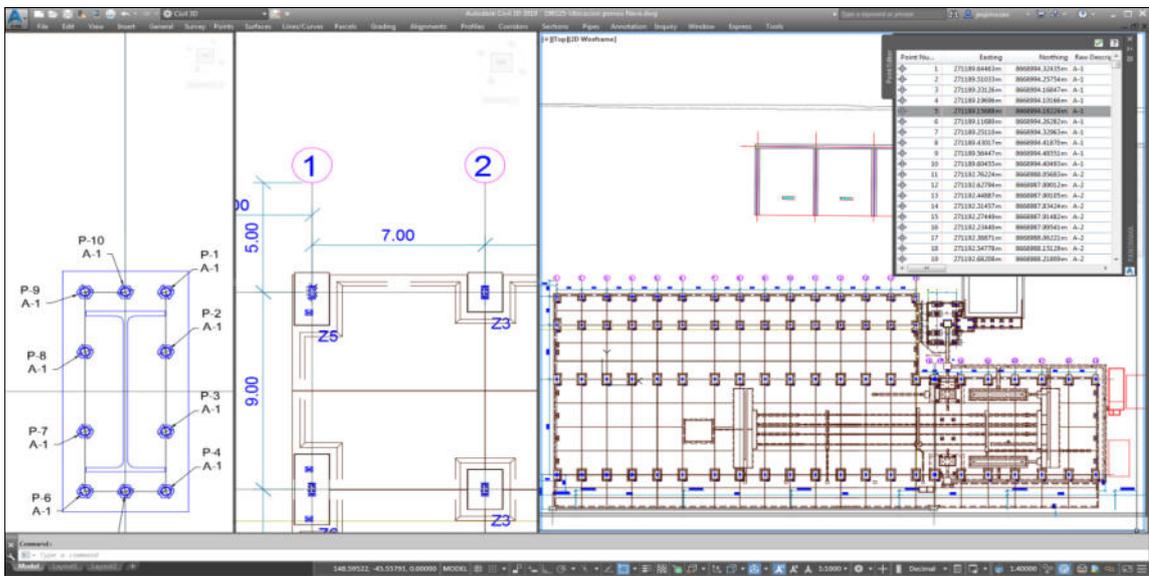
El control geométrico lo realicé con estaciones inversas para poder estar más cerca a los pernos de anclajes y tener mayor precisión en el replanteo, los pernos de anclajes son pre instalados para ser embebidos al concreto, cuentan con un punto centro donde se coloca el mini prisma para su observación mediante la estación, se utilizó los siguientes equipos y herramientas para el control geométrico.

- 1) Equipos de Protección personal (casco, lentes, chaleco, zapatos)
- 2) Estación total Leica TS 16
- 3) Trípode Leica
- 4) Prisma y porta prisma
- 5) Mini prisma
- 6) Nivel Automático

- 7) Mira Telescópica
- 8) Nivel esférico para mira

#### 4.1.3.1. Procesado de datos para replanteo de estructuras y pernos de anclajes

La información proporcionada por el consorcio Constructor m2 Lima fueron archivos en DWG en AutoCAD; lo cual, facilitó la extracción de coordenadas de los pernos de anclajes con ayuda del AutoCAD civil 3d, ordenando en sentido horario, el que inicia el lado derecho superior, también se extrajo líneas arcos para realizar un archivo dxf de mapa.



**Figura 12:** Procesado de datos Para Replanteo  
FUENTE: Elaboración propia

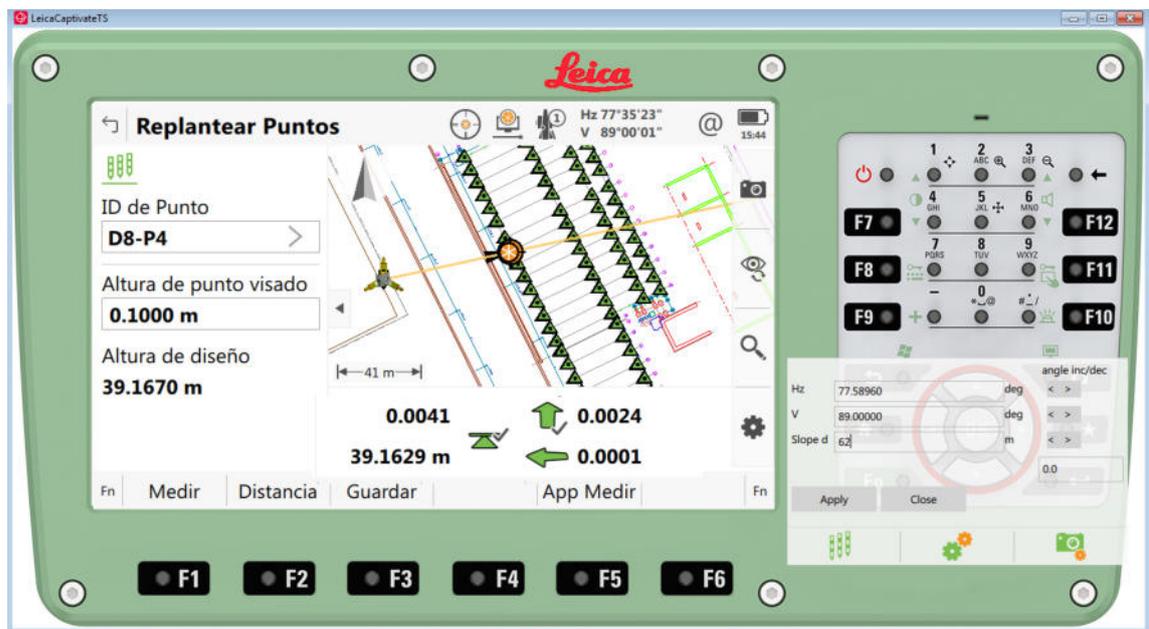
**Cuadro 13:** Coordenadas de Pernos de Anclaje para Replanteo

Coordenadas Pernos de Anclaje Replanteo								
# Civil 3D	Nombre Perno	Coordenadas Civil 3D			Ejes	Nominal Medida plano	Comprobación	
		Este	Norte	Cota			Medida coordenada	Diferencia
1	A1-P1	271189.6446	8668994.3243	39.126	A1	0.150	0.1500	0.0000
2	A1-P2	271189.5103	8668994.2575	39.126	A1	0.200	0.1999	0.0001
3	A1-P3	271189.3313	8668994.1685	39.126	A1	0.150	0.1500	0.0000
4	A1-P4	271189.1970	8668994.1017	39.126	A1	0.090	0.0899	0.0001
5	A1-P5	271189.1569	8668994.1822	39.126	A1	0.090	0.0900	0.0000
6	A1-P6	271189.1168	8668994.2628	39.126	A1	0.150	0.1500	0.0000
7	A1-P7	271189.2511	8668994.3296	39.126	A1	0.200	0.2000	0.0000
8	A1-P8	271189.4302	8668994.4187	39.126	A1	0.150	0.1500	0.0000
9	A1-P9	271189.5645	8668994.4855	39.126	A1	0.090	0.0900	0.0000
10	A1-P10	271189.6046	8668994.4049	39.126	A1	7.090	7.0900	0.0000

FUENTE: Elaboración Propia

Comprobado los datos en el Excel mediante diferencia de longitudes de acotamiento en el plano y de distancias de coordenadas se obtiene una diferencia de 0.000 metros, el detalle de las medidas de distribución de los pernos están en los anexos 1 detalle de pernos de anclajes

El archivo dxf y el archivo csv creado del Excel lo cargué a la memoria interna de la estación total ts 16 de 3 segundos, para el replanteo de pernos y sus controles como se muestra la figura siguiente.



**Figura 13:** Emulador de estación TS 16 compresión datos replanteo  
FUENTE: Elaboración Propia

#### 4.1.3.2. Trazo preliminar en solado para el encofrado

Los trazos realizado son por parte del sub contratistas TPI con la estación total, se realizó el tazo en el solado marcando puntos con liquid paper y unidos con un marcador de línea (tiralinea) en las caras de la zapata donde el carpintero colocará el encofrado de la estructura.



**Fotografía 5:** Trazo en solado para Encofrado de zapata  
FUENTE: Propia tomada en obra

#### 4.1.3.3. Alineamiento y verticalización del encofrado

Una vez asegurado, alineado y verticalizado con herramientas manuales (nivel de mano, plomada, etc.) por parte del carpintero, se procede a realizar la verificación con el programa línea de referencia de la estación total para los alineamiento y la verticalidad del encofrado. Con ayuda del carpintero se corrige hasta estar dentro de las tolerancias permisibles y nuevamente volver a asegurar el encofrado.



**Fotografía 6:** Alineación y aplomado manual de encofrado  
FUENTE: Propia en el proceso constructivo

#### 4.1.3.4. Trazo de ejes en el encofrado y colocación de niveles de vaciado

Nuevamente con el programa línea de referencia de la estación total, que es el programa más usado, se realiza los trazos de ejes de la plancha base de la distribución de los pernos de anclajes y la colocación de los niveles, esto con la finalidad que los carpinteros coloquen un plantilla de triplay con agujeros para la colocación de pernos de anclajes para posicionarlos, aplomar y asegurar, los pernos con sus alturas correspondientes en función a lo marcado (por el topógrafo ejes y niveles) Normalmente el carpintero debe tener destreza en estos trabajos



**Fotografía 7:** Instalación de los pernos de anclajes  
FUENTE: Elaboración Propia en obra

#### 4.1.3.5. Verificación de los niveles de los pernos de anclajes

La verificación de los niveles de los pernos se realizó con el nivel óptico, al haber niveles fuera de tolerancia se corrige con ayuda de los carpinteros y fierros, asiéndole girar la tuerca para bajar o subir los pernos hasta llegar a su posición; la recomendación es que la tolerancia debería estar de 0 a 3.0 mm por encima de la cota de proyecto ya que por recomendación de los fabricantes es preferible tener unos milímetros por encima de la cota para que a la hora que se realice el montaje y se tenga que asegurar con la tuerca encima de la plancha base, el perno tenga como mínimo tres hilos por encima de

la tuerca, finalmente al llegar la cota requerida se procede a asegurar la tuerca y contratuerca en la plantilla de triplay para que no se baje la cota.

#### 4.1.3.6. Verificación de la posición de los pernos de anclajes

La verificación de las posiciones lo realicé con la estación total, se utilizó en su mayoría el programa replante de la estación total, el carpintero con destreza en este trabajo normalmente lo deja a 3.0 mm como máximo en desviación según lo mencionado; en la entrevista de los topógrafos existen carpinteros hábiles que te lo dejan en 1.0 mm, en nuestro caso lo dejaron con 3.00 mm, pero por ser la máxima tolerancia, se realizó la corrección con la ayuda del carpintero y un fierrero, en caso la armadura choque con el perno y este no permita aplomarlos, cuanto más preciso realizábamos la corrección más nos demorábamos y corría el riesgo de no terminar de verificar todas los pernos de las demás zapatas, en la corrección con ayuda de clavos de dos pulgadas se logra desplazar los milímetros que se requería ajustarlos, y ya teniendo el correcto posicionamiento dentro de la tolerancia permisible el carpintero asegura los pernos con mucho cuidado para que no se mueva o se mueva lo mínimo durante el hormigonado.



**Fotografía 8:** Verificación de posición de pernos de anclajes  
FUENTE: Propia en obra

#### 4.1.3.7. Levantamiento topográfico de los pernos para registro topográfico

Se realiza el levantamiento topográfico de los pernos de anclajes ubicando el mini prisma en el punto centro del perno de anclaje en un orden secuencial para descargarlo y procesarlo en la computadora y generar el registro topográfico contrastando con las coordenadas nominales.



**Fotografía 9:** levantamiento topográfico de pernos de anclajes  
FUENTE: Propia en obra

#### 4.1.3.8. Liberación topográfica o pase para el vaciado de concreto en la zapata

Una vez terminado el levantamiento topográfico se realiza la liberación topográfica que es la aprobación para que continúe la siguiente etapa del trabajo que viene a ser el vaciado de concreto a la zapata, comunicando al supervisor del sub contratista del frente de trabajo

#### 4.1.4. Control Geométrico pos hormigonado

Realizada la liberación topográfica se procede al hormigonado y en esta fase de control se vuelve a repetir los controles de niveles y posición de los pernos de anclajes, antes de que fragüe ya que producto del hormigonado es muy probable que se mueva y por tener el concreto aun fresco se puede corregir.



**Fotografía 10:** Pernos de Anclajes antes que Fragüe el concreto  
FUENTE: Propia en obra

#### 4.1.4.1. Verificación de niveles de pernos de anclajes antes que fragüe el concreto

Trascurrido media a una hora en promedio del hormigonado se precede a verificar los niveles de los pernos de anclajes, es en donde se aprecia que ha variado las alturas producto del hormigonado y gracias a que el concreto aún está fresco, se ajusta los niveles hasta estar dentro de la tolerancia máxima; una vez obtenido el resultado requerido el carpintero ajusta el pernos de anclaje.



**Fotografía 11:** Verificación de niveles y posición de anclajes en concreto fresco  
FUENTE: Propia en obra

#### 4.1.4.2. Verificación y corrección de posición X, Y antes de que fragüe el concreto

Nuevamente utilizando el programa de replanteo de la estación total se empieza a la verificación de las posiciones en este y norte antes que fragüe el concreto, con ayuda de un carpintero, el cual corregirá las posiciones, debido a que producto del hormigonado se llegaron a desplazar en algunos caos de hasta 2.0 mm, y que existiendo posiciones de desviación con tolerancias en el pre vaciado de hasta 2.5 mm sumado el desplazamiento del hormigonado de 2.0 mm, llegarían en casos puntuales de hasta 4.5 mm, pudiéndose reducir las desviaciones en este estado de concreto que aún no se endurece y volviendo a ser ajustado y fijado con colaboración del carpintero.



**Fotografía 12:** Verificación de posición de pernos de anclajes en concreto fresco  
FUENTE: Propia en obra

#### 4.1.4.3. Levantamiento topográfico para registro topográfico

El levantamiento topográfico de los pernos de anclajes lo realicé después de las 24 horas de haber realizado el hormigonado, en conjunto con el topógrafo de la empresa sub contratista FGA quien es encargado de realizar el montaje de estructuras prefabricadas, en el registro topográfico se dió la conformidad del topógrafo de la sub contrata TPI quien es encargada de las obras de concreto armado, el topógrafo FGA, y el topógrafo de la empresa consorcio constructor M2 Lima.



**Fotografía 13:** Levantamiento topográfico de la posición de pernos de anclajes  
FUENTE: Propia en obra

#### 4.1.5. Montaje de Estructuras

El montaje de estructuras metálicas por lo general lo realizan los ingenieros mecánicos o empresas de metal mecánica, en cuanto al armado, ensamblaje, torqueo, soldaduras y sus controles de calidad; pero, el control geométrico (altimetría y planimetría) lo realizan los Ingenieros civiles, ingenieros topógrafos o topógrafos, en esta investigación no se toca ese tema solo se menciona por ser la siguiente etapa del proceso constructivo de obra.



**Fotografía 14:** Control Geométrico Montaje de estructuras metálicas  
FUENTE: Propia

#### 4.1.6. Tiempo de ejecución de control geométrico de pernos de anclajes

**Cuadro 14:** Actividades en función de tiempos

ACTIVIDADES	DESCRIPCIÓN
<b>4.3.1. Instalación de Puntos de Control</b>	
4.3.1.1. Embebidos de Anclajes de acero para Prisma	La fabricación en un torno los anclajes tomo tres días 12 elementos y el encofrado embebido y vaciado de concreto fue de un día por hito (durante 3 horas)
4.3.1.2. Triangulación de distancias y proceso de datos	La toma de datos en campo duro todo un día (8 horas) y el proceso de datos medio día (4 horas) pero sin embargo se repitió 3 veces por que la comprobación en campo no cerraban los puntos
4.3.1.3. Comprobación de puntos de control en campo	La comprobación en campo fue de 6 horas ya que se debía comprobar el cierre con métodos de inversa y conocida con distintos topógrafos y sus asistentes así como también el intercambio de estaciones totales
<b>4.3.2. Control Geométrico pre hormigonado</b>	
4.3.2.1. Procesado de datos para replanteo de estructuras y pernos de anclajes	El procesado de datos y su comprobación tomaron un día (8 horas)
4.3.2.2. Trazo preliminar en solado para el encofrado	Los trazos preliminares se realizaban en función al vaciado de solado que en promedio fue 6 a 8 trazos por día durante una hora por solado o zapata
4.3.2.3. Alineamiento y verticalización del encofrado	El alineamiento de encofrado con la estación total tomo un tiempo de 30 minutos por zapata
4.3.2.4. Trazo de ejes en el encofrado y colocación de niveles de vaciado	El trazo de encofrado de ejes tomo un tiempo de 30 minutos por zapata encofrada
4.3.2.5. Verificación de los niveles de los pernos de anclajes	La verificación y ajuste tomo un tiempo de 30 minutos por zapata (10 pernos)
4.3.2.6. Verificación de la posición de los pernos de anclajes	La verificación y ajuste tomo un tiempo de 50 minutos por zapata (10 pernos)
4.3.2.7. Levantamiento topográfico de los pernos para registro topográfico	La verificación y ajuste tomo un tiempo de 15 minutos por zapata (10 Pernos)
4.3.2.8. Liberación topográfica o pase para el vaciado de concreto en la zapata	Por día se liberaban 6 zapatas por los que vale decir que son 60 pernos por día, la muestra se tomó una zapata cada dos días intercalado
<b>4.3.3. Control Geométrico pos hormigonado</b>	
4.3.3.1. Verificación de niveles de pernos de anclajes antes que fragüe el concreto	La verificación y ajuste tomo un tiempo de 25 minutos por zapata (10 pernos)
4.3.3.2. Verificación y corrección de posición X, Y antes de que fragüe el concreto	La verificación y ajuste tomo un tiempo de 35 minutos por zapata (10 pernos)
4.3.3.3. Levantamiento topográfico para registro topográfico	El control y liberación y generación de registro fue de 6 zapatas por día que vienen hacer 60 pernos, la muestra se tomó una zapata cada 2 días intercalado

FUENTE: Elaboración Propia

#### **4.2. Revisión De Manual Para Verificación De Equipos Topográficos**

La información más relevante de los manuales de los equipos topográficos es la verificación y ajuste de ellos, recomendado por el mismo fabricante, los cual se menciona en esta investigación, y se utilizó en campo para la verificación de las estaciones totales y niveles automáticos, detalle que se menciona en los siguiente.

#### **4.3. Entrevista Persona Especializado en Topografía**

Se realizó entrevistas Cualitativas no estructuradas al jefe de topografía, Francisco Javier Ramos Martínez y al topógrafo Juan Carlos Sánchez Paredes de la empresa del Consorcio Constructor M2 Lima, Wilber Maque Pérez y Raúl Atahualpa Begazo topógrafos que trabajan en diversas empresas (San Martín Contratistas Generales, Buenaventura Ingenieros, G y M Stracon, etc) con experiencia en controles geométricos de anclajes de acero para montaje de estructuras y también al ingeniero de producción Jorge Gonzales Valencia de la obra Planta Dovelas.

##### **4.3.1. Resumen de Entrevistados Topógrafos**

Se resume que el proceso del control geométrico es de una precisión fina y con estricto control para no tener fallas a la hora de realizar los montajes de estructuras, lo mencionado por los entrevistados es lo siguiente:

- a) Respecto a los equipos topográficos. trabajos a realizar deben ser:
  - Con estación total menor o igual a 3" de precisión angular, calibrado y certificado por una laboratorio acreditado, verificado en campo el distancio metro y los ángulos en una línea base, cuando no exista un línea base se verifica en un losa plana y como patrón de medida una hinchta metálica en diferentes distancias a 8mts a 20 mts 28 mts, previo a

esto se configura las presión y temperatura que realizan la corrección de la distancia, además de ello también se verifica en la línea base la constante del mini prisma, si el equipo no cumple la verificación en campo se realiza el ajuste y comprobación, la que tienen todas las estaciones totales incluidas en su software, además las estaciones totales deben tener lectura de hasta decima de milímetro para mejor ajuste de la poligonal (cuatro dígitos después de la coma), la verificación debe ser periódica quincenal o semanal no más .

- Nivel Automático, con aumento de 30x para mejor apreciación de la lectura milimétrica, que cuente con certificado actualizado de calibración, verificarlo en campo con dos lecturas en medio de dos puntos de control de 30 a 40 mts, y otra lectura a un metro de cualquier extremo, de no cumplir el nivel con la especificación técnica de la ficha de nivel se ajustará para corregir el error.
- b)** Respecto a los accesorios y herramientas. Se menciona los principales como:
  - El Trípode de estación total, deberá ser pesada y de madera, para garantizar estabilidad a la hora de realizar el trabajo tanto de poligonal como de replanteo de los pernos de anclaje.
  - Mini prismas, de preferencia que sea de la misma marca de las estaciones totales a utilizar para que la constante de prisma sea la que indique en la etiqueta del mini prisma, tratar de usar en lo mayor posible a altura menor.
  - Base nivelante (tribrach), para usar el prisma ubicándolos con precisión en un punto de control, si los puntos de control (punto de estación y vista atrás) se encuentran demasiado lejos para afinar la precisión.
  - Prisma, de preferencia la misma marca de la estación total a usar y solo se utilizarán en bases nivelante como lo mencionado anteriormente, no utilizar con los bastones telescópicos ya que no dan precisión a la hora de fijar en un punto de control.

- Trípode de nivel automático, de aluminio y en buen estado o nuevo para mejor estabilidad y maniobrabilidad para los cambios de estación en una nivelación geométrica compuesta para trasladar cotas a los puntos de control.
  - Mira telescópica nueva ya que debe apreciarse bien las líneas milimétricas y sus medidas para apreciarlas a mayor distancia.
  - Nivel esférico para Mira (ojo de pollo), tiene que ser Nivel de escuadra metálico regulable para jalones o miras, con ranuras para su instalación (muy preciso).
  - Punto centro, definir el punto de control preciso en una placa de acero o una varilla de acero.
- c) **Con respecto al personal**, debe tener experiencia en el conocimiento de todo lo mencionado anteriormente, calificado, con experiencia en la lectura de planos de estructuras, ya que de no tener conocimiento no podrá llegar a la precisión que requiera el proyecto y tendrá serias consecuencias en el avance costos y re trabajos.
- d) **Prisiones y tolerancias**, las precisiones estándar general usada por los topógrafos en  $X, Y = \pm 3 \text{ mm}$  y en Cota de  $0 \text{ mm}$  a  $3 \text{ mm}$  en cota para los pernos de anclaje y en los puntos de control  $\pm 1 \text{ mm}$ , la precisión será menor dependiendo de la estructura que irá montada, para entender mejor, se debe realizar cruce de información entre los planos de cimentación con anclajes de acero y planos de estructuras prefabricadas (metálicas o concreto armado),
- e) **Procesos**, el topógrafo contratista realiza las liberaciones topográficas y el topógrafo de supervisión verifica que este correcto el trabajo, el topógrafo contratista generando un registro topográfico de con datos de  $X, Y, Z$ .
- En los Puntos de control, se realiza un poligonal, dejando redes para el replanteo de los anclajes con error de cierre de  $1 \text{ mm}$  en  $X, Y$  y de  $0.5 \text{ mm}$  de cota, para las coordenadas  $X, Y$  se mencionan los métodos de cálculo de coordenadas por triangulación y de

poligonal cerrada, para la cota es la nivelación Geométrica Compuesta y realiza la compensación, esto normalmente lo genera la topografía de supervisión para entregárselo al contratista, también lo puede generar el topógrafo contratista y entregarle los puntos con un protocolo para dar valides al punto de control

- En anclajes de acero embebidos, para replanteo se puede realizar una estación conocida o la inversa (libre), siempre y cuando el equipo de cierre a menos de 1 mm, en el pre vaciado una vez verificado que el encofrado que este fijado, alineado y asegurado, se realiza trazos de los ejes en el encofrado y los niveles de vaciado para que el carpintero encofrador pueda colocar y fijar los anclajes de acero, en su posición final si el encofrador tiene habilidad y experiencia al verificar los anclajes con la estación total debe de estar a  $\pm 3$  mm en X, Y, con ayuda del encofrador el topógrafo ubica el anclaje de acero a 1 mm, una vez verificado y validado por el topógrafo supervisión se procede al vaciado de concreto, antes de que fragüe el concreto, se verifica ya que al momento de vaciar el concreto los anclajes tienden a moverse y de lo que se deja a 1 mm en posición; puede llegar a estar a 3 mm de posición antes de que fragüe el concreto se corrige volviendo a su posición con tolerancias de 1 mm, en el pos vaciado días después se realiza el levantamiento topográfico, haciendo las diferencias entre las coordenadas nominales y de campo; el cual genera un registro topográfico, posterior a esto se le hace entrega de estos elementos a la empresa o área que realizara el montaje de estructuras que también cuentan con su topógrafo; el cual, independientemente de las lecturas arrojadas el realizara su propia verificación topográfica.

#### **4.3.2. Entrevista al jefe de producción obra planta Dovelas**

La obra no cuenta con supervisión los clientes de la obra Planta Dovelas son directamente el Consorcio constructor M2 Lima (CCM2L) por ser una obra necesaria del Consorcio para la producción de los dovelas que conforman los anillos para la máquina

de perforación de túneles TBM (Tunnel Boring Machine), el Consorcio hará como la supervisión y el que ejecutan la obra de concreto es la empresa sub contratista Túneles Prefabricados Inca (TPI) la empresa a realizar el montaje de estructuras será FGA Ingenieros S. A.

Cada una de las empresas mencionadas cuenta con su propia topografía, el concreto se solicitará a la empresa Unicon un día antes previa liberación topográfica por las tres empresas.

## CAPÍTULO V : RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Análisis, Interpretación Y Discusión De Resultados

#### 5.1.1. Según el Objetivo General

Cumplir la tolerancia en desviación resultante menor a 2.0 mm en el pos vaciado de concreto en zapatas con pernos de anclaje embebidos aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2, los resultados obtenidos en la figura 15 evidencian que en un porcentaje de 95 % los pernos de anclajes cumplen con el posicionamiento con una desviación máxima de 2.0 mm, según lo recomendado por los fabricantes de estructuras, el 5 % tienen desviaciones de 2.0 mm a 2.5 mm, ningún perno de anclaje sobre pasa la tolerancia de liberación topográfica que es 3.0 mm, esto debido a que se realizó el control geométrico con el concreto fresco (antes de que fragüe), los datos al ser comparados con lo encontrado por (Navarro y Lucas 2016) “Control geométrico del tramo atirantado del Puente de la Constitución de 1812 sobre la Bahía de Cádiz” el control geométrico en la construcción del puente con una luz de 540 m. y un ancho de 40 m. es un trabajo complejo por la flexibilidad y peso de sus estructuras prefabricadas, la geometría obtenida en el tablero y torre pudo perfectamente encajar, ya que se llevó un estricto control de todos sus elementos en todo el proceso de la construcción, la precisión es muy estricta. Por el gran tamaño de las dovelas (20.0 m de longitud y 34.3 m de ancho) se tuvo una precisión de 20.0 mm por el tamaño de los elementos prefabricados y la longitud del puente Para este trabajo se realizó con estación total de 1 segundo, con esto se afirma que la precisión del control geométrico depende del tipo de elemento estructural, tamaño, condiciones de campo y los equipo topográfico de precisión, el Gob. España MF. (2011) nos indican las Desviaciones admitidas en la posición de grupos de pernos de anclaje, Desviación admitida para cimentaciones con pernos de anclaje y Tolerancias de desplome para el montaje de estructuras.

### 5.1.2. Según el Objetivo Específico

Cumplir la tolerancia en desviación resultante menor a 2.0 mm en el pre vaciado de concreto en zapatas con pernos de anclaje embebidos aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2, los resultados obtenidos en la figura 14 se evidencia que el 79 % de los pernos de anclajes cumplen con el posicionamiento con una desviación máxima de 2.0 mm según lo recomendado por los fabricantes de estructuras, el 20 % tienen desviaciones de 2.0 mm a 2.5 mm, y existe un perno de anclaje con desviación de 3.0 mm en la liberación topográfica en el pre vaciado de concreto, datos que al ser comparados con la tesis doctoral mencionada por (Sierra 2016) “Contraste metodológico e instrumental en el control geométrico de puentes por empuje de tablero durante su construcción” En esta tesis doctoral se tiene como objetivo la opción de remplazar el control geométrico de los métodos clásicos con estación topográfica midiendo ángulos, distancias; esto comparado con métodos y técnicas de GPS, mejorar la metodología y los resultados con respecto a los métodos clásicos, para la construcción de puentes por empuje de tableros, la estación total se alcanza una precisión de 3 a 5 mm mientras que la desviación admisible como máximo es de 15 a 30 mm y la desviación obtenida con GPS fue de 15 a 40 mm; además, que la técnica que GPS permite cubrir la rapidez del control, mejor que los métodos convencionales, con el resultado de la tesis doctoral afirma que el GPS realiza un control geométrico mucho más rápido pero de desviaciones mayores a la de una estación total, AkerSolutions (2014) para sus trabajos de expansión Antamina establece Tolerancias para trabajos topográficos de anclajes de acero, montaje de vigas y columnas, placas base y apoyos estructurales también el Gob. España MF. (2011) desviaciones de pernos y grupo de pernos y Tolerancias de desplome para el montaje de estructuras.

## 5.2. Pruebas De Hipótesis

**Prueba t de student** realicé la prueba “t”; para los datos obtenidos tenemos Fórmulas para el promedio de muestra, de la desviación estándar y prueba de t

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

### 5.2.1. Prueba de Hipótesis General

#### Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>):

La tolerancia en desviación resultante en posición de pernos de anclajes **no es menor a 2.0 mm en el pos hormigonado** de zapatas aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2.

#### Hipótesis Alterna (H<sub>a</sub>):

La tolerancia en desviación resultante en posición de pernos de anclajes **es menor a 2.0 mm en el pos hormigonado** de zapatas aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2.

H<sub>0</sub>:  $\mu > 2.0$  mm en desviación resultante

H<sub>a</sub>:  $\mu < 2.0$  mm en desviación resultante

#### Promedio

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{134.9}{100} = 1.349$$

#### Desviación estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{23.2}{99}} = 0.484$$

#### Valor de Prueba t de student

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{1.349 - 2.0}{\frac{0.484}{\sqrt{100}}} = -13.45$$

$\alpha = 5\%$  el valor crítico según tabla  $Z_c = -1.645$

**Decisión** se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

**Conclusión** se afirma que la desviación resultante es menor a 2.0 mm con un  $\alpha = 5\%$ .

### 5.2.2. Prueba de Hipótesis Específica

#### Hipótesis Nula 1 ( $H_0$ ):

La tolerancia en desviación resultante en posición de pernos de anclajes **no es menor a 2.0 mm en el pre hormigonado** de zapatas aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2.

#### Hipótesis Alterna 1 ( $H_1$ ):

La tolerancia en desviación resultante en posición de pernos de anclajes **es menor a 2.0 mm en el pre hormigonado** de zapatas aplicando el Control Geométrico de acuerdo al plan general de topografía en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2.

$H_0: \mu > 2.0$  mm en desviación resultante

$H_a: \mu < 2.0$  mm en desviación resultante

#### Promedio

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{151.0}{100} = 1.51$$

#### Desviación estándar

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{37.4}{99}} = 0.615$$

#### Valor de Prueba t de student

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{1.51 - 2.0}{\frac{0.615}{\sqrt{100}}} = -7.967$$

$\alpha = 5\%$  el valor crítico según tabla  $Z_c = -1.645$

**Decisión** se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

**Conclusión** se afirma que la desviación resultante es menor a 2.0 mm con un  $\alpha = 5\%$ .

**Hipótesis Nula 2 ( $H_0$ ):**

Las diferencias de la desviación resultante en posición de pernos de anclajes entre el pre y pos hormigonado de zapatas **no es menor a 1.0 mm** en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2.

**Hipótesis Alterna 2 ( $H_2$ ):**

Las diferencias de la desviación resultante en posición de pernos de anclajes entre el pre y pos hormigonado de zapatas **es menor a 1.0 mm** en la Construcción de la Planta de Dovelas del Metro de Lima línea 2.

$H_0: \mu > 1.0$  mm en desviación resultante

$H_a: \mu < 1.0$  mm en desviación resultante

**Promedio**

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} = \frac{62.4}{100} = 0.624$$

**Desviación estándar**

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{22.7}{99}} = 0.478$$

**Valor de Prueba t de student**

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{\frac{s}{\sqrt{n}}} = \frac{0.624 - 1}{\frac{0.478}{\sqrt{100}}} = -7.86$$

$\alpha = 5\%$  el valor crítico según tabla  $Z_c = -1.645$

**Decisión** se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ .

**Conclusión** se afirma que la diferencia entre el pre y pos de la desviación resultante es menor a 1.0 mm con un  $\alpha = 5\%$ .

### 5.3. Presentación De Resultados

Para el proceso estadístico utilicé los datos de la desviación resultante del registro topográfico de pre y pos hormigonado al igual que para las pruebas de hipótesis.

**Cuadro 15:** Desviaciones de coordenadas

Eje Zap.	Ø	#	Coordenadas teoricas			Coordenadas campo			Desviaciones (mm)			
			Este	Norte	Cota	Este	Norte	Cota	Este	Norte	Result.	Cota
C-4	1- 1/4"	1	271175.8326	8668963.9712	39.1670	271175.8340	8668963.9714	39.1697	1.4	0.2	1.4	2.7
	3/4"	2	271175.6401	8668963.8755	39.1670	271175.6410	8668963.8772	39.1691	0.9	1.7	1.9	2.1
	3/4"	3	271175.3715	8668963.7419	39.1670	271175.3734	8668963.7432	39.1685	1.9	1.3	2.3	1.5
	1- 1/4"	4	271175.1790	8668963.6461	39.1670	271175.1805	8668963.6472	39.1695	1.5	1.1	1.9	2.5
	1- 1/4"	5	271175.1278	8668963.7491	39.1670	271175.1292	8668963.7506	39.1696	1.4	1.5	2.1	2.6
	1- 1/4"	6	271175.0765	8668963.8520	39.1670	271175.0776	8668963.8521	39.1695	1.1	0.1	1.1	2.5
	3/4"	7	271175.2690	8668963.9478	39.1670	271175.2707	8668963.9491	39.1689	1.7	1.3	2.1	1.9
	3/4"	8	271175.5377	8668964.0814	39.1670	271175.5384	8668964.0834	39.1695	0.7	2.0	2.1	2.5
	1- 1/4"	9	271175.7302	8668964.1772	39.1670	271175.7307	8668964.1771	39.1693	0.5	-0.1	0.5	2.3
	1- 1/4"	10	271175.7814	8668964.0742	39.1670	271175.7828	8668964.0739	39.1697	1.4	-0.3	1.4	2.7

FUENTE: Elaboración Propia

El resto de la información está en el Anexo 3, el cálculo estadístico con Excel muestra los siguientes resultados.

**Cuadro 16:** Estadística descriptiva de pre hormigonado y pos hormigonado

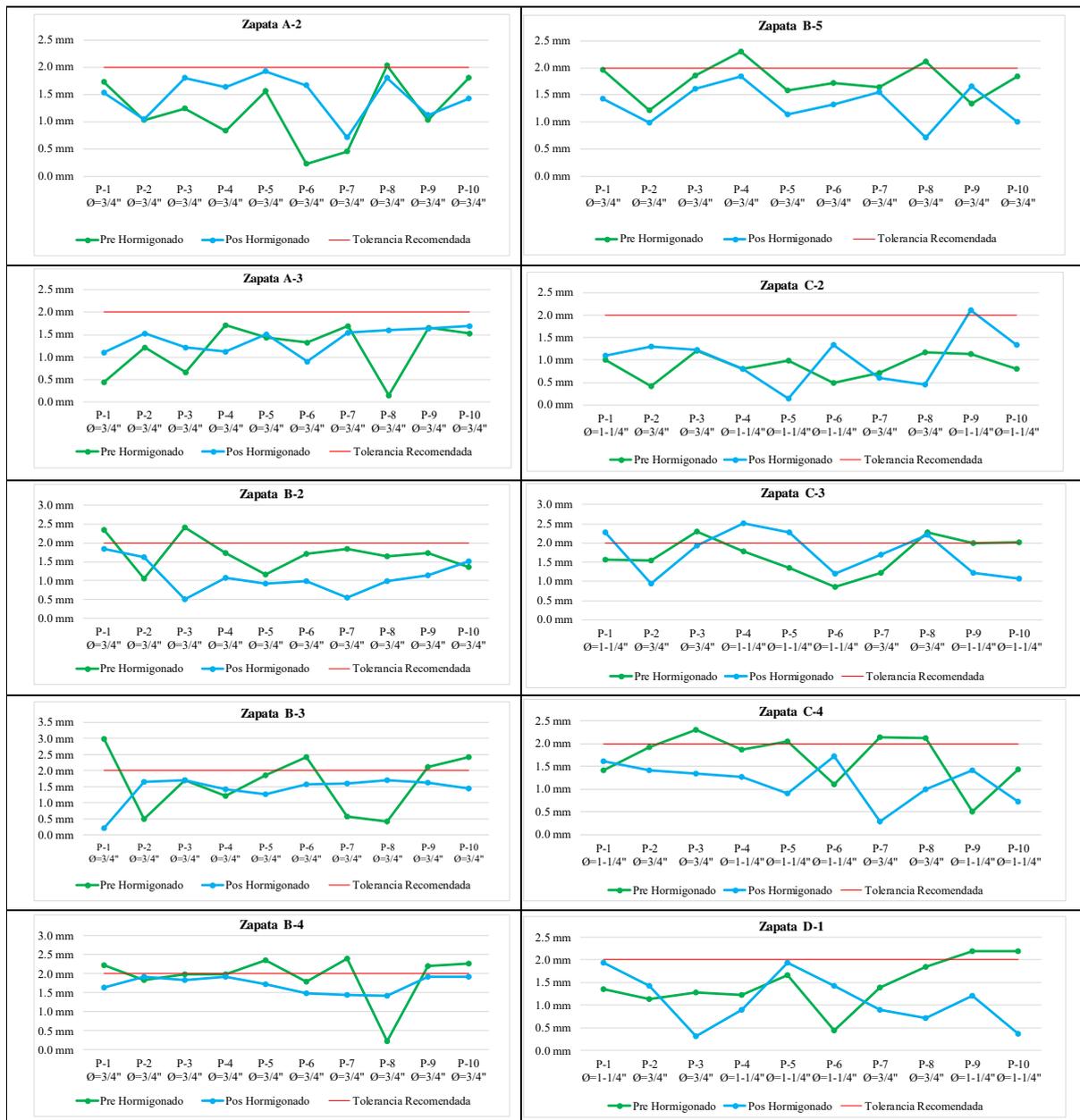
<i>Pre Hormigonado</i>		<i>Pos Hormigonado</i>	
Media	1.5040	Media	1.3380
Error típico	0.0621	Error típico	0.0485
Mediana	1.6000	Mediana	1.4000
Moda	1.7000	Moda	1.6000
Desviación estándar	0.6212	Desviación estándar	0.4847
Varianza de la muestra	0.3858	Varianza de la muestra	0.2349
Curtosis	-0.5163	Curtosis	0.0006
Coefficiente de asimetría	-0.3235	Coefficiente de asimetría	-0.3533
Rango	2.90	Rango	2.40
Mínimo	0.10	Mínimo	0.10
Máximo	3.00	Máximo	2.50
Suma	150.4	Suma	133.8
Cuenta	100	Cuenta	100

FUENTE: Elaboración Propia

**Cuadro 17:** Datos para calculo estadístico y Prueba de hipotesis

Eje Zap.	Perno de Anclaje	Desviaciones Resultante (mm)			Eje Zap.	Perno de Anclaje	Desviaciones Resultante (mm)		
		Pre	Pos	Diferencia			Pre	Pos	Diferencia
		Hormigona	Hormigona				Hormigona	Hormigona	
A-2	P-1 Ø=3/4"	1.7 mm	1.5 mm	0.2 mm	B-5	P-1 Ø=3/4"	2.0 mm	1.4 mm	0.5 mm
	P-2 Ø=3/4"	1.0 mm	1.0 mm	0.0 mm		P-2 Ø=3/4"	1.2 mm	1.0 mm	0.2 mm
	P-3 Ø=3/4"	1.2 mm	1.8 mm	-0.6 mm		P-3 Ø=3/4"	1.9 mm	1.6 mm	0.2 mm
	P-4 Ø=3/4"	0.8 mm	1.6 mm	-0.8 mm		P-4 Ø=3/4"	2.3 mm	1.8 mm	0.5 mm
	P-5 Ø=3/4"	1.6 mm	1.9 mm	-0.4 mm		P-5 Ø=3/4"	1.6 mm	1.1 mm	0.4 mm
	P-6 Ø=3/4"	0.2 mm	1.7 mm	-1.4 mm		P-6 Ø=3/4"	1.7 mm	1.3 mm	0.4 mm
	P-7 Ø=3/4"	0.4 mm	0.7 mm	-0.3 mm		P-7 Ø=3/4"	1.6 mm	1.6 mm	0.1 mm
	P-8 Ø=3/4"	2.0 mm	1.8 mm	0.2 mm		P-8 Ø=3/4"	2.1 mm	0.7 mm	1.4 mm
	P-9 Ø=3/4"	1.0 mm	1.1 mm	-0.1 mm		P-9 Ø=3/4"	1.3 mm	1.7 mm	-0.3 mm
	P-10 Ø=3/4"	1.8 mm	1.4 mm	0.4 mm		P-10 Ø=3/4"	1.8 mm	1.0 mm	0.8 mm
A-3	P-1 Ø=3/4"	0.4 mm	1.1 mm	-0.7 mm	C-2	P-1 Ø=1-1/4"	1.0 mm	1.1 mm	-0.1 mm
	P-2 Ø=3/4"	1.2 mm	1.5 mm	-0.3 mm		P-2 Ø=3/4"	0.4 mm	1.3 mm	-0.9 mm
	P-3 Ø=3/4"	0.7 mm	1.2 mm	-0.5 mm		P-3 Ø=3/4"	1.2 mm	1.2 mm	0.0 mm
	P-4 Ø=3/4"	1.7 mm	1.1 mm	0.6 mm		P-4 Ø=1-1/4"	0.8 mm	0.8 mm	0.0 mm
	P-5 Ø=3/4"	1.4 mm	1.5 mm	-0.1 mm		P-5 Ø=1-1/4"	1.0 mm	0.1 mm	0.8 mm
	P-6 Ø=3/4"	1.3 mm	0.9 mm	0.4 mm		P-6 Ø=1-1/4"	0.5 mm	1.3 mm	-0.8 mm
	P-7 Ø=3/4"	1.7 mm	1.6 mm	0.1 mm		P-7 Ø=3/4"	0.7 mm	0.6 mm	0.1 mm
	P-8 Ø=3/4"	0.1 mm	1.6 mm	-1.5 mm		P-8 Ø=3/4"	1.2 mm	0.4 mm	0.7 mm
	P-9 Ø=3/4"	1.7 mm	1.6 mm	0.0 mm		P-9 Ø=1-1/4"	1.1 mm	2.1 mm	-1.0 mm
	P-10 Ø=3/4"	1.5 mm	1.7 mm	-0.2 mm		P-10 Ø=1-1/4"	0.8 mm	1.3 mm	-0.5 mm
B-2	P-1 Ø=3/4"	2.3 mm	1.8 mm	0.5 mm	C-3	P-1 Ø=1-1/4"	1.6 mm	2.3 mm	-0.7 mm
	P-2 Ø=3/4"	1.0 mm	1.6 mm	-0.6 mm		P-2 Ø=3/4"	1.6 mm	0.9 mm	0.6 mm
	P-3 Ø=3/4"	2.4 mm	0.5 mm	1.9 mm		P-3 Ø=3/4"	2.3 mm	1.9 mm	0.4 mm
	P-4 Ø=3/4"	1.7 mm	1.1 mm	0.6 mm		P-4 Ø=1-1/4"	1.8 mm	2.5 mm	-0.7 mm
	P-5 Ø=3/4"	1.2 mm	0.9 mm	0.2 mm		P-5 Ø=1-1/4"	1.4 mm	2.3 mm	-0.9 mm
	P-6 Ø=3/4"	1.7 mm	1.0 mm	0.7 mm		P-6 Ø=1-1/4"	0.9 mm	1.2 mm	-0.3 mm
	P-7 Ø=3/4"	1.8 mm	0.5 mm	1.3 mm		P-7 Ø=3/4"	1.2 mm	1.7 mm	-0.5 mm
	P-8 Ø=3/4"	1.6 mm	1.0 mm	0.7 mm		P-8 Ø=3/4"	2.3 mm	2.2 mm	0.1 mm
	P-9 Ø=3/4"	1.7 mm	1.1 mm	0.6 mm		P-9 Ø=1-1/4"	2.0 mm	1.2 mm	0.8 mm
	P-10 Ø=3/4"	1.4 mm	1.5 mm	-0.1 mm		P-10 Ø=1-1/4"	2.0 mm	1.1 mm	0.9 mm
B-3	P-1 Ø=3/4"	3.0 mm	0.2 mm	2.8 mm	C-4	P-1 Ø=1-1/4"	1.4 mm	1.6 mm	-0.2 mm
	P-2 Ø=3/4"	0.5 mm	1.6 mm	-1.1 mm		P-2 Ø=3/4"	1.9 mm	1.4 mm	0.5 mm
	P-3 Ø=3/4"	1.7 mm	1.7 mm	0.0 mm		P-3 Ø=3/4"	2.3 mm	1.3 mm	1.0 mm
	P-4 Ø=3/4"	1.2 mm	1.4 mm	-0.2 mm		P-4 Ø=1-1/4"	1.9 mm	1.3 mm	0.6 mm
	P-5 Ø=3/4"	1.9 mm	1.3 mm	0.6 mm		P-5 Ø=1-1/4"	2.1 mm	0.9 mm	1.1 mm
	P-6 Ø=3/4"	2.4 mm	1.6 mm	0.9 mm		P-6 Ø=1-1/4"	1.1 mm	1.7 mm	-0.6 mm
	P-7 Ø=3/4"	0.6 mm	1.6 mm	-1.0 mm		P-7 Ø=3/4"	2.1 mm	0.3 mm	1.9 mm
	P-8 Ø=3/4"	0.4 mm	1.7 mm	-1.3 mm		P-8 Ø=3/4"	2.1 mm	1.0 mm	1.1 mm
	P-9 Ø=3/4"	2.1 mm	1.6 mm	0.5 mm		P-9 Ø=1-1/4"	0.5 mm	1.4 mm	-0.9 mm
	P-10 Ø=3/4"	2.4 mm	1.5 mm	1.0 mm		P-10 Ø=1-1/4"	1.4 mm	0.7 mm	0.7 mm
B-4	P-1 Ø=3/4"	2.2 mm	1.6 mm	0.6 mm	D-1	P-1 Ø=1-1/4"	1.3 mm	1.9 mm	-0.6 mm
	P-2 Ø=3/4"	1.8 mm	1.9 mm	-0.1 mm		P-2 Ø=3/4"	1.1 mm	1.4 mm	-0.3 mm
	P-3 Ø=3/4"	2.0 mm	1.8 mm	0.1 mm		P-3 Ø=3/4"	1.3 mm	0.3 mm	1.0 mm
	P-4 Ø=3/4"	2.0 mm	1.9 mm	0.1 mm		P-4 Ø=1-1/4"	1.2 mm	0.9 mm	0.3 mm
	P-5 Ø=3/4"	2.4 mm	1.7 mm	0.6 mm		P-5 Ø=1-1/4"	1.7 mm	1.9 mm	-0.3 mm
	P-6 Ø=3/4"	1.8 mm	1.5 mm	0.3 mm		P-6 Ø=1-1/4"	0.4 mm	1.4 mm	-1.0 mm
	P-7 Ø=3/4"	2.4 mm	1.4 mm	1.0 mm		P-7 Ø=3/4"	1.4 mm	0.9 mm	0.5 mm
	P-8 Ø=3/4"	0.2 mm	1.4 mm	-1.2 mm		P-8 Ø=3/4"	1.8 mm	0.7 mm	1.1 mm
	P-9 Ø=3/4"	2.2 mm	1.9 mm	0.3 mm		P-9 Ø=1-1/4"	2.2 mm	1.2 mm	1.0 mm
	P-10 Ø=3/4"	2.3 mm	1.9 mm	0.3 mm		P-10 Ø=1-1/4"	2.2 mm	0.4 mm	1.8 mm

FUENTE: Elaboración Propia



**Figura 14:** Grafico de Precisión pre y pos hormigonado de Pernos de anclajes  
FUENTE: Elaboración Propia

### Interpretación:

Los gráficos demuestran que existen diferencias de precisiones en posición del pre y pos hormigonado en los anclajes, producto de la presión a la hora de hormigonera que lo desplaza en un máximo de 2.5 mm y que con el control geométrico antes de que fragüe el concreto se logra corregir hasta poder llegar a la tolerancia permisible.

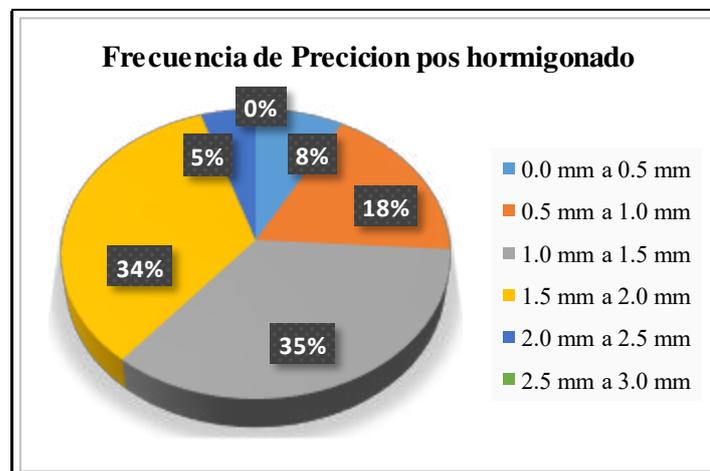
### 5.3.1. Estadística Objetivo General

#### 5.3.1.1. Pos Hormigonado

**Cuadro 18:** Frecuencia de precisión en anclajes del pos Hormigonado

<b>Instalacion pernos de anclaje en Pos Hormigonado</b>			
<b>Tolerancias</b>	<b>Frec.</b>	<b>%</b>	<b>% Acum.</b>
0.0 mm a 0.5 mm	8	8.00%	8.00%
0.5 mm a 1.0 mm	18	18.00%	26.00%
1.0 mm a 1.5 mm	35	35.00%	61.00%
1.5 mm a 2.0 mm	34	34.00%	95.00%
2.0 mm a 2.5 mm	5	5.00%	100.00%
2.5 mm a 3.0 mm	0	0.00%	100.00%
Total	100	100.00%	

FUENTE: Elaboración Propia



**Figura 15:** Análisis de precisión en pos hormigonado

FUENTE: Elaboración Propia

#### Interpretación:

La tabla 18 y la figura 13 muestra las frecuencias de precisión de los pernos de anclajes en el pos hormigonado; los que indican que con un 95 % la precisión es menor a 2.0 mm y un 5% son precisiones de 2.0 mm a 2.5 mm y no hay ninguno con precisiones mayores a 2.5 mm; lo recordar que lo recomendado por el fabricante es menor a 2.0 mm, pero que la tolerancia de liberación es menor a 3.0 mm.

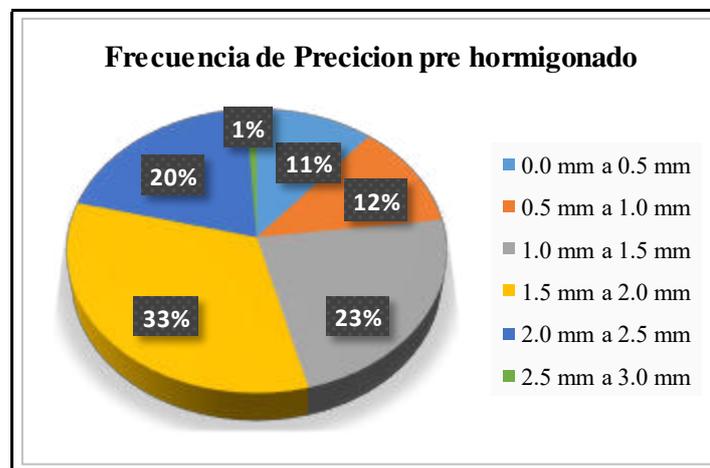
### 5.3.2. Estadística Objetivos Específicos

#### 5.3.2.1. Pre Hormigonado

**Cuadro 19:** Frecuencia de precisión en anclajes del pre Hormigonado

<b>Instalacion pernos de anclaje en Pre Hormigonado</b>			
<b>Tolerancias</b>	<b>Frec.</b>	<b>%</b>	<b>% Acum.</b>
0.0 mm a 0.5 mm	11	11.00%	11.00%
0.5 mm a 1.0 mm	12	12.00%	23.00%
1.0 mm a 1.5 mm	23	23.00%	46.00%
1.5 mm a 2.0 mm	33	33.00%	79.00%
2.0 mm a 2.5 mm	20	20.00%	99.00%
2.5 mm a 3.0 mm	1	1.00%	100.00%
Total	100	100.00%	

FUENTE: Elaboración propia



**Figura 16:** Análisis de Precisión en pre hormigonado

FUENTE: Elaboración propia

#### **Interpretación:**

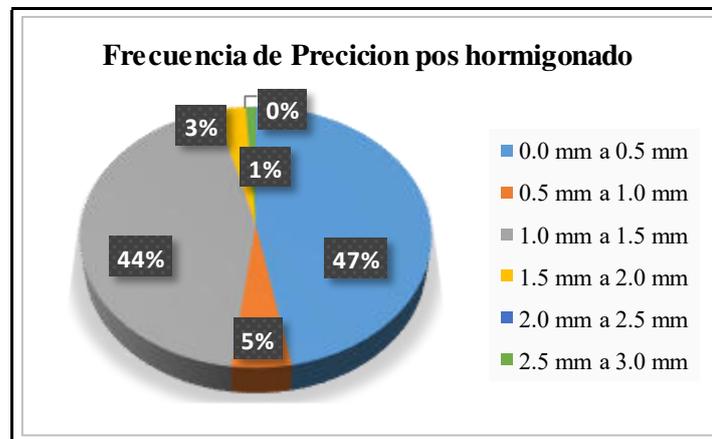
La tabla 19 y la figura 14 muestra la frecuencias de precisión de los pernos de anclajes en el pre hormigonado; lo que indica que un 79 % la precisión es menor a 2.0 mm, un 20 % son precisiones de 2.0 mm a 2.5 mm y 1 % son precisiones de 2.5 mm a 3.0 mm no hay ninguno con precisiones mayores a 3.0 mm; recordar que lo recomendado por el fabricante es menor a 2.0 mm, pero que la tolerancia de liberación es menor a 3.0 mm.

### 5.3.2.2. Diferencia entre Pre y Pos Hormigonado

**Cuadro 20:** Frecuencia diferencias de precisión en anclajes pre y pos Hormigonado

<b>Instalacion pernos de anclaje diferencias Pre y Pos Hormigonado</b>			
<b>Tolerancias</b>	<b>Frec.</b>	<b>%</b>	<b>% Acum.</b>
0.0 mm a 0.5 mm	47	47.00%	47.00%
0.5 mm a 1.0 mm	5	5.00%	52.00%
1.0 mm a 1.5 mm	44	44.00%	96.00%
1.5 mm a 2.0 mm	3	3.00%	99.00%
2.0 mm a 2.5 mm	0	0.00%	99.00%
2.5 mm a 3.0 mm	1	1.00%	100.00%
Total	100	100.00%	

FUENTE: Elaboración Propia



**Figura 17:** diferencia posición entre el pre y pos hormigonado

FUENTE: Elaboración Propia

#### **Interpretación:**

La tabla 20 y la figura 15 muestran que existe variación de posición entre el pre y pos hormigonado, esto debido a la fuerza del hormigonado y la oportuna corrección con el control geométrico de las variaciones son que el 99 %; la precisión es menor a 2.0 mm, un 0 % son precisiones de 2.0 mm a 2.5 mm y 1 % son precisiones de 2.5 mm a 3.0 mm, no hay ningún perno de anclaje que se haya desplazado más con precisiones mayores a 3.0 mm, comparando los cuadros 19 y 20 en el control geométrico antes que fragüe el concreto, se logró mejor la precisión de desviaciones de los pernos de anclajes.

## CAPÍTULO VI : ANÁLISIS DE COSTOS

### 6.1. Materiales

En el trabajo de investigación se incluye los costos de materiales e insumos que se usaron para cumplir las actividades programadas hasta la presentación del informe final estos materiales son:

**Cuadro 21:** Presupuesto de Materiales

N°	MATERIALES	Und	Cantidad	P.U	TOTAL (S/.)
1	Bibliografía	glb	1.00	240.00	240.00
2	Cordel de nailon rollo de 50 mts	und	1.00	10.00	10.00
3	Dianas reflectantes 6 x 6 cm	und	6.00	25.00	150.00
4	DVD	und	6.00	2.00	12.00
5	Escuadras metálicas 30 cm	und	1.00	12.00	12.00
6	Flexómetro Stanley 8mts	und	2.00	22.00	44.00
7	Lapicero Faber Castell	caja	2.00	10.00	20.00
8	Libretas de campo	und	3.00	5.00	15.00
9	Liquid Paper	und	4.00	5.00	20.00
10	Llaves hexagonales Juego	und	1.00	30.00	30.00
11	Nivel torpedo 23 cm	und	1.00	25.00	25.00
12	Otros útiles de escritorio e insumos	glb	1.00	150.00	150.00
13	Papel A3	millar	0.50	56.00	28.00
14	Papel A4	millar	0.50	28.00	14.00
15	Pintura Spray Naranja	und	2.00	8.00	16.00
16	Plumones indelebles negro (marcadores)	und	6.00	5.00	30.00
17	Portaminas y minas	und	1.00	11.00	11.00
18	Punto centro Stanley 3/8"- 5"	und	2.00	22.00	44.00
19	Resaltadores	und	4.00	2.50	10.00
20	Tablero para escribir	und	2.00	5.00	10.00
21	Tira Línea	und	2.00	15.00	30.00
22	USB (32 gb) (2 unidades)	und	2.00	30.00	60.00
23	Wincha Metálica 30 Metros, (ancho 6mm)	und	1.00	40.00	40.00
<b>TOTAL</b>					<b>1,021.00</b>

FUENTE: Elaboración Propia

## 6.2. Servicios

En esta investigación los costos de los servicios para el cumplimiento de las actividades programadas hasta la presentación del informe final son:

**Cuadro 22:** Presupuesto de Servicios

N°	SERVICIOS	Und	Cantidad	P.U	TOTAL (S/.)
1	Agua	mes	5.00	6.00	30.00
2	Anillado	und	3.00	35.00	105.00
3	Asesor especialista	hora	7.00	90.00	630.00
4	Asesor estadístico	hora	3.00	90.00	270.00
5	Celular pos pago	mes	5.00	30.00	150.00
6	Digitación Borrador del Informe	glb	1.00	40.00	40.00
7	Digitación informe final	glb	1.00	40.00	40.00
8	Energía eléctrica	mes	5.00	15.00	75.00
9	Impresiones	und	250.00	0.20	50.00
10	Imprevistos	glb	1.00	350.00	350.00
11	Internet	mes	5.00	69.00	345.00
12	Procesamiento de datos	glb	1.00	60.00	60.00
13	Transporte	glb	1.00	350.00	350.00
<b>TOTAL</b>					<b>2,495.00</b>

FUENTE: Elaboracion Propio

## 6.3. Resumen de Presupuesto

El presupuesto Total, asciende a TRES MIL QUINIENTOS DIECISÉIS NUEVOS SOLES, distribuidos como se muestra el siguiente cuadro:

**Cuadro 23:** Resumen de Presupuesto

DETALLE	IMPORTE
Materiales	1,021.00
Servicios	2,495.00
<b>TOTAL PRESUPUESTO</b>	<b>3,516.00</b>

FUENTE: Elaboracion Propio

## CONCLUSIONES

- a) En la investigación se determinó que se cumplió con la posición de pernos de anclajes en el pos hormigonado, de la muestra el 95 % tienen precisión máxima de 2.0mm y el 5 % son precisiones de 2.0mm a 2.5mm, en el pre hormigonado el 79 % tiene una precisión de 2.0mm como máximo y el 20 % de 2.0mm a 2.5mm y 1% con precisión de 3.0mm, el desplazamiento por efectos de la presión del hormigonado y con el ajuste del control geométrico antes de que fragüe el concreto fue del 99 %, se desplazó 2 mm como máximo y el 1 % se desplazó de 2.5mm a 3.0mm.
- b) La base fundamental del control geométrico de los pernos de anclajes es que los puntos de control se alcanzó, su error de cierre menor a 1.0 mm comprobado en campo con el método de triangulación de distancias y los puntos de control fueron tipo pedestales para insertar los prismas lo que lo hace estable y se anula el error humano (nivelación de mini prisma manual).
- c) En el control geométrico de los pernos de anclajes se realizó cuatro fases, en el encofrado antes de instalar los pernos, en el aseguramiento de los pernos con la armadura de acero y el encofrado, 20 minutos después del vaciado de concreto (promedio) o antes de que fragüe para ajustar la posición; ya que, normalmente se mueven por el empuje del concreto y la lectura final para el registro de control topográfico.
- d) La estación total de tres segundos de precisión es un equipo determinante en los trabajos de precisión; ya que, cuando no coincidieron en lecturas los equipos del sub contratista con el contratista se logró ajustar las colimaciones para tener más precisión y lograr lecturas iguales, este control de equipos topográficos se llevó rutinariamente cada dos semanas.

## RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda que la determinación de la precisión geométrica debe ser proporcional al elemento estructural prefabricado a montar; ya que, de ser muy finas, llevaría demasiado tiempo la liberación topográfica y pausaría el vaciado de concreto pudiendo perderse y si es muy holgada podrían dañarse los pernos a la hora de montar las estructuras y tener el riesgo de no poder verticalizar y/o alinear las estructuras prefabricadas, esta relación se puede determinar entre el cruce de planos civiles y de montaje de estructuras.
- b) Es recomendable tener una buena precisión en los puntos de control, no solo que cierren matemáticamente en gabinete; si no, que se compruebe en campo con múltiples pruebas de estación conocida, inversa y replanteo los puntos de control deben ser hitos tipo pedestales que garanticen la estabilidad durante todo el proceso constructivo de la obra usando anclajes embebidos para el uso de los prismas ya que es más estable y de menor costo que las bases nivel antes.
- c) Se recomienda realizar los trazos en el solado la ubicación de los pernos; ya que, la armadura de acero en ocasiones impide verticalizar los pernos de anclajes y el personal se da cuenta una vez ya asegurado el encofrado y tiene que volver a desarmarlos para grifar el acero y poder verticalizar el perno.
- d) Se recomienda el uso de estaciones totales de 3 segundos como máximo; así como, también, se debe verificar que el equipo este calibrado y certificado por un taller homologado, también se debe llevar a cabo el control de las estaciones tanto en ángulo y distancia con una línea base esto se debe realizar con una frecuencia semanal.

## BIBLIOGRAFÍA

- AkerSolutions. (2014). *Procedimiento de Topografía*. Huaraz.
- colaboradores de Wikipedia. (29 de Junio de 2020). *Estación total*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n\\_total](https://es.wikipedia.org/wiki/Estaci%C3%B3n_total)
- Gob. España Ministerio de Fomento, S. g. (2011). *EAE*. Obtenido de [https://previa.uclm.es/area/ing\\_rural/Normativa/EAE/capitulo18.pdf](https://previa.uclm.es/area/ing_rural/Normativa/EAE/capitulo18.pdf)
- Gob. España Ministerio de Fomento, S. g. (2011). *EAE instrucciones de Acero Estructural*. España: Ministerio de Fomento, Secretaria general tecnica, Gobierno de España.
- Gruas GH. (2018). *Manual de descripcion*. Lima: GH Gruas.
- Leica Geosystems, A. (2015). *Leica NA320/24/32 Manual de uso*. Heerbrugg, Suiza: Leica Geosystems AG.
- Leica Geosystems, A. (2016). *Manual de uso TS16*. Heerbrugg, Switzerland: Leica Geosystems AG.
- Manzano-Agugliaro, F. (. (1999). Aplicación del sistema de posicionamiento global GPS A la georreferenciación y control geométrico en la ingeniería. (*Doctoral dissertation, Universidad de Córdoba*).
- Navarro González-Valerio, J. A., & Lucas Serrano, C. (2016). Control geométrico del tramo atirantado del Puente de la Constitución de 1812 sobre la bahía de Cádiz. *ScienceDirect*.
- Porta Inga, J. E. (2017). *Evaluación de la precision del proyecto con el metodo medicion del levantamiento topografico con estacion total Topcon del Coar* . Chupaca.
- TECSA, M. (2015). Obtenido de [https://tecsa.com.mx/?page\\_id=102](https://tecsa.com.mx/?page_id=102)
- Vea, F. J. (2010). Sistema de control dimensional y de replanteo de alta precisión de elementos prefabricados singulares. *Revista de la Construcción*, 9(2), 116-125.
- Vizcarra Quispe, H. &. (2019). *Comparación de control topográfico, replanteo en la construcción, presa relaves con estación total y GPS diferencial en tiempo real (RTK)*. Minera Las Bambas – Apurímac.

## ANEXOS

### Anexo 1: Detalle de pernos de anclajes de planos

### Cuadro 24: Cuadro zapatas especificaciones técnicas anclajes de acero

CUADRO DE ZAPATAS									
NOMBRE	UND.	DIMENSIONES		ALTURA (H)	NFZ	REFUERZO	ESPECIFICACIÓN DE ANCLAJES DE ACERO	# DE ANCLAJES	
		A	B						
Z1	35	1.60	2.70	1.00	38.00	Ø5/8" @ 0.20 MALLA INFERIOR / Ø1/2" @ 0.20 MALLA SUPERIOR	10-PA-Ø1 1/4"-700-A36-P150	350	
Z2	2	2.10	2.70	1.00	38.00	Ø5/8" @ 0.20 MALLA INFERIOR / Ø1/2" @ 0.20 MALLA SUPERIOR	20-PA-Ø1 1/4"-700-A36-P150	40	
Z3	26	1.40	1.80	1.00	38.00	Ø5/8" @ 0.20 MALLA INFERIOR / Ø1/2" @ 0.20 MALLA SUPERIOR	10-PA-Ø3/4"-600-A36-P150	260	
Z4	6	1.60	2.70	1.30	37.70	Ø5/8" @ 0.20 MALLA INFERIOR / Ø1/2" @ 0.20 MALLA SUPERIOR	10-PA-Ø1 1/4"-700-A36-P150	60	
Z5	2	1.40	2.40	1.00	38.00	Ø5/8" @ 0.20 MALLA INFERIOR / Ø1/2" @ 0.20 MALLA SUPERIOR	10-PA-Ø3/4"-600-A36-P150	20	
Z6	1	1.40	3.20	1.00	38.00	Ø5/8" @ 0.20 MALLA INFERIOR / Ø1/2" @ 0.20 MALLA SUPERIOR	10-PA-Ø3/4"-600-A36-P150	10	
Z7	1	1.40	2.70	1.00	38.00	Ø5/8" @ 0.20 MALLA INFERIOR / Ø1/2" @ 0.20 MALLA SUPERIOR	10-PA-Ø3/4"-600-A36-P150	10	
Z8	1	1.60	3.00	1.00	38.00	Ø5/8" @ 0.20 MALLA INFERIOR / Ø1/2" @ 0.20 MALLA SUPERIOR	10-PA-Ø1 1/4"-700-A36-P150	10	
<b>TOTAL</b>	<b>74</b>	<b>TOTAL</b>							<b>760</b>

FUENTE: Detalle de Ingeniería Planta Dovelas del Metro de la Línea 2

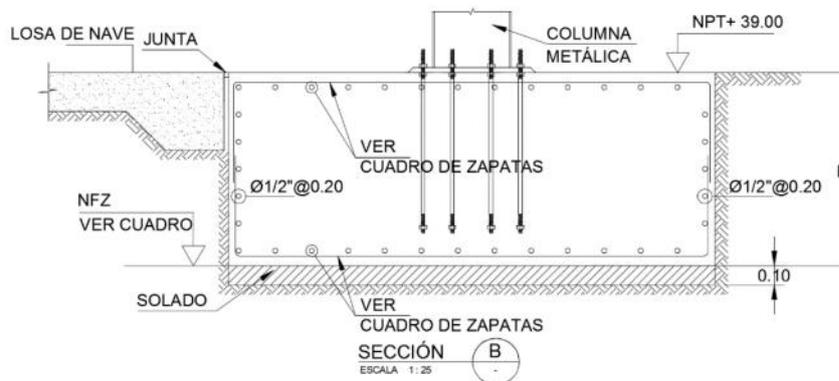


Figura 18: Sección de Zapata con anclajes de acero

FUENTE: Plano de Estructuras Planta dovelas del Metro de la Línea 2

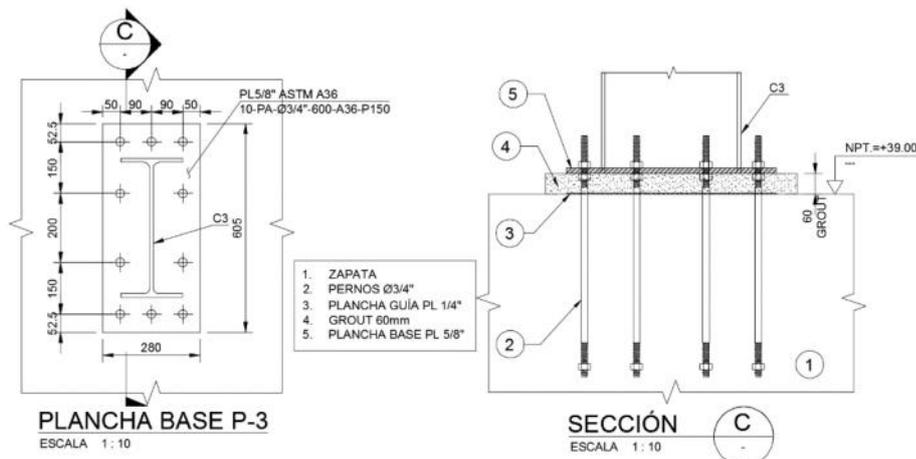
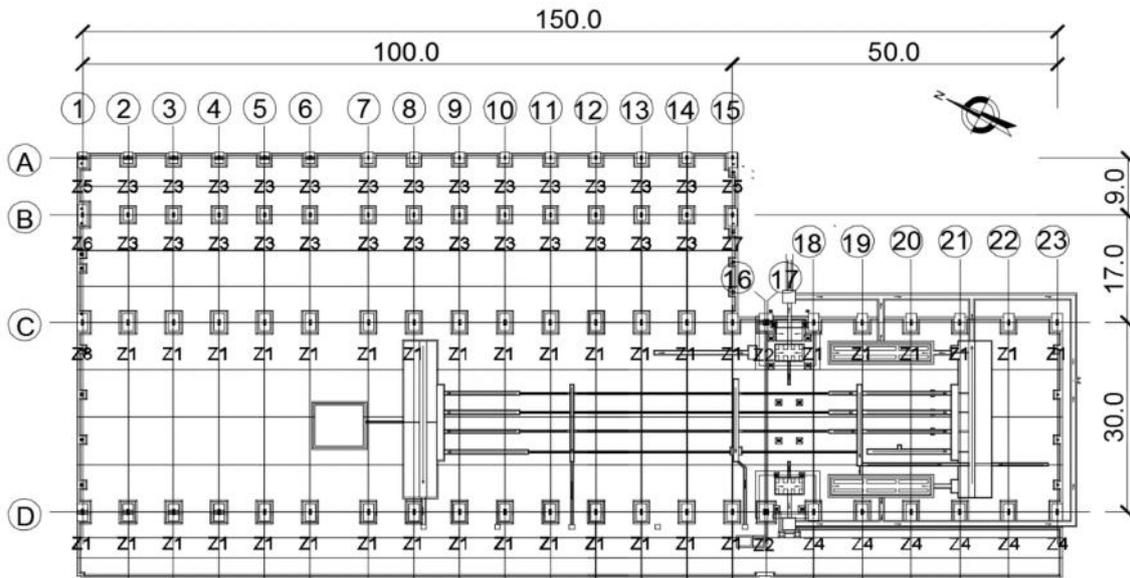


Figura 19: Distribución de Los pernos y plancha base de columna prefabricada

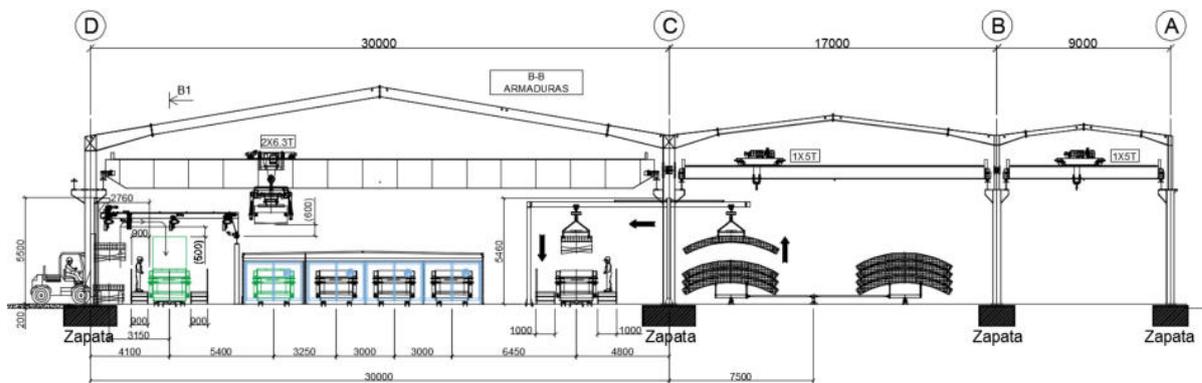
FUENTE: Plano de Estructuras Planta Dovelas del Metro de La línea 2

**Anexo 2: Arreglo General de Cimentaciones Planta dovelas**



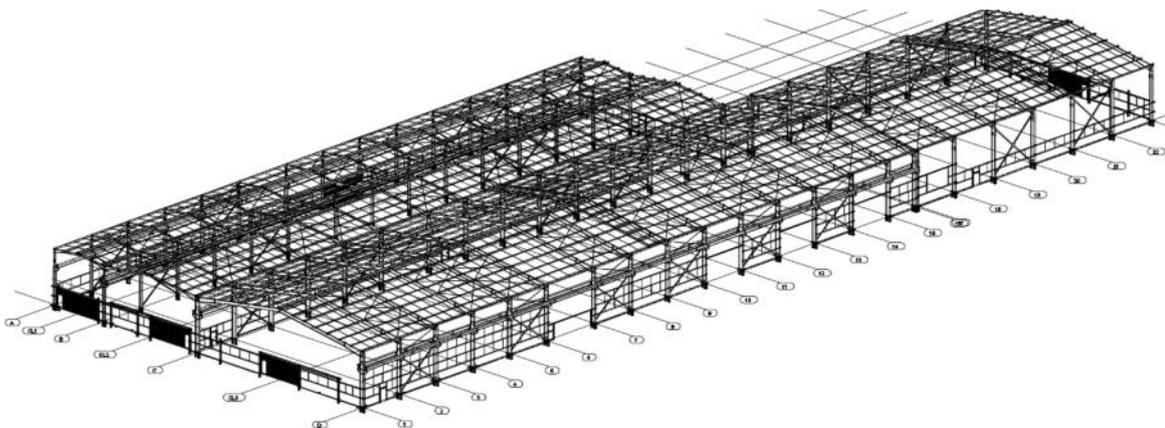
**Figura 20:** Distribución de Zapatas

**FUENTE:** Plano Estructuras cimentación general de la planta de dovelas de CCM2L



**Figura 21:** Elevación de Planta de dovelas

**FUENTE:** Plano Arquitectura de la planta de dovelas de CCM2L



**Figura 22:** Vista isométrica de la planta de dovelas

**FUENTE:** Plano de Montaje de estructuras FGA

**Anexo 3: Certificados de Calibración Estación Total Leica Ts 16 (CCM2L)**



**ACRE SURVEYING SOLUTIONS PERÚ SAC**  
RUC: 20557845667  
Calle Bolívar 472 Of. 204, Miraflores - Lima - Perú  
Telf.: 01 344-8044 / Cel.: +51 999 919 674  
www.grupoacre.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

Nº de Certificado :2019 / CE / 063      Fecha de Calibración      21/05/2019  
Expedido a :      Recomendación próxima Calibración:      21/05/2020  
CONSORCIO CONSTRUCTOR M2 LIMA

**DATOS DEL EQUIPO**

Marca	LEICA	Modelo	TS16 A 3" R500	Nº de serie	3203527
Tipo	Estación Total				
Precisión Angular Horizontal	+/- 0,0009 gones				
Precisión Angular Vertical	+/- 0,0009 gones				
Precisión en distancia Infrarojo	1,5 mm +2ppm				
Precisión en distancia Láser	2 mm +2 ppm				

**PATRONES UTILIZADOS**

Colimador Leica Universal triposicional con compensador Nº Serie 11473, certificado por el C.E.M. con el Número : **CEM- 151035001** cuya incertidumbre asociada es de **0,0005 gones** con un nivel de confianza del 95% (K=2)

Línea base con centrado forzoso y 3 reflectores a las distancias conocidas y certificadas por el CEM.  
NºCEM: 151035002 Distancia Prisma 1: 10.448 8 (m), Distancia Prisma 2: 4.075 8 (m)  
Distancia Diana1: 10.429 6 (m), Distancia Diana 2: 4.467 4 (m)

**TEMPERATURA/HUMEDAD:** 21 +/- 0.5 °c / 999.9 +/- 0.1 hPa

Incertidumbres calculadas con un nivel de confianza del 95% (k=2)  
Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones.

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN**  
**Acre Surveying Solutions Perú S.A.C.**



**Anexo 4: Certificados de Calibración Estación Total Leica Ts 06 (TPI)**

**Survey Rental & Sales S.A.C.**

when it has to be right **Leica Geosystems**  
Distribuidor y Servicio Técnico Autorizado de Leica Geosystems

**CERTIFICADO DE VERIFICACION Y AJUSTES**

N°21106-19

San Isidro 26. febrero 2019

A petición de FLORES DAVILA JUAN CARLOS, la empresa SURVEY RENTAL & SALES SAC, le expide el presente Certificado de Calibración por un (01);

**ESTACION TOTAL MARCA LEICA MODELO TS06 POWER 3"**

Con N° de serie 1352377, dicho instrumento ha sido revisado y calibrado todos los puntos en nuestro laboratorio y se encuentra en perfecto estado de funcionamiento de acuerdo a los estándares internacionales establecidos (DIN18723).

Equipo de calibración utilizado :

Equipo /Modelo	Marca	Serie	Temperatura
ESTACION TOTAL TS11	LEICA	1674905	28°C

Resultado :

Valor de Patrón	Valor Obtenido	Precisión Angular	Error Medido
VR: 360° 00' 00"	360° 00' 01"	03"	01"
HZ: 180° 00' 00"	180° 00' 01"	03"	01"

Medición de distancia con Prisma

BASE	DISTANCIA OBTENIDA	PRECISION LINEAL	DIFERENCIA
12.6455	12.6458	1.5 mm +2 ppm	0.0003
29.9866	29.9869	1.5 mm +2 ppm	0.0003

Medición de distancia sin Prisma

BASE	DISTANCIA OBTENIDA	PRECISION LINEAL	DIFERENCIA
16.5978	16.5984	2 mm + 2 ppm	0.0006
30.0421	30.0427	2 mm + 2 ppm	0.0006

\*Las unidades de distancia están expresadas en metros(m).

Certificado Por:  
Ing. José Quispe Peña  
Supervisor de Laboratorio

**Survey Rental & Sales S.A.C.**  
*JOSE MANUEL QUISPE R*  
ING. ELECTRONICISTA DE SERVICIO TECNICO

Fecha Calibración:  
26. febrero 2019  
Fecha Prox. Calibración:  
26. agosto 2019

- 📍 Av. Dos de Mayo 1660-1664 - San Isidro
- ☎ Central: (51) 204-6430
- 📞 Servicio Técnico : (511) 204-6440
- ✉ ventas@surveyrental.com.pe
- 🌐 Website: www.surveyrental.com.pe

CERTIFICADO DE CALIBRACION  
**BRONZE**



**Anexo 5: Certificados de Calibración Estación Total Geomax 20 Pro (FGA)**

Survey Rental & Sales

S.  
A.  
C.

when it has to be right **Leica**  
Geosystems

Distribuidor y Servicio Técnico Autorizado  
de Leica Geosystems

---

CERTIFICADO DE CALIBRACION

N°20912-18 San Isidro 14, enero 2019

A petición de ANCCO PACCOSONCCO EDITH MARIBEL, la empresa SURVEY RENTAL & SALES SAC, le expide el presente Certificado de Calibración por un (01);

ESTACION TOTAL MARCA GEOMAX MODELO ZOOM 20 PRO 3" A4

Con N° de serie 2831590, dicho instrumento ha sido revisado y calibrado todos los puntos en nuestro laboratorio y se encuentra en perfecto estado de funcionamiento de acuerdo a los estándares internacionales establecidos (DIN18723).

Equipo de calibración utilizado :

Equipo /Modelo	Marca	Serie	Temperatura
ESTACION TOTAL TS11	LEICA	1674905	23°C

Resultado :

Valor de Patrón	Valor Obtenido	Precisión Angular	Error Medido
VR: 360° 00' 00"	360° 00' 01"	3"	1"
HZ: 180° 00' 00"	180° 00' 01"	3"	1"

Medición de distancia con Prisma

BASE	DISTANCIA OBTENIDA	PRECISION LINEAL	DIFERENCIA
12.6455	12.6458	1.5 mm +2 ppm	0.0003
29.9866	29.9869	1.5 mm +2 ppm	0.0003

Medición de distancia sin Prisma

BASE	DISTANCIA OBTENIDA	PRECISION LINEAL	DIFERENCIA
16.5978	16.5984	2 mm + 2 ppm	0.0006
30.0421	30.0427	2 mm + 2 ppm	0.0006

\*Las unidades de distancia están expresadas en metros(m).

**Certificado Por:**  
Ing. José Quispe Peña  
  
Supervisor de Laboratorio

**Survey Rental & Sales S.A.C.**  
JOSE MANUEL QUISPE P.  
ING. ELECTRONICISTA DE SERVICIO TECNICO

**Fecha Calibración:**  
14. enero 2019  
**Fecha Prox. Calibración:**  
14. julio 2019

Av. Dos de Mayo 1660-1664 - San Isidro  
 Central: (51) 204-6430  
 Servicio Técnico : (511) 204-6440  
 ventas@surveyrental.com.pe  
 Website: www.surveyrental.com.pe

**Anexo 6: Tolerancias de Caminos de Rodadura puentes Grúa GH**

<b>GH</b> GRUAS	<b>Tolerancias de caminos de rodadura</b>	<b>Tolerancias de caminos derodadura (para Grúas puente) según F.E.M.1001-87 (Cuaderno 8) o la UNE58128-87</b>	<b>Puente Grua Luz</b>		
			<b>30 mts</b>	<b>17 mts</b>	<b>9 mts</b>
Luz=S (paralelismo)		$S < 15 \text{ m.}: \Delta s = \pm 3 \text{ mm}$ $S > 15 \text{ m.}: \Delta s = \pm [ 3 + 0,25 ( S - 15) ] \text{ mm.}$	4.0 mm	3.5 mm	3.0 mm
Alineación de un carril en el plano		$A = \pm 10 \text{ mm}$ En una longitud máxima de carril de 2,0 m., no deberá pasar la tolerancia siguiente: $a = \pm 1,0 \text{ mm}$ En las Grúas de guía por un solo carril: $a = \pm 0,5 \text{ mm}$	2.0 mm	2.0 mm	2.0 mm
Diferencia de altura de un carril (desnivel longitudinal)		$B = \pm 10 \text{ mm}$ En una longitud máxima de carril de 2,0 m., no deberá pasar la tolerancia siguiente: $b = \pm 2 \text{ mm}$	2.0 mm	2.0 mm	2.0 mm
Diferencia de altura entre los dos carriles (desnivel transversal)		$C = \pm 0,2 \text{ ‰}$ de $S_{\text{máx.}} = \pm 10 \text{ mm}$	2.0 mm	2.0 mm	2.0 mm
Desnivel de la cabeza del carril		Longitudinalmente : $E < 0,3 \text{ ‰}$ Transversalmente : $E < 0,3 \text{ ‰}$	0	0	0
Diferencia de los topes entre si sobre el plano horizontal		$D = \pm 0,7 \text{ ‰}$ de $S_{\text{máx.}} = 20 \text{ mm}$	2.0 mm	2.0 mm	2.0 mm

**Anexo 7:** Procedimiento de control Topográfico FGA Ingenieros S. A.

	<b>Proyecto: DISEÑO, DETALLAMIENTO, SUMINISTRO, FABRICACION, TRANSPORTE Y MONTAJE DE NAVES INDUSTRIALES PARA LA PLANTA DE DOVELAS.</b>		
	Procedimiento de Control Topográfico	Código: 3059-P3-PC-EST-022	Revisión: 0

Luego para el trabajo se hará 3 pasos sencillos que se repetirán en todo el montaje de la placas bases, columnas pórticos.

- Nivelación de placa base:** Las placas bases son elementos estructurales de conexión, que constituyen la interface entre las columnas de acero y cimentación de concreto. Una placa base recibe las cargas de la columna de acero y las distribuye en un área mayor del concreto localizado bajo dicha placa.  
 Las placas bases deben cumplir con la tolerancia  $\pm 2.0$  mm en cuanto a niveles todos los puntos medidos deben registrarse dentro de ese margen.

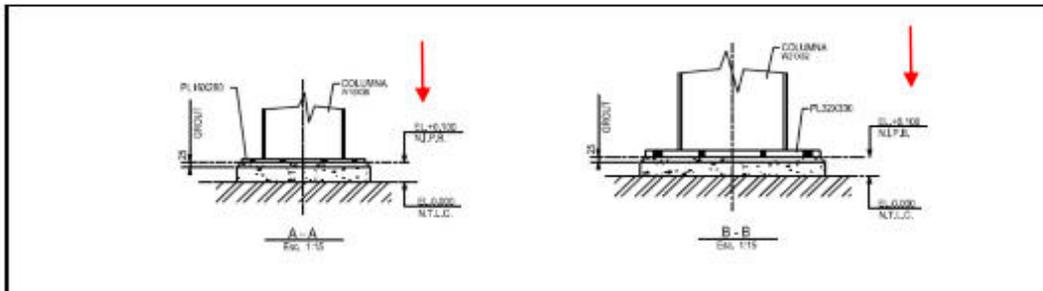


Fig.01: Placa

- Alineamiento de las columnas con los ejes:** Se deberá cumplir con la tolerancia recomendada  $\pm 2.0$  mm aquí se hará un levantamiento topográfico para identificar las coordenadas de los ejes que coincidan con la de columnas pórticos estos pasos se repetirán en todos los ejes y todas las columnas.

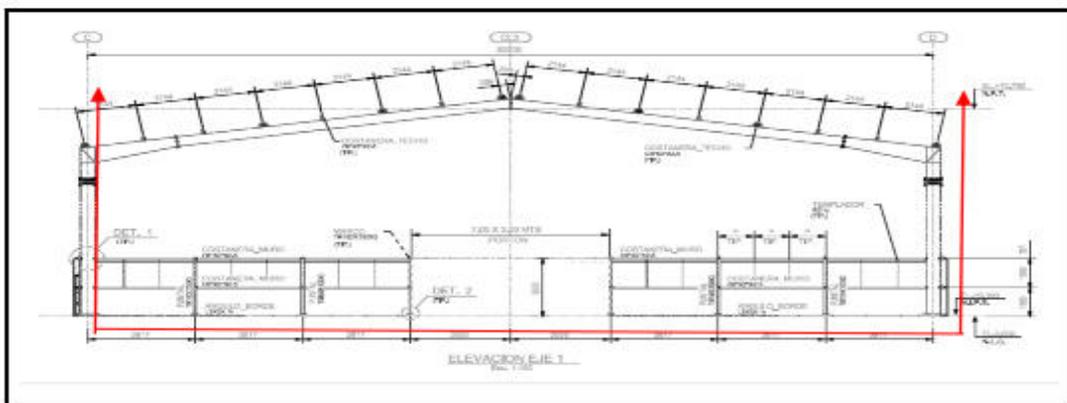


Fig.02: Ejes de la columna

**Anexo 8:** Procedimiento de Topografía Túneles y Prefabricados Inca (TPI)

<p>TPI Túneles y Prefabricados Inca</p>	<p><b>PROCEDIMIENTO DE TOPOGRAFÍA</b></p>	Código: TPL-OPER-PRC-001
		Revisión: 00
		Pág. 8 de 8

**6. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

**6.1. RECEPCIÓN DE PUNTOS TOPOGRÁFICOS:**

El CCM2L entregará los puntos topográficos para ejecución del proyecto, estos puntos serán verificados en campo por la empresa TPI. De encontrar alguna diferencia en distancia o cotas será informado al CCM2L para ajustar las medidas y cotas, quedando en conformidad ambas partes.

**6.2. EJECUCIÓN:**

- El topógrafo realizará los trazos de acuerdo a las medidas y profundidades indicados en los planos, identificando el área por medio de estacas y/o yeso, para los trazos se utilizará el equipo de estación total.
- Se verificará la excavación que cumplan con las dimensiones y la profundidad, para dar conformidad se llenará el protocolo de excavación (PTC-CA-0049), para luego proceder a colocar los niveles para el solado.
- Se procede la instalación de la estación total para realizar el trazo para el encofrado, utilizando tira línea.
- Se verificará el alineamiento y verticalidad del encofrado, para dar conformidad se llenará el protocolo de encofrado (PTC-CA-0003).
- Se realizará el replanteo de pernos de acuerdo a las medidas y proyecciones indicados en el plano, luego se informará al CCM2L para que verifique y nos pueda dar la conformidad.

**7. RESTRICCIONES**

- Cualquier trabajo de topografía se paralizará de existir incumplimientos de norma, especificaciones técnicas y/o planos.

**8. REGISTROS**

- Protocolo de topografía (PTC-CA-0011).

### Anexo 9: Protocolo de Puntos Bases DV-1 y DV-2 en UTM

	REGISTRO				<b>PTC-CA-0011</b>																					
	REPORTE TOPOGRAFICO / ALINEACION DE ELEMENTOS				Revision: 01																					
					Fecha: 23/02/2017																					
					Pag. 1 de 1																					
Ubicación: BASE NAVAL - PLANTA DOVELAS					Fecha:																					
Estructura: HITOS DE CONCRETO - PUNTOS DE CONTROL																										
Sector: PLATAFORMA II																										
BMs: PV5 - 4- (base)				Estación: DV-1 y DV-2 (puntos de control)																						
Equipo Topografico: GPS DIFERENCIAL GNSS 14 MARCA LEICA																										
ITEM	ACTIVIDAD	SI	NO	N.A.	OBSERVACIONES																					
1	Comprobacion de BMs de referencia				Puntos de Control ubicados en la zona de Quilca, hitos de concreto monumentados.																					
2	Ubicación de Puntos Auxiliares																									
3	Trazo y Replanteo de ejes (Muros guía; losas, otros)																									
4	Replanteo y verificación de encofrados (Muros guía, losas, otros)																									
5	Colocación de niveles																									
6	Verticalidad y alineamiento																									
7	Levantamiento Topográfico																									
8	Otros																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">DATUM HORIZONTAL</th> <th rowspan="2">ZONA</th> <th colspan="2">COORDENADAS UTM</th> <th rowspan="2">ELEVACION GEOIDAL (EGM-96)</th> <th rowspan="2">CODIGO DE PUNTO</th> </tr> <tr> <th>NORTE</th> <th>ESTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>WGS - 84</td> <td>18 SUR</td> <td>8669101.8723</td> <td>271042.1500</td> <td>39.570</td> <td>DV-1</td> </tr> <tr> <td>WGS - 84</td> <td>18 SUR</td> <td>8668909.8970</td> <td>271100.4381</td> <td>39.941</td> <td>DV-2</td> </tr> </tbody> </table>							DATUM HORIZONTAL	ZONA	COORDENADAS UTM		ELEVACION GEOIDAL (EGM-96)	CODIGO DE PUNTO	NORTE	ESTE	WGS - 84	18 SUR	8669101.8723	271042.1500	39.570	DV-1	WGS - 84	18 SUR	8668909.8970	271100.4381	39.941	DV-2
DATUM HORIZONTAL	ZONA	COORDENADAS UTM		ELEVACION GEOIDAL (EGM-96)	CODIGO DE PUNTO																					
		NORTE	ESTE																							
WGS - 84	18 SUR	8669101.8723	271042.1500	39.570	DV-1																					
WGS - 84	18 SUR	8668909.8970	271100.4381	39.941	DV-2																					
Observaciones:																										
Para los trabajos de Topografía (levantamiento o replanteo) se debe usar las coordenadas UTM mencionadas en el cuadro anterior, para configurar el equipo o Estacion Total se debe ingresar el Factor Combinado : "1.00023836"																										
Topografía o Produccion Subcontratista		Topografía o Produccion CCM2L		Topografía Supervisión																						
Nombre / Firma:		Nombre / Firma:		Nombre / Firma:																						
Fecha y Hora:		Fecha y Hora:		Fecha y Hora:																						

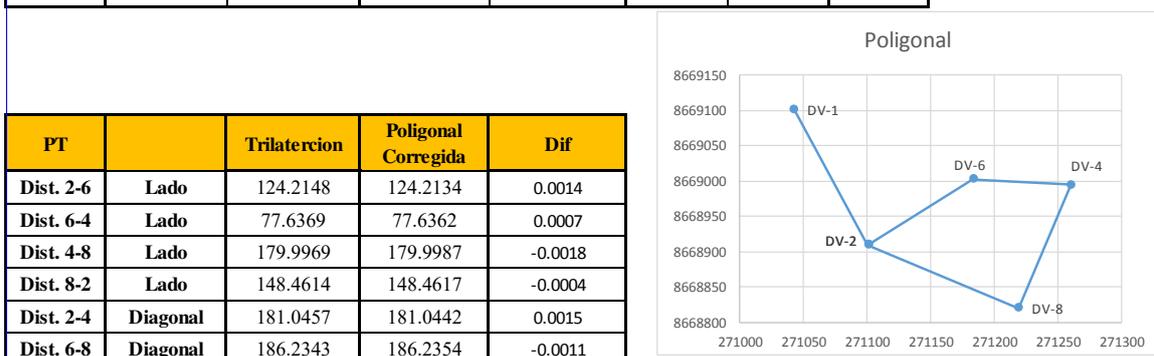
### Anexo 10: Poligonal Cerrada vs Trilateración

Poligonal Cerrada																							
EST.	P. V.	< Medidos			Ca			< Corregidos			Azimut			Distancia Horizontal		Proyecciones		Correcciones		Proyecciones Corregidas		Coordenadas Poligonal	
		°	'	"	°	'	"	°	'	"	°	'	"	ΔE	ΔN	Cp E	Cp N	ΔE	ΔN	E	N		
DV-2	DV-6	274	19'	54"	0	0'	1"	274	19'	55"	41	33'	59"	124.2149	82.4150	92.9360	0.0012	0.0009	82.4139	92.9351	271100.4236	8668909.9449	
DV-6	DV-4	234	3'	27"	0	0'	1"	234	3'	28"	95	37'	27"	77.6369	77.2632	-7.6087	0.0007	0.0006	77.2624	-7.6093	271182.8375	8669002.8800	
DV-4	DV-8	277	41'	48"	0	0'	1"	277	41'	49"	193	19'	16"	179.9970	-41.4732	-175.1539	0.0017	0.0013	-41.4749	-175.1552	271260.0999	8668995.2707	
DV-8	DV-2	293	54'	46"	0	0'	1"	293	54'	47"	307	14'	4"	148.4613	-118.2000	89.8305	0.0014	0.0011	-118.2014	89.8294	271218.6250	8668820.1155	
Suma		1079° 59' 55"			0° 0' 5"			1080° 0' 0"						530.3101	0.0050	0.0039	0.0050	0.0039	0.0000	0.0000			
4 Lados	Error =	0° 0' 5"			Error Lineal = $\sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2} = \sqrt{0.005^2 + 0.0039^2} = 0.0063 \text{ m}$																		
Poligonal	Horario - Ángulos Externos	Tolerancia Lineal = $0.015 * \sqrt{\text{Perimetro}} = 0.015 * \sqrt{530.3101} = 0.345 \text{ m}$ , $0.345 > 0.0063 \text{ m} \Rightarrow$ <b>Dentro de Tolerancia Lineal</b>																					
Tolerancia Angular = $\text{Precision} \sqrt{N} = 3\sqrt{4} = 6''$ , $6'' > 5'' \Rightarrow$ <b>Dentro de tolerancia Angular</b>																							

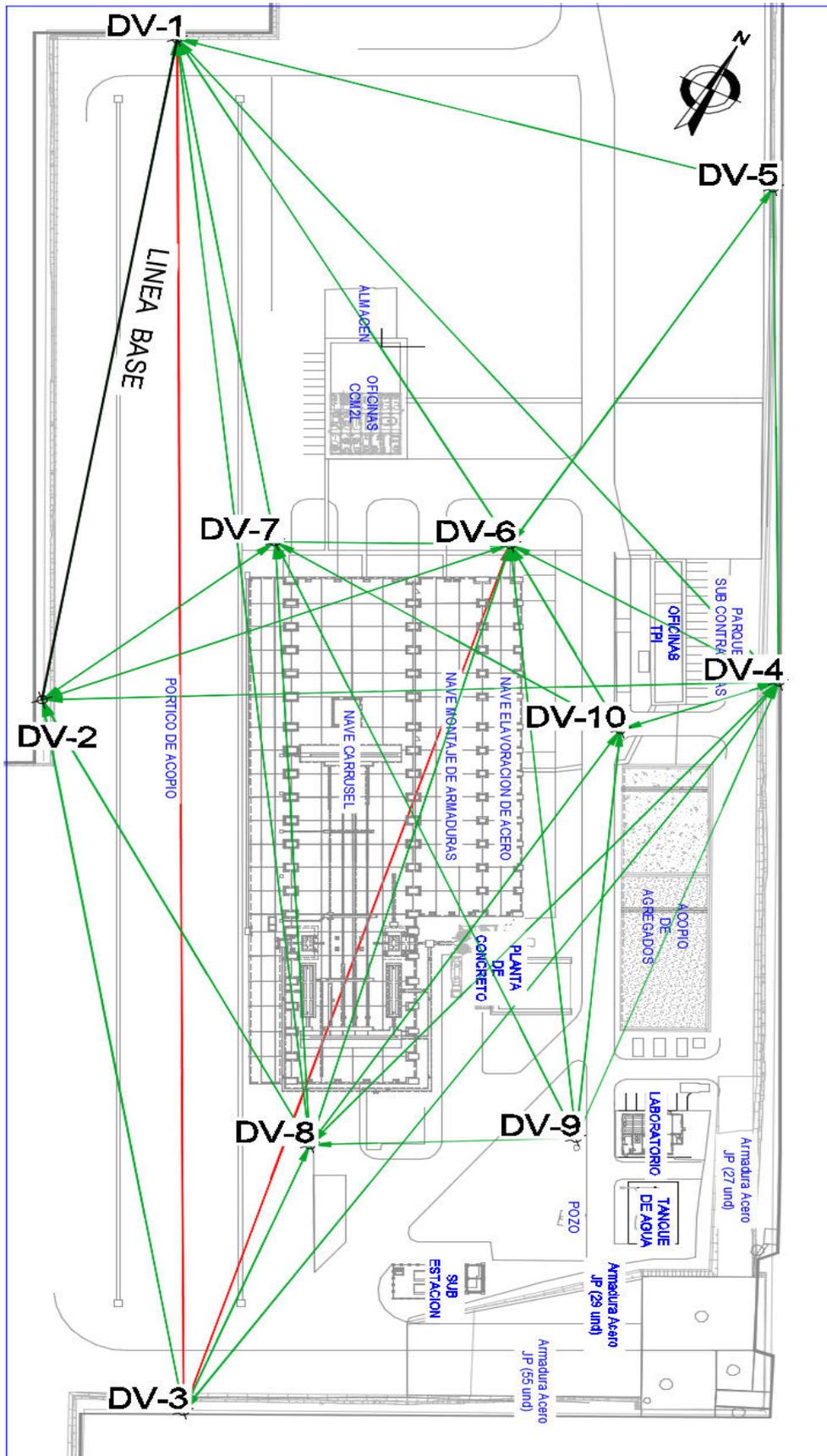
Punto	Este	Norte	ΔE	ΔN	Azimut		
DV-1	271042.1500	8669101.8723	58.2736	-191.9274	163°	6'	38"
DV-2	271100.4236	8668909.9449	2do Cuadrante				

Calculo de Coordenadas Por Trilateración								
Triangulo	Dist. A	Dist. B	Dist. C	Angulo	Azimut	Coordenadas		PT
						E	N	
--	--	--	--	--	--	271042.1500	8669101.8723	DV-1
--	--	--	--	--	--	271100.4236	8668909.9449	DV-2
DV2-DV1-DV6	200.579	172.0237	124.2148	37° 58' 46"	125° 7' 52"	271182.8376	8669002.8817	DV-6
DV2-DV1-DV4	200.579	242.6234	181.0457	47° 2' 50"	116° 3' 48"	271260.1008	8668995.2722	DV-4
DV2-DV1-DV8	200.579	332.4594	148.4614	15° 10' 18"	147° 56' 20"	271218.6269	8668820.1186	DV-8

PT.	Coordenadas Trilateracion		Coordenadas Poligonal		Diferencias		Detalle
	E	N	E	N	ΔE	ΔN	
DV-1	271042.1500	8669101.8723	271042.1500	8669101.8723	0.0000	0.0000	Base
DV-2	271100.4236	8668909.9449	271100.4236	8668909.9449	0.0000	0.0000	Base
DV-6	271182.8376	8669002.8817	271182.8375	8669002.8800	0.0002	0.0017	Medido
DV-4	271260.1008	8668995.2722	271260.0999	8668995.2707	0.0009	0.0015	Medido
DV-8	271218.6269	8668820.1186	271218.6250	8668820.1155	0.0019	0.0031	Medido
DV-2	271100.4236	8668909.9449	271100.4236	8668909.9449	0.0000	0.0000	Base



**Anexo 11: Grafica de Triangulación de distancias**



## Anexo 12: Datos De Triangulación De Distancias Para Hallar Las Coordenadas

# LECTURAS 5 DIRECTAS Y 5 INVERSA	DV1-DV2 Distancias	DV2-DV1 Distancias	DV1-DV3 Distancias	DV3-DV1 Distancias	DV1-DV4 Distancias	DV4-DV1 Distancias	DV5-DV1 Distancias	DV1-DV5 Distancias	DV1-DV6 Distancias	DV6-DV1 Distancias	DV7-DV1 Distancias	DV1-DV7 Distancias	
1	200.5777	200.5787	410.4309	410.4312	242.6236	242.6226	153.1343	153.1343	172.0223	172.0236	152.4757	152.4757	
2	200.5780	200.5777	410.4307	410.4315	242.6229	242.6230	153.1343	153.1345	172.0226	172.0233	152.4757	152.4755	
3	200.5779	200.5778	410.4306	410.4316	242.6235	242.6230	153.1346	153.1344	172.0220	172.0236	152.4756	152.4754	
4	200.5780	200.5785	410.4309	410.4312	242.6239	242.6229	153.1342	153.1344	172.0223	172.0232	152.4757	152.4756	
5	200.5783	200.5789	410.4303	410.4314	242.6236	242.6235	153.1345	153.1343	172.0224	172.0233	152.4759	152.4758	
1'	200.5781	200.5784	410.4307	410.4311	242.6235	242.6237	153.1342	153.1340	172.0223	172.0235	152.4756	152.4757	
2'	200.5778	200.5780	410.4305	410.4307	242.6238	242.6234	153.1341	153.1341	172.0221	172.0234	152.4759	152.4757	
3'	200.5785	200.5789	410.4303	410.4310	242.6227	242.6236	153.1342	153.1342	172.0219	172.0232	152.4754	152.4758	
4'	200.5779	200.5782	410.4301	410.4309	242.6233	242.6233	153.1340	153.1340	172.0226	172.0233	152.4754	152.4757	
5'	200.5781	200.5786	410.4305	410.4315	242.6234	242.6232	153.1343	153.1341	172.0225	172.0234	152.4755	152.4755	
Promedio	200.5780	200.5784	410.4306	410.4312	242.6234	242.6232	153.1343	153.1342	172.0223	172.0234	152.4756	152.4756	
Diferencia		-0.0003				0.0002			0.0000		-0.0011		0.0000
Distancia promedio		200.5782		410.4309		242.6233			153.1343		172.0228		152.4756
LD y LI Robotico (20)		200.5790		410.4291		242.6231			153.1339		172.0236		152.4759
Variación		-0.0008		0.0018		0.0002			0.0003		-0.0008		-0.0003

# LECTURAS 5 DIRECTAS Y 5 INVERSA	DV1-DV8 Distancias	DV8-DV1 Distancias	DV2-DV3 Distancias	DV3-DV2 Distancias	DV2-DV4 Distancias	DV4-DV2 Distancias	DV2-DV6 Distancias	DV6-DV2 Distancias	DV7-DV2 Distancias	DV2-DV7 Distancias	DV2-DV8 Distancias	DV8-DV2 Distancias	
1	332.4587	332.4587	215.4394	215.4384	181.0466	181.0469	124.2146	124.2139	74.2357	74.2356	148.4601	148.4603	
2	332.4586	332.4591	215.4390	215.4377	181.0462	181.0468	124.2148	124.2149	74.2358	74.2358	148.4607	148.4600	
3	332.4590	332.4589	215.4394	215.4382	181.0460	181.0470	124.2146	124.2149	74.2359	74.2358	148.4599	148.4606	
4	332.4589	332.4586	215.4392	215.4383	181.0462	181.0469	124.2145	124.2147	74.2359	74.2357	148.4600	148.4601	
5	332.4590	332.4594	215.4391	215.4379	181.0461	181.0466	124.2142	124.2152	74.2357	74.2358	148.4603	148.4605	
1'	332.4585	332.4589	215.4392	215.4380	181.0460	181.0468	124.2147	124.2148	74.2358	74.2355	148.4603	148.4604	
2'	332.4581	332.4587	215.4394	215.4380	181.0464	181.0465	124.2140	124.2146	74.2359	74.2354	148.4599	148.4600	
3'	332.4589	332.4594	215.4392	215.4378	181.0462	181.0466	124.2149	124.2148	74.2357	74.2355	148.4601	148.4601	
4'	332.4591	332.4589	215.4393	215.4385	181.0463	181.0468	124.2145	124.2145	74.2358	74.2354	148.4604	148.4596	
5'	332.4586	332.4576	215.4390	215.4377	181.0459	181.0466	124.2146	124.2151	74.2357	74.2355	148.4597	148.4601	
Promedio	332.4587	332.4588	215.4392	215.4381	181.0462	181.0468	124.2145	124.2147	74.2358	74.2356	148.4607	148.4602	
Diferencia		-0.0001			0.0012			-0.0006		-0.0002		0.0006	
Distancia promedio		332.4588		215.4386		181.0465			124.2146		74.2357		148.4605
LD y LI Robotico (20)		332.4593		215.4392		181.0457			124.2149		74.2360		148.4613
Variación		-0.0005		-0.0006		0.0008			-0.0003		-0.0003		-0.0008

# LECTURAS 5 DIRECTAS Y 5 INVERSA	DV3-DV4 Distancias	DV3-DV4 Distancias	DV3-DV6 Distancias	DV6-DV3 Distancias	DV3-DV8 Distancias	DV8-DV3 Distancias	DV4-DV5 Distancias	DV5-DV4 Distancias	DV4-DV6 Distancias	DV6-DV4 Distancias	DV4-DV8 Distancias	DV8-DV4 Distancias	
1	262.4739	262.4733	271.3597	271.3604	85.4466	85.4473	147.8483	147.8482	77.6362	77.6360	179.9958	179.9966	
2	262.4735	262.4729	271.3591	271.3601	85.4469	85.4471	147.8481	147.8483	77.6365	77.6361	179.9956	179.9965	
3	262.4734	262.4726	271.3599	271.3600	85.4474	85.4475	147.8483	147.8484	77.6365	77.6365	179.9953	179.9973	
4	262.4737	262.4726	271.3594	271.3597	85.4467	85.4474	147.8485	147.8485	77.6364	77.6362	179.9948	179.9971	
5	262.4733	262.4727	271.3597	271.3599	85.4466	85.4472	147.8482	147.8484	77.6356	77.6359	179.9965	179.9977	
1'	262.4734	262.4728	271.3593	271.3596	85.4470	85.4470	147.8480	147.8481	77.6363	77.6358	179.9960	179.9967	
2'	262.4737	262.4730	271.3597	271.3600	85.4471	85.4470	147.8483	147.8483	77.6359	77.6361	179.9957	179.9970	
3'	262.4735	262.4732	271.3591	271.3597	85.4466	85.4467	147.8481	147.8484	77.6356	77.6357	179.9957	179.9974	
4'	262.4734	262.4732	271.3594	271.3598	85.4465	85.4472	147.8482	147.8481	77.6361	77.6360	179.9956	179.9964	
5'	262.4735	262.4733	271.3592	271.3599	85.4470	85.4473	147.8484	147.8483	77.6360	77.6359	179.9959	179.9969	
Promedio	262.4735	262.4730	271.3595	271.3609	85.4468	85.4472	147.8482	147.8483	77.6361	77.6360	179.9957	179.9970	
Diferencia		0.0006			-0.0015			-0.0003		-0.0001		-0.0013	
Distancia promedio		262.4732		271.3602		85.4470			147.8483		77.6361		179.9963
LD y LI Robotico (20)		262.4730		271.3588		85.4478			147.8480		77.6369		179.9970
Variación		0.0002		0.0014		-0.0008			0.0003		-0.0008		-0.0007

# LECTURAS 5 DIRECTAS Y 5 INVERSA	DV10-DV4 Distancias	DV4-DV10 Distancias	DV5-DV6 Distancias	DV6-DV5 Distancias	DV6-DV7 Distancias	DV7-DV6 Distancias	DV6-DV8 Distancias	DV8-DV6 Distancias	DV6-DV9 Distancias	DV9-DV6 Distancias	DV6-DV10 Distancias	DV10-DV6 Distancias	
1	41.3195	41.3194	124.6614	124.6610	57.8996	57.8995	186.2332	186.2347	178.3185	178.3188	61.6585	61.6589	
2	41.3199	41.3194	124.6615	124.6613	57.8995	57.8994	186.2332	186.2335	178.3189	178.3189	61.6586	61.6590	
3	41.3197	41.3195	124.6613	124.6614	57.8995	57.8995	186.2337	186.2341	178.3189	178.3185	61.6587	61.6587	
4	41.3194	41.3195	124.6615	124.6611	57.8995	57.8996	186.2334	186.2339	178.3191	178.3188	61.6586	61.6586	
5	41.3198	41.3197	124.6616	124.6611	57.8998	57.8993	186.2332	186.2336	178.3190	178.3188	61.6587	61.6587	
1'	41.3194	41.3195	124.6615	124.6614	57.8996	57.8997	186.2329	186.2334	178.3191	178.3185	61.6587	61.6588	
2'	41.3195	41.3194	124.6612	124.6610	57.8995	57.8994	186.2335	186.2337	178.3189	178.3187	61.6586	61.6588	
3'	41.3194	41.3195	124.6614	124.6610	57.8996	57.8995	186.2335	186.2339	178.3190	178.3186	61.6586	61.6592	
4'	41.3195	41.3194	124.6611	124.6611	57.8997	57.8994	186.2331	186.2341	178.3189	178.3187	61.6585	61.6593	
5'	41.3196	41.3195	124.6613	124.6611	57.8994	57.8996	186.2336	186.2339	178.3188	178.3188	61.6586	61.6591	
Promedio	41.3196	41.3195	124.6614	124.6612	57.8996	57.8995	186.2333	186.2339	178.3189	178.3187	61.6586	61.6589	
Diferencia		0.0001			0.0002			-0.0006		0.0002		-0.0003	
Distancia promedio		41.3196		124.6613		57.8995			186.2336		178.3188		61.6588
LD y LI Robotico (20)		41.3194		124.6615		57.8998			186.2344		178.3188		61.6588
Variación		0.0002		-0.0002		-0.0003			-0.0008		0.0000		0.0000

# LECTURAS 5 DIRECTAS Y 5 INVERSA	DV7-DV8 Distancias	DV8-DV7 Distancias	DV7-DV9 Distancias	DV9-DV7 Distancias	DV7-DV10 Distancias	DV10-DV7 Distancias	DV8-DV9 Distancias	DV9-DV8 Distancias	DV8-DV10 Distancias	DV10-DV8 Distancias	DV9-DV10 Distancias	DV10-DV9 Distancias	
1	180.4895	180.4894	192.9945	192.9943	101.7752	101.7761	65.3117	65.3121	145.7353	145.7357	122.6682	122.6681	
2	180.4896	180.4893	192.9946	192.9947	101.7750	101.7763	65.3117	65.3124	145.7353	145.7359	122.6685	122.6681	
3	180.4895	180.4892	192.9951	192.9947	101.7755	101.7760	65.3112	65.3122	145.7350	145.7357	122.6682	122.6680	
4	180.4896	180.4893	192.9945	192.9943	101.7754	101.7759	65.3120	65.3123	145.7351	145.7359	122.6684	122.6680	
5	180.4895	180.4891	192.9946	192.9949	101.7752	101.7757	65.3116	65.3124	145.7349	145.7362	122.6683	122.6684	
1'	180.4894	180.4891	192.9945	192.9944	101.7747	101.7755	65.3117	65.3123	145.7349	145.7357	122.6683	122.6680	
2'	180.4895	180.4891	192.9948	192.9943	101.7753	101.7758	65.3119	65.3120	145.7350	145.7360	122.6685	122.6678	
3'	180.4896	180.4887	192.9947	192.9943	101.7750	101.7755	65.3117	65.3123	145.7351	145.7356	122.6685	122.6678	
4'	180.4894	180.4892	192.9945	192.9942	101.7753	101.7760	65.3116	65.3121	145.7355	145.7356	122.6683	122.6679	
5'	180.4894	180.4888	192.9947	192.9940	101.7753	101.7759	65.3118	65.3122	145.7352	145.7355	122.6683	122.6682	
Promedio	180.4895	180.4891	192.9947	192.9944	101.7752	101.7759	65.3117	65.3122	145.7351	145.7358	122.6684	122.6680	
Diferencia		0.0004			0.0002			-0.0005		-0.0008		0.0003	
Distancia promedio		180.4893		192.9945		101.7755			65.3120		145.7355		122.6682
LD y LI Robotico (20)		1											

### Anexo 13: Nivelación Geométrica Compuesta

NIVELACION DE H2 A DV-1									
IDA			VUELTA			DIF.	PROMEDIO		
Punto	VT	VD	Cota	VT	VD		Cota	Punto	Cota
H2	1.3980		39.0520		1.3710	39.0520	0.0000	H2	39.052
1	1.4200	1.4350	39.0150	1.4080	1.4140	39.0150	0.0000	1	39.015
2	1.4260	1.4020	39.0330	1.3960	1.4125	39.0330	0.0000	2	39.033
3	1.4320	1.4450	39.0140	1.4310	1.4200	39.0145	-0.0005	3	39.014
4	1.3680	1.4300	39.0160	1.4180	1.2500	39.0165	-0.0005	4	39.016
DV-1		0.8145	39.5695	0.6960		39.5705	-0.0010	DV-1	39.570
<b>Sumatoria</b>	<b>7.0440</b>	<b>6.5265</b>		<b>6.3490</b>	<b>6.8675</b>				
<b>Diferencia</b>		<b>0.5175</b>			<b>-0.5185</b>				
<b>Error de ida y vuleta</b>			<b>-0.0010</b>						

NIVELACION DE H2 A DV-2									
IDA			VUELTA			DIF.	PROMEDIO		
Punto	VT	VD	Cota	VT	VD		Cota	Punto	Cota
H2	1.4245		39.0520		1.4410	39.0520	0.0000	H2	39.052
11	1.4585	1.4405	39.0360	1.4570	1.4660	39.0360	0.0000	11	39.036
12	1.7080	1.6760	38.8185	1.6840	1.7290	38.8180	0.0005	12	38.818
13	1.5588	1.5085	39.0180	1.5290	1.5795	39.0180	0.0000	13	39.018
DV-2		0.6350	39.9418	0.6570		39.9405	0.0013	DV-2	39.941
<b>Sumatoria</b>	<b>6.1498</b>	<b>5.2600</b>		<b>5.3270</b>	<b>6.2155</b>				
<b>Diferencia</b>		<b>0.8898</b>			<b>-0.8885</b>				
<b>Error de ida y vuleta</b>			<b>0.0013</b>						

NIVELACION DE H2 A DV-8									
IDA			VUELTA			DIF.	PROMEDIO		
Punto	VT	VD	Cota	VT	VD		Cota	Punto	Cota
H2	1.4600		39.0520		1.4235	39.0520	0.0000	H2	39.052
21	1.4730	1.4765	39.0355	1.4405	1.4630	39.0350	0.0005	21	39.035
22	1.5595	1.6920	38.8165	1.6805	1.5105	38.8175	-0.0010	22	38.817
23	1.4265	1.5455	38.8305	1.4960	1.4045	38.8320	-0.0015	23	38.831
24	1.5500	1.4435	38.8135	1.4215	1.4975	38.8150	-0.0015	24	38.814
25	1.5070	1.5280	38.8355	1.4770	1.4395	38.8355	0.0000	25	38.836
26	1.5830	1.4795	38.8630	1.4125	1.6120	38.8625	0.0005	26	38.863
DV-8		0.7445	39.7015	0.7725		39.7020	-0.0005	DV-8	39.702
<b>Sumatoria</b>	<b>10.5590</b>	<b>9.9095</b>		<b>9.7005</b>	<b>10.3505</b>				
<b>Diferencia</b>		<b>0.6495</b>			<b>-0.6500</b>				
<b>Error de ida y vuleta</b>			<b>-0.0005</b>						

### Anexo 14: Datos del Registro Topográficos Pre Hormigonado

ZAP	Ø	#	Coordenadas teoricas			Coordenadas campo			Desviaciones			
			Este	Norte	Cota	Este	Norte	Cota	Este	Norte	Result.	Cota
A-2	3/4"	1	271192.7622	8668988.0569	39.1260	271192.7612	8668988.0555	39.1265	-1.0	-1.4	1.7	0.5
	3/4"	2	271192.6279	8668987.9901	39.1260	271192.6288	8668987.9906	39.1260	0.9	0.5	1.0	0.0
	3/4"	3	271192.4489	8668987.9010	39.1260	271192.4492	8668987.8998	39.1270	0.3	-1.2	1.2	1.0
	3/4"	4	271192.3146	8668987.8342	39.1260	271192.3138	8668987.8344	39.1271	-0.8	0.2	0.8	1.1
	3/4"	5	271192.2745	8668987.9148	39.1260	271192.2733	8668987.9138	39.1267	-1.2	-1.0	1.6	0.7
	3/4"	6	271192.2344	8668987.9954	39.1260	271192.2342	8668987.9953	39.1274	-0.2	-0.1	0.2	1.4
	3/4"	7	271192.3687	8668988.0622	39.1260	271192.3689	8668988.0618	39.1262	0.2	-0.4	0.4	0.2
	3/4"	8	271192.5478	8668988.1513	39.1260	271192.5481	8668988.1493	39.1260	0.3	-2.0	2.0	0.0
	3/4"	9	271192.6821	8668988.2181	39.1260	271192.6812	8668988.2176	39.1280	-0.9	-0.5	1.0	2.0
	3/4"	10	271192.7222	8668988.1375	39.1260	271192.7221	8668988.1357	39.1278	-0.1	-1.8	1.8	1.8
A-3	3/4"	1	271195.8799	8668981.7895	39.1260	271195.8801	8668981.7891	39.1270	0.2	-0.4	0.4	1.0
	3/4"	2	271195.7456	8668981.7227	39.1260	271195.7449	8668981.7217	39.1285	-0.7	-1.0	1.2	2.5
	3/4"	3	271195.5665	8668981.6336	39.1260	271195.5671	8668981.6333	39.1290	0.6	-0.3	0.7	3.0
	3/4"	4	271195.4322	8668981.5668	39.1260	271195.4321	8668981.5651	39.1280	-0.1	-1.7	1.7	2.0
	3/4"	5	271195.3921	8668981.6474	39.1260	271195.3933	8668981.6466	39.1290	1.2	-0.8	1.4	3.0
	3/4"	6	271195.3520	8668981.7280	39.1260	271195.3533	8668981.7277	39.1280	1.3	-0.3	1.3	2.0
	3/4"	7	271195.4863	8668981.7948	39.1260	271195.4880	8668981.7948	39.1276	1.7	0.0	1.7	1.6
	3/4"	8	271195.6654	8668981.8839	39.1260	271195.6653	8668981.8838	39.1271	-0.1	-0.1	0.1	1.1
	3/4"	9	271195.7997	8668981.9507	39.1260	271195.8011	8668981.9498	39.1286	1.4	-0.9	1.7	2.6
	3/4"	10	271195.8398	8668981.8701	39.1260	271195.8412	8668981.8695	39.1276	1.4	-0.6	1.5	1.6
B-2	3/4"	1	271184.7041	8668984.0486	39.126	271184.7064	8668984.0490	39.129	2.3	0.4	2.3	3.0
	3/4"	2	271184.5698	8668983.9818	39.126	271184.5701	8668983.9828	39.129	0.3	1.0	1.0	3.0
	3/4"	3	271184.3908	8668983.8927	39.126	271184.3891	8668983.8944	39.1286	-1.7	1.7	2.4	2.6
	3/4"	4	271184.2565	8668983.8259	39.126	271184.2568	8668983.8276	39.1287	0.3	1.7	1.7	2.7
	3/4"	5	271184.2164	8668983.9065	39.126	271184.2168	8668983.9076	39.1282	0.4	1.1	1.2	2.2
	3/4"	6	271184.1763	8668983.9871	39.126	271184.1769	8668983.9887	39.1281	0.6	1.6	1.7	2.1
	3/4"	7	271184.3106	8668984.0539	39.126	271184.3094	8668984.0553	39.1284	-1.2	1.4	1.8	2.4
	3/4"	8	271184.4897	8668984.1429	39.126	271184.4893	8668984.1445	39.1289	-0.4	1.6	1.6	2.9
	3/4"	9	271184.6240	8668984.2097	39.126	271184.6257	8668984.2100	39.1288	1.7	0.3	1.7	2.8
	3/4"	10	271184.6641	8668984.1292	39.126	271184.6654	8668984.1288	39.1288	1.3	-0.4	1.4	2.8
B-3	3/4"	1	271187.8217	8668977.7812	39.126	271187.8236	8668977.7789	39.1289	1.9	-2.3	3.0	2.9
	3/4"	2	271187.6874	8668977.7144	39.126	271187.6879	8668977.7144	39.1281	0.5	0.0	0.5	2.1
	3/4"	3	271187.5084	8668977.6253	39.126	271187.5083	8668977.6270	39.1276	-0.1	1.7	1.7	1.6
	3/4"	4	271187.3741	8668977.5585	39.126	271187.3749	8668977.5594	39.1279	0.8	0.9	1.2	1.9
	3/4"	5	271187.3340	8668977.6391	39.126	271187.3355	8668977.6402	39.1274	1.5	1.1	1.9	1.4
	3/4"	6	271187.2939	8668977.7196	39.126	271187.2943	8668977.7220	39.1272	0.4	2.4	2.4	1.2
	3/4"	7	271187.4282	8668977.7864	39.126	271187.4279	8668977.7859	39.1283	-0.3	-0.5	0.6	2.3
	3/4"	8	271187.6073	8668977.8755	39.126	271187.6076	8668977.8752	39.1277	0.3	-0.3	0.4	1.7
	3/4"	9	271187.7416	8668977.9423	39.126	271187.7432	8668977.9437	39.1284	1.6	1.4	2.1	2.4
	3/4"	10	271187.7817	8668977.8617	39.126	271187.7841	8668977.8620	39.1275	2.4	0.3	2.4	1.5
B-4	3/4"	1	271190.9394	8668971.5137	39.1260	271190.9412	8668971.512	39.1277	1.8	-1.3	2.2	1.7
	3/4"	2	271190.8051	8668971.4469	39.1260	271190.8069	8668971.447	39.1288	1.8	-0.3	1.8	2.8
	3/4"	3	271190.6260	8668971.3579	39.1260	271190.6275	8668971.359	39.1283	1.5	1.3	2.0	2.3
	3/4"	4	271190.4917	8668971.2911	39.1260	271190.493	8668971.293	39.1284	1.3	1.5	2.0	2.4
	3/4"	5	271190.4516	8668971.3716	39.1260	271190.4539	8668971.371	39.1282	2.3	-0.5	2.4	2.2
	3/4"	6	271190.4115	8668971.4522	39.1260	271190.4129	8668971.451	39.1281	1.4	-1.1	1.8	2.1
	3/4"	7	271190.5458	8668971.5190	39.1260	271190.5475	8668971.517	39.1275	1.7	-1.7	2.4	1.5
	3/4"	8	271190.7249	8668971.6081	39.1260	271190.7247	8668971.608	39.1267	-0.2	0.1	0.2	0.7
	3/4"	9	271190.8592	8668971.6749	39.1260	271190.8609	8668971.674	39.1289	1.7	-1.4	2.2	2.9
	3/4"	10	271190.8993	8668971.5943	39.1260	271190.9008	8668971.596	39.1287	1.5	1.7	2.3	2.7

ZAP	Ø	#	Coordenadas teoricas			Coordenadas campo			Desviaciones			
			Este	Norte	Cota	Este	Norte	Cota	Este	Norte	Result.	Cota
B-5	3/4"	1	271194.0570	8668965.2463	39.1260	271194.0589	8668965.247	39.1281	1.9	0.5	2.0	2.1
	3/4"	2	271193.9227	8668965.1795	39.1260	271193.9239	8668965.18	39.1273	1.2	0.2	1.2	1.3
	3/4"	3	271193.7436	8668965.0904	39.1260	271193.7447	8668965.089	39.1271	1.1	-1.5	1.9	1.1
	3/4"	4	271193.6093	8668965.0236	39.1260	271193.6112	8668965.025	39.1273	1.9	1.3	2.3	1.3
	3/4"	5	271193.5692	8668965.1042	39.1260	271193.5687	8668965.1057	39.1282	-0.5	1.5	1.6	2.2
	3/4"	6	271193.5291	8668965.1848	39.1260	271193.5305	8668965.184	39.1281	1.4	-1.0	1.7	2.1
	3/4"	7	271193.6634	8668965.2516	39.1260	271193.665	8668965.251	39.1268	1.6	-0.4	1.6	0.8
	3/4"	8	271193.8425	8668965.3407	39.1260	271193.8445	8668965.34	39.1276	2.0	-0.7	2.1	1.6
	3/4"	9	271193.9768	8668965.4075	39.1260	271193.978	8668965.408	39.1281	1.2	0.6	1.3	2.1
	3/4"	10	271194.0169	8668965.3269	39.1260	271194.0185	8668965.326	39.1273	1.6	-0.9	1.8	1.3
C-2	1- 1/4"	1	271169.5974	8668976.5061	39.1670	271169.5980	8668976.5053	39.1691	0.6	-0.8	1.0	2.1
	3/4"	2	271169.4049	8668976.4103	39.1670	271169.4050	8668976.4099	39.1686	0.1	-0.4	0.4	1.6
	3/4"	3	271169.1363	8668976.2767	39.1670	271169.1365	8668976.2755	39.1689	0.2	-1.2	1.2	1.9
	1- 1/4"	4	271168.9438	8668976.1810	39.1670	271168.9446	8668976.1809	39.1697	0.8	-0.1	0.8	2.7
	1- 1/4"	5	271168.8925	8668976.2839	39.1670	271168.8934	8668976.2843	39.1700	0.9	0.4	1.0	3.0
	1- 1/4"	6	271168.8413	8668976.3869	39.1670	271168.8417	8668976.3866	39.1697	0.4	-0.3	0.5	2.7
	3/4"	7	271169.0338	8668976.4826	39.1670	271169.0345	8668976.4825	39.1684	0.7	-0.1	0.7	1.4
	3/4"	8	271169.3024	8668976.6162	39.1670	271169.3035	8668976.6166	39.1684	1.1	0.4	1.2	1.4
	1- 1/4"	9	271169.4949	8668976.7120	39.1670	271169.4957	8668976.7112	39.1687	0.8	-0.8	1.1	1.7
	1- 1/4"	10	271169.5462	8668976.6090	39.1670	271169.5470	8668976.6091	39.1696	0.8	0.1	0.8	2.6
C-3	1- 1/4"	1	271172.7150	8668970.2387	39.1670	271172.7143	8668970.2401	39.1698	-0.7	1.4	1.6	2.8
	3/4"	2	271172.5225	8668970.1429	39.1670	271172.5236	8668970.1440	39.1693	1.1	1.1	1.6	2.3
	3/4"	3	271172.2539	8668970.0093	39.1670	271172.2552	8668970.0112	39.1692	1.3	1.9	2.3	2.2
	1- 1/4"	4	271172.0614	8668969.9135	39.1670	271172.0625	8668969.9149	39.1696	1.1	1.4	1.8	2.6
	1- 1/4"	5	271172.0102	8668970.0165	39.1670	271172.0094	8668970.0176	39.1695	-0.8	1.1	1.4	2.5
	1- 1/4"	6	271171.9589	8668970.1195	39.1670	271171.9584	8668970.1202	39.1697	-0.5	0.7	0.9	2.7
	3/4"	7	271172.1514	8668970.2152	39.1670	271172.1507	8668970.2162	39.1692	-0.7	1.0	1.2	2.2
	3/4"	8	271172.4200	8668970.3488	39.1670	271172.4189	8668970.3508	39.1697	-1.1	2.0	2.3	2.7
	1- 1/4"	9	271172.6125	8668970.4446	39.1670	271172.6113	8668970.4462	39.1691	-1.2	1.6	2.0	2.1
	1- 1/4"	10	271172.6638	8668970.3416	39.1670	271172.6618	8668970.3414	39.1697	-2.0	-0.2	2.0	2.7
C-4	1- 1/4"	1	271175.8326	8668963.9712	39.1670	271175.8340	8668963.9714	39.1697	1.4	0.2	1.4	2.7
	3/4"	2	271175.6401	8668963.8755	39.1670	271175.6410	8668963.8772	39.1691	0.9	1.7	1.9	2.1
	3/4"	3	271175.3715	8668963.7419	39.1670	271175.3734	8668963.7432	39.1685	1.9	1.3	2.3	1.5
	1- 1/4"	4	271175.1790	8668963.6461	39.1670	271175.1805	8668963.6472	39.1695	1.5	1.1	1.9	2.5
	1- 1/4"	5	271175.1278	8668963.7491	39.1670	271175.1292	8668963.7506	39.1696	1.4	1.5	2.1	2.6
	1- 1/4"	6	271175.0765	8668963.8520	39.1670	271175.0776	8668963.8521	39.1695	1.1	0.1	1.1	2.5
	3/4"	7	271175.2690	8668963.9478	39.1670	271175.2707	8668963.9491	39.1689	1.7	1.3	2.1	1.9
	3/4"	8	271175.5377	8668964.0814	39.1670	271175.5384	8668964.0834	39.1695	0.7	2.0	2.1	2.5
	1- 1/4"	9	271175.7302	8668964.1772	39.1670	271175.7307	8668964.1771	39.1693	0.5	-0.1	0.5	2.3
	1- 1/4"	10	271175.7814	8668964.0742	39.1670	271175.7828	8668964.0739	39.1697	1.4	-0.3	1.4	2.7
D-1	1- 1/4"	1	271139.6194	8668969.4123	39.1670	271139.6185	8668969.4113	39.1693	-0.9	-1.0	1.3	2.3
	3/4"	2	271139.4269	8668969.3166	39.1670	271139.4260	8668969.3173	39.1697	-0.9	0.7	1.1	2.7
	3/4"	3	271139.1583	8668969.1829	39.1670	271139.1593	8668969.1821	39.1679	1.0	-0.8	1.3	0.9
	1- 1/4"	4	271138.9658	8668969.0872	39.1670	271138.9665	8668969.0862	39.1681	0.7	-1.0	1.2	1.1
	1- 1/4"	5	271138.9146	8668969.1901	39.1670	271138.9137	8668969.1887	39.1684	-0.9	-1.4	1.7	1.4
	1- 1/4"	6	271138.8634	8668969.2931	39.1670	271138.8636	8668969.2927	39.1689	0.2	-0.4	0.4	1.9
	3/4"	7	271139.0559	8668969.3889	39.1670	271139.0564	8668969.3876	39.1686	0.5	-1.3	1.4	1.6
	3/4"	8	271139.3245	8668969.5225	39.1670	271139.3236	8668969.5209	39.1686	-0.9	-1.6	1.8	1.6
	1- 1/4"	9	271139.5170	8668969.6182	39.1670	271139.5149	8668969.6176	39.1698	-2.1	-0.6	2.2	2.8
	1- 1/4"	10	271139.5682	8668969.5153	39.1670	271139.5676	8668969.5132	39.1692	-0.6	-2.1	2.2	2.2

### Anexo 15: Datos del Registro Topográficos Pos Hormigonado

ZAP	Ø	#	Coordenadas teoricas			Coordenadas campo			Desviaciones			
			Este	Norte	Cota	Este	Norte	Cota	Este	Norte	Result.	Cota
A-2	3/4"	1	271192.7622	8668988.0569	39.126	271192.7616	8668988.0555	39.128	-0.6	-1.4	1.5	1.5
	3/4"	2	271192.6279	8668987.9901	39.126	271192.6289	8668987.9898	39.127	1.0	-0.3	1.0	1.4
	3/4"	3	271192.4489	8668987.9010	39.126	271192.4490	8668987.8992	39.127	0.1	-1.8	1.8	1.2
	3/4"	4	271192.3146	8668987.8342	39.126	271192.3135	8668987.8330	39.127	-1.1	-1.2	1.6	1.4
	3/4"	5	271192.2745	8668987.9148	39.126	271192.2733	8668987.9133	39.128	-1.2	-1.5	1.9	1.9
	3/4"	6	271192.2344	8668987.9954	39.126	271192.2335	8668987.9940	39.127	-0.9	-1.4	1.7	1.4
	3/4"	7	271192.3687	8668988.0622	39.126	271192.3692	8668988.0617	39.128	0.5	-0.5	0.7	1.9
	3/4"	8	271192.5478	8668988.1513	39.126	271192.5472	8668988.1496	39.127	-0.6	-1.7	1.8	1.4
	3/4"	9	271192.6821	8668988.2181	39.126	271192.6826	8668988.2171	39.128	0.5	-1.0	1.1	1.9
	3/4"	10	271192.7222	8668988.1375	39.126	271192.7211	8668988.1366	39.128	-1.1	-0.9	1.4	1.9
A-3	3/4"	1	271195.8799	8668981.7895	39.126	271195.8800	8668981.7884	39.128	0.1	-1.1	1.1	1.9
	3/4"	2	271195.7456	8668981.7227	39.126	271195.7448	8668981.7214	39.127	-0.8	-1.3	1.5	0.9
	3/4"	3	271195.5665	8668981.6336	39.126	271195.5660	8668981.6325	39.127	-0.5	-1.1	1.2	1.1
	3/4"	4	271195.4322	8668981.5668	39.126	271195.4327	8668981.5658	39.127	0.5	-1.0	1.1	1.3
	3/4"	5	271195.3921	8668981.6474	39.126	271195.3923	8668981.6459	39.128	0.2	-1.5	1.5	1.5
	3/4"	6	271195.3520	8668981.7280	39.126	271195.3524	8668981.7272	39.127	0.4	-0.8	0.9	1.4
	3/4"	7	271195.4863	8668981.7948	39.126	271195.4878	8668981.7944	39.127	1.5	-0.4	1.6	1.2
	3/4"	8	271195.6654	8668981.8839	39.126	271195.6655	8668981.8823	39.127	0.1	-1.6	1.6	1.4
	3/4"	9	271195.7997	8668981.9507	39.126	271195.8010	8668981.9497	39.127	1.3	-1.0	1.6	1.4
	3/4"	10	271195.8398	8668981.8701	39.126	271195.8406	8668981.8686	39.128	0.8	-1.5	1.7	1.6
B-2	3/4"	1	271184.7041	8668984.0486	39.126	271184.7050	8668984.0470	39.128	0.9	-1.6	1.8	1.7
	3/4"	2	271184.5698	8668983.9818	39.126	271184.5714	8668983.9820	39.128	1.6	0.2	1.6	2.0
	3/4"	3	271184.3908	8668983.8927	39.126	271184.3903	8668983.8928	39.129	-0.5	0.1	0.5	2.8
	3/4"	4	271184.2565	8668983.8259	39.126	271184.2575	8668983.8263	39.128	1.0	0.4	1.1	1.5
	3/4"	5	271184.2164	8668983.9065	39.126	271184.2171	8668983.9071	39.127	0.7	0.6	0.9	0.7
	3/4"	6	271184.1763	8668983.9871	39.126	271184.1772	8668983.9875	39.127	0.9	0.4	1.0	1.2
	3/4"	7	271184.3106	8668984.0539	39.126	271184.3111	8668984.0537	39.127	0.5	-0.2	0.5	1.4
	3/4"	8	271184.4897	8668984.1429	39.126	271184.4906	8668984.1433	39.128	0.9	0.4	1.0	1.9
	3/4"	9	271184.6240	8668984.2097	39.126	271184.6251	8668984.2094	39.128	1.1	-0.3	1.1	1.9
	3/4"	10	271184.6641	8668984.1292	39.126	271184.6656	8668984.1293	39.128	1.5	0.1	1.5	1.9
B-3	3/4"	1	271187.8217	8668977.7812	39.126	271187.8219	8668977.7813	39.127	0.2	0.1	0.2	1.0
	3/4"	2	271187.6874	8668977.7144	39.126	271187.6890	8668977.7148	39.128	1.6	0.4	1.6	1.5
	3/4"	3	271187.5084	8668977.6253	39.126	271187.5100	8668977.6259	39.127	1.6	0.6	1.7	1.0
	3/4"	4	271187.3741	8668977.5585	39.126	271187.3755	8668977.5588	39.127	1.4	0.3	1.4	1.0
	3/4"	5	271187.3340	8668977.6391	39.126	271187.3349	8668977.6400	39.127	0.9	0.9	1.3	0.7
	3/4"	6	271187.2939	8668977.7196	39.126	271187.2952	8668977.7205	39.127	1.3	0.9	1.6	0.7
	3/4"	7	271187.4282	8668977.7864	39.126	271187.4296	8668977.7856	39.127	1.4	-0.8	1.6	0.7
	3/4"	8	271187.6073	8668977.8755	39.126	271187.6090	8668977.8754	39.126	1.7	-0.1	1.7	0.4
	3/4"	9	271187.7416	8668977.9423	39.126	271187.7427	8668977.9435	39.127	1.1	1.2	1.6	0.9
	3/4"	10	271187.7817	8668977.8617	39.126	271187.7831	8668977.8613	39.126	1.4	-0.4	1.5	0.1
B-4	3/4"	1	271190.9394	8668971.5137	39.126	271190.9404	8668971.5150	39.127	1.0	1.3	1.6	0.7
	3/4"	2	271190.8051	8668971.4469	39.126	271190.8066	8668971.4481	39.127	1.5	1.2	1.9	0.8
	3/4"	3	271190.6260	8668971.3579	39.126	271190.6273	8668971.3592	39.126	1.3	1.3	1.8	0.4
	3/4"	4	271190.4917	8668971.2911	39.126	271190.4930	8668971.2925	39.128	1.3	1.4	1.9	1.8
	3/4"	5	271190.4516	8668971.3716	39.126	271190.4530	8668971.3726	39.127	1.4	1.0	1.7	1.1
	3/4"	6	271190.4115	8668971.4522	39.126	271190.4122	8668971.4535	39.128	0.7	1.3	1.5	1.5
	3/4"	7	271190.5458	8668971.5190	39.126	271190.5471	8668971.5196	39.127	1.3	0.6	1.4	1.3
	3/4"	8	271190.7249	8668971.6081	39.126	271190.7259	8668971.6091	39.126	1.0	1.0	1.4	0.3
	3/4"	9	271190.8592	8668971.6749	39.126	271190.8606	8668971.6762	39.128	1.4	1.3	1.9	2.0
	3/4"	10	271190.8993	8668971.5943	39.126	271190.9008	8668971.5955	39.126	1.5	1.2	1.9	0.4

FUENTE: Elaboración propia

ZAP	Ø	#	Coordenadas teoricas			Coordenadas campo			Desviaciones			
			Este	Norte	Cota	Este	Norte	Cota	Este	Norte	Result.	Cota
B-5	3/4"	1	271194.0570	8668965.2463	39.126	271194.0564	8668965.2476	39.125	-0.6	1.3	1.4	-0.8
	3/4"	2	271193.9227	8668965.1795	39.126	271193.9223	8668965.1804	39.126	-0.4	0.9	1.0	-0.1
	3/4"	3	271193.7436	8668965.0904	39.126	271193.7451	8668965.0910	39.127	1.5	0.6	1.6	0.8
	3/4"	4	271193.6093	8668965.0236	39.126	271193.6109	8668965.0245	39.128	1.6	0.9	1.8	1.9
	3/4"	5	271193.5692	8668965.1042	39.126	271193.5699	8668965.1051	39.127	0.7	0.9	1.1	1.4
	3/4"	6	271193.5291	8668965.1848	39.126	271193.5304	8668965.1850	39.128	1.3	0.2	1.3	1.7
	3/4"	7	271193.6634	8668965.2516	39.126	271193.6649	8668965.2520	39.128	1.5	0.4	1.6	1.5
	3/4"	8	271193.8425	8668965.3407	39.126	271193.8432	8668965.3406	39.126	0.7	-0.1	0.7	0.1
	3/4"	9	271193.9768	8668965.4075	39.126	271193.9777	8668965.4089	39.126	0.9	1.4	1.7	-0.5
	3/4"	10	271194.0169	8668965.3269	39.126	271194.0179	8668965.3269	39.126	1.0	0.0	1.0	0.1
C-2	1- 1/4"	1	271169.5974	8668976.5061	39.1670	271169.5973	8668976.5050	39.1690	-0.1	-1.1	1.1	2.0
	3/4"	2	271169.4049	8668976.4103	39.1670	271169.4049	8668976.4090	39.1690	0.0	-1.3	1.3	2.0
	3/4"	3	271169.1363	8668976.2767	39.1670	271169.1353	8668976.2760	39.1689	-1.0	-0.7	1.2	1.9
	1- 1/4"	4	271168.9438	8668976.1810	39.1670	271168.9430	8668976.1810	39.1688	-0.8	0.0	0.8	1.8
	1- 1/4"	5	271168.8925	8668976.2839	39.1670	271168.8924	8668976.2840	39.1690	-0.1	0.1	0.1	2.0
	1- 1/4"	6	271168.8413	8668976.3869	39.1670	271168.8403	8668976.3860	39.1689	-1.0	-0.9	1.3	1.9
	3/4"	7	271169.0338	8668976.4826	39.1670	271169.0338	8668976.4820	39.1690	0.0	-0.6	0.6	2.0
	3/4"	8	271169.3024	8668976.6162	39.1670	271169.3028	8668976.6160	39.1685	0.4	-0.2	0.4	1.5
	1- 1/4"	9	271169.4949	8668976.7120	39.1670	271169.4956	8668976.7100	39.1687	0.7	-2.0	2.1	1.7
	1- 1/4"	10	271169.5462	8668976.6090	39.1670	271169.5471	8668976.6080	39.1680	0.9	-1.0	1.3	1.0
C-3	1- 1/4"	1	271172.7150	8668970.2387	39.1670	271172.7133	8668970.2402	39.1690	-1.7	1.5	2.3	2.0
	3/4"	2	271172.5225	8668970.1429	39.1670	271172.5222	8668970.1438	39.1690	-0.3	0.9	0.9	2.0
	3/4"	3	271172.2539	8668970.0093	39.1670	271172.2530	8668970.0110	39.1689	-0.9	1.7	1.9	1.9
	1- 1/4"	4	271172.0614	8668969.9135	39.1670	271172.0612	8668969.9160	39.1688	-0.2	2.5	2.5	1.8
	1- 1/4"	5	271172.0102	8668970.0165	39.1670	271172.0119	8668970.0180	39.1690	1.7	1.5	2.3	2.0
	1- 1/4"	6	271171.9589	8668970.1195	39.1670	271171.9578	8668970.1200	39.1689	-1.1	0.5	1.2	1.9
	3/4"	7	271172.1514	8668970.2152	39.1670	271172.1499	8668970.2160	39.1690	-1.5	0.8	1.7	2.0
	3/4"	8	271172.4200	8668970.3488	39.1670	271172.4199	8668970.3510	39.1685	-0.1	2.2	2.2	1.5
	1- 1/4"	9	271172.6125	8668970.4446	39.1670	271172.6118	8668970.4456	39.1687	-0.7	1.0	1.2	1.7
	1- 1/4"	10	271172.6638	8668970.3416	39.1670	271172.6629	8668970.3410	39.1680	-0.9	-0.6	1.1	1.0
C-4	1- 1/4"	1	271175.8326	8668963.9712	39.1670	271175.8312	8668963.9720	39.1690	-1.4	0.8	1.6	2.0
	3/4"	2	271175.6401	8668963.8755	39.1670	271175.6399	8668963.8769	39.1690	-0.2	1.4	1.4	2.0
	3/4"	3	271175.3715	8668963.7419	39.1670	271175.3702	8668963.7416	39.1689	-1.3	-0.3	1.3	1.9
	1- 1/4"	4	271175.1790	8668963.6461	39.1670	271175.1781	8668963.6470	39.1688	-0.9	0.9	1.3	1.8
	1- 1/4"	5	271175.1278	8668963.7491	39.1670	271175.1279	8668963.7500	39.1690	0.1	0.9	0.9	2.0
	1- 1/4"	6	271175.0765	8668963.8520	39.1670	271175.0751	8668963.8530	39.1689	-1.4	1.0	1.7	1.9
	3/4"	7	271175.2690	8668963.9478	39.1670	271175.2688	8668963.9480	39.1690	-0.2	0.2	0.3	2.0
	3/4"	8	271175.5377	8668964.0814	39.1670	271175.5369	8668964.0820	39.1685	-0.8	0.6	1.0	1.5
	1- 1/4"	9	271175.7302	8668964.1772	39.1670	271175.7288	8668964.1770	39.1687	-1.4	-0.2	1.4	1.7
	1- 1/4"	10	271175.7814	8668964.0742	39.1670	271175.7807	8668964.0740	39.1680	-0.7	-0.2	0.7	1.0
D-1	1- 1/4"	1	271139.6194	8668969.4123	39.1670	271139.6198	8668969.4142	39.1690	0.4	1.9	1.9	2.0
	3/4"	2	271139.4269	8668969.3166	39.1670	271139.4272	8668969.3180	39.1687	0.3	1.4	1.4	1.7
	3/4"	3	271139.1583	8668969.1829	39.1670	271139.1586	8668969.1830	39.1689	0.3	0.1	0.3	1.9
	1- 1/4"	4	271138.9658	8668969.0872	39.1670	271138.9662	8668969.0880	39.1686	0.4	0.8	0.9	1.6
	1- 1/4"	5	271138.9146	8668969.1901	39.1670	271138.9130	8668969.1890	39.1690	-1.6	-1.1	1.9	2.0
	1- 1/4"	6	271138.8634	8668969.2931	39.1670	271138.8625	8668969.2920	39.1687	-0.9	-1.1	1.4	1.7
	3/4"	7	271139.0559	8668969.3889	39.1670	271139.0559	8668969.3880	39.1684	0.0	-0.9	0.9	1.4
	3/4"	8	271139.3245	8668969.5225	39.1670	271139.3240	8668969.5230	39.1690	-0.5	0.5	0.7	2.0
	1- 1/4"	9	271139.5170	8668969.6182	39.1670	271139.5161	8668969.6190	39.1687	-0.9	0.8	1.2	1.7
	1- 1/4"	10	271139.5682	8668969.5153	39.1670	271139.5684	8668969.5150	39.1690	0.2	-0.3	0.4	2.0

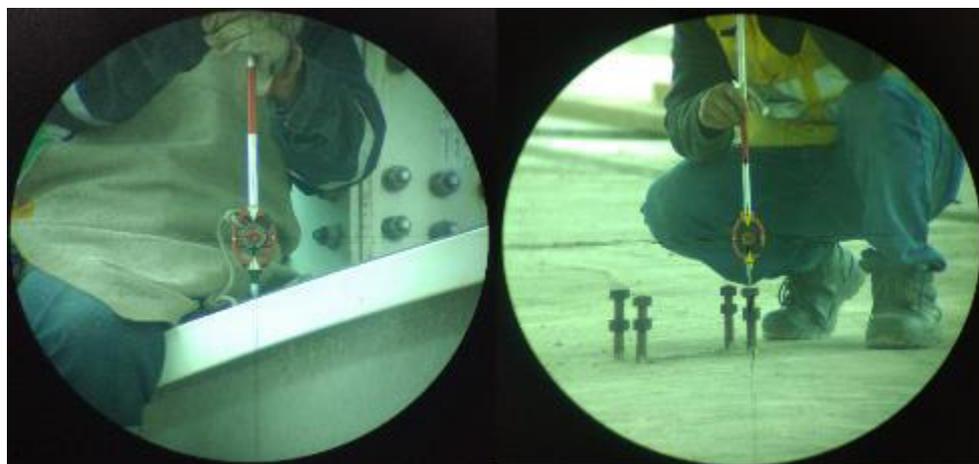
**Anexo 16:** Panel Fotográfico Construcción Planta Dovelas



**Fotografía 15:** Pedestales y montaje de Planta de Concreto del Metro de La Línea 2  
FUENTE: Propia tomada en el lugar



**Fotografía 16:** Control de Verticalidad y alineación de Estructuras prefabricadas  
FUENTE: Elaboración Propia



**Fotografía 17:** Control geométrico de Pernos de Anclajes y Carrileras  
FUENTE: Propia en obra Planta Dovelas del CCM2L



**Fotografía 18:** Estación TS 16 en punto de control  
**FUENTE:** Propia en obra Planta de Dovelas del CCM2L

## **Anexo 17: Plan de Topografía Planta de Dovelas metro de la línea 2 de Lima**

 CONSORCIO CONSTRUCTOR M2 LIMA	<b>PLAN DE TOPOGRAFIA</b>		<b>CCM2L-PL-DV-TOP-001</b>	
	<b>CONSTRUCCION PLATA DE DOVELAS</b>		HOJA	
			EMISION:	14/01/2019
			REVISION:	01



CONSORCIO  
CONSTRUCTOR  
M2  
LIMA



## PLAN DE TOPOGRAFIA

**CÓDIGO: CCM2L-PL-DV-TOP-001**

<i>CONTROL DE EMISION Y CAMBIOS</i>				
<i>Revisión</i>	<i>Fecha</i>	<i>Descripción</i>	<i>Elaborado</i>	<i>Aprobado</i>
01	14/01/19	<i>Emisión de plan de topografía para aprobación</i>	<i>Joel Carlos Espinoza Otivo.</i>	

 CONSORCIO CONSTRUCTOR M2 LIMA	<b>PLAN DE TOPOGRAFIA</b>		<b>CCM2L-PL-DV-TOP-001</b>	
	<b>CONSTRUCCION PLATA DE DOVELAS</b>		HOJA	
			EMISION:	14/01/2019
			REVISION:	01

### 1. OBJETIVO:

Definir la metodología que se utilizará en las actividades de “**Cimentaciones con anclajes de acero de la Planta de Dovelas**”. Lo cual la empresa que ejecuta es Túneles y Prefabricados Inka (TPI) y verificara Consorcio constructor M2 Lima (CCM2L) con FGA Ingenieros S. A. Para la ejecución de las actividades que incluyan las labores de Topografía.

### 2. ALCANCE:

Este procedimiento aplica a todo el personal que participe en los trabajos de Topografía en las cimentaciones de con anclajes de acero de las áreas Nave Elaboración de Acero, Nave Carrusel, Nave Montaje de Armadura, los cuales comprenden:

- Trazos de zapatas
- trazos de cimentaciones
- trazo de reservorios
- trazo de veredas
- Identificación de lineamiento del sistema de agua potable, alcantarillado, eléctrico y comunicaciones
- Ubicación de cotas para losas
- Ubicación para colocación de pernos y plancha guía
- Colocación de niveles que involucren a la realización de todos los trabajos

### 3. NORMATIVA Y CRITERIOS APLICABLES:

- Norma GE.030, “calidad de la construcción” - RNE “reglamento nacional de edificaciones”.
- Tolerancia de Caminos GH Grúas, Procedimiento de Control Topográfico FGA

	<b>PLAN DE TOPOGRAFIA CONSTRUCCION PLATA DE DOVELAS</b>		<b>CCM2L-PL-DV-TOP-001</b>	
			HOJA	
			EMISION:	14/01/2019
			REVISION:	01

Ingenieros S. A. y Procedimiento de topografía TPI.

#### 4. DEFINICIONES:

- **Topógrafo:** Profesional encargado del control topográfico de la Obra con experiencia en los manejos de estación total, que realiza el levantamiento, replanteo y puntos de control de la superficie, en las actividades de Ingeniería, sirviendo de apoyo en la supervisión de campo y control de calidad.
- **Ayudante:** Es la persona capacitada y entrenada para apoyar en los controles topográfico y en las coordinaciones con los encargados del área,

Para plasmar efectivamente los ejes de diseño y puntos de control del proyecto.

- **Estación Total:** Equipo electrónico para medición de ángulos y coordenadas con memoria de almacenaje y un firmware para con diversos programas para levantamiento topográficos y replanteos.
- **Nivel óptico:** Es un instrumento que tiene como finalidad la medición de desniveles entre puntos que se hallan a distintas alturas o el traslado de cotas de un punto conocido a otro desconocido.
- **Mira telescópica:** Es una regla graduada que permite mediante un nivel topográfico, medir desniveles, es decir, diferencias de altura.
- **Prisma:** Lente de vidrio reflector de forma circular con cobertura de plásticos, que sirve para las mediciones de distancia con las ondas de láser, emitidas desde la estación total. Este prisma esta empotrado en una tarjeta de aluminio que tiene 2 ejes verticales y horizontales, es de color vistoso (rojo, verde y blanco).

#### 5. RESPONSABLES:

##### 5.1. JEFE DE OBRA:

- Supervisar la correcta ejecución de las actividades de obra, según lo establecido en el presente procedimiento.

	<b>PLAN DE TOPOGRAFIA CONSTRUCCION PLATA DE DOVELAS</b>	<b>CCM2L-PL-DV-TOP-001</b>	
		HOJA	
		EMISION:	14/01/2019
		REVISION:	01

- Detener el procedimiento si detecta errores en su desarrollo.
- Coordinar los medios humanos y equipos puestos a su alcance, para la ejecución de los trabajos.
- Aprobación de los materiales y maquinaria a emplear.

### **5.2. INGENIERO RESIDENTE:**

- Desarrollar y mantener al día los programas de medición de avances y sus respectivos análisis.
- Seguimiento y control de PPI (Programa de puntos de inspección).
- Realizar el control de proceso cumpliéndose las especificaciones del proyecto en sus distintas etapas de construcción.
- Solicitar de manera oportuna los ensayos a ejecutar para determinar la calidad del material a usar.
- Realizar las inspecciones necesarias del trabajo.

### **5.3. INGENIERO DE CALIDAD:**

- Seguimiento y control de PPI (Programa de puntos de inspección).
- Realizar el control de proceso cumpliéndose las especificaciones del proyecto en sus distintas etapas de construcción.
- Solicitar de manera oportuna los ensayos a ejecutar para determinar la calidad del material a usar.
- Realizar las inspecciones necesarias del trabajo.

### **5.4. TOPÓGRAFO:**

- Responsable de la ejecución de los trabajos,

	<b>PLAN DE TOPOGRAFIA CONSTRUCCION PLATA DE DOVELAS</b>	<b>CCM2L-PL-DV-TOP-001</b>	
		HOJA	
		EMISION:	14/01/2019
		REVISION:	01

- Coordinación y planeamiento de la ejecución de trabajos de campo.
- Administrar la información de datos de campo.
- Verificar el correcto replanteo topográfico en campo previo a la ejecución de los trabajos de movimientos de tierras.
- Chequeo de las cotas de trabajo.
- Entrega de piquetes para el inicio de trabajos, control del mismo durante su ejecución.
- Identificar y evaluar los riesgos locativos en superficies de trabajo en mal estado, Superficies del plano de trabajo con irregularidades, entre otros.

#### **5.5. SUPERVISOR DE SSMA:**

- Asesoría integral a la línea de mando y trabajadores en general.
- Inspeccionar el área de trabajo, identificando las condiciones sub-estándares que pudieran existir a fin de proponer medios de control efectivos y/o su eliminación.
- Coordina con el Ing. Residente, Ing. de producción el desarrollo de los trabajos.
- Verificar y constatar las condiciones óptimas de herramientas e implementos de seguridad
- Revisar el correcto llenado del AST como paso previo a la ejecución de las labores.
- Instruir a todo el personal de los peligros y riesgos relacionados e identificados antes de la ejecución de las actividades.
- Verificar y constatar permanentemente el orden y limpieza al inicio, durante y final de la jornada.

#### **5.6. SUPERVISOR TECNICO**

- Chequeo de las cotas de trabajo. Entrega de piquetes para el inicio de trabajos, control

	<b>PLAN DE TOPOGRAFIA CONSTRUCCION PLATA DE DOVELAS</b>	<b>CCM2L-PL-DV-TOP-001</b>	
		HOJA	
		EMISION:	14/01/2019
		REVISION:	01

del mismo durante su ejecución.

- Identificar y evaluar los riesgos locativos (rupturas de líneas de agua, desagüe, tuberías con cables eléctricos energizados, des energizado o cable de comunicaciones, en superficies de trabajo en mal estado.

#### **5.7. TRABAJADORES:**

- Cumplir con todas las instrucciones operativas y de seguridad impartidas por el personal de línea mando y SSMA asignado por la empresa.
- Comunicar inmediatamente las condiciones y estado de los equipos, herramientas, procesos y/o acto sub estándar que haya observado en el desarrollo del trabajo (Antes, durante y termino del trabajo).
- Participar en el llenado del AST.
- Utilizar permanentemente los equipos de protección personal asignados por la empresa.
- Respetar y mantener en buen estado las señalizaciones de seguridad, barreras de protección colectivas, equipos de seguridad y emergencia.
- Cumplir con lo indicado en el presente procedimiento, siempre y cuando hayan sido capacitados para realizar la actividad.

### **6. ESPECIACIONES Y TOLERANCIA**

#### **6.1. ESPECIFICACIONES DE EQUIPOS**

- Estación total con certificado de calibración vigente y como máximo de 3 segundos
- Nivel Automático certificado de calibración vigente
- Accesorios y herramientas en buen estado

#### **6.2. TOLERANCIAS**

 <b>CONSORCIO CONSTRUCTOR M2 LIMA</b>	<b>PLAN DE TOPOGRAFIA CONSTRUCCION PLATA DE DOVELAS</b>	<b>CCM2L-PL-DV-TOP-001</b>	
		HOJA	
		EMISION:	14/01/2019
		REVISION:	01

<b>Movimiento De Tierra</b>		
<b>Actividad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Tolerancia</b>
Puntos de Control	Trilateracion Distancias	± 1 mm
<b>Movimiento De Tierra</b>		
<b>Actividad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Tolerancia</b>
a) Excavaciones Para Cimentacion	Estacion Inversa o Estacion de Apoyo	± 15 mm
	Replanteo de coordenadas	± 30 mm
	Niveles de Funcacion Para solado	± 4 mm
b) Rellenos Compactados Estructurales	Nivel superior de relleno compactado	± 20 mm
	Nivel superior de rellenos sin compactar	± 10 mm
	Base Granular chancada	+ 10 y - 15 mm
<b>Concreto</b>		
<b>Actividad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Tolerancia</b>
a) Variación en verticalidad	Estacion Inversa o Estacion de Apoyo	1.2 mm
	En 1 mts de altura	4 mm
	En 2 mts de altura	6 mm
c) Tope de concreto	Por cada módulo o cada 6 mts	10 mm
d) pernos de anclaje	Estacion Inversa o Estacion de Apoyo	1.2 mm
	Desviacions Horizontales	2.0 mm
	Desviacion en Nivel	1.6 mm
	Plomo	L/500 (Max. 2.5 mm)

## 7. PROCESO

### 7.1. BASES TOPOGRÁFICAS

El topógrafo Juan Carlos Sanchez de Consorcio Constructor M2 Lima encargado de la línea de la red secundaria de todo el tramo del recorrido del túnel entregara las coordenadas con un levantamiento estático con GPS Leica GS 14 a los puntos DV-1 y DV-2 en coordenadas UTM WGS 84 con su factor combinado 1.00023836, el cual para la construcción Planta de dovelas se utilizara el factor combinado 1.0000 o conocidas como topográficas o locales por tratarse de una infraestructura puntual y que se evita el error de por cada 10 metros un adicional de 2 mm, como base de punto se toma el DV-1

	<b>PLAN DE TOPOGRAFIA CONSTRUCCION PLATA DE DOVELAS</b>	<b>CCM2L-PL-DV-TOP-001</b>	
		HOJA	
		EMISION:	14/01/2019
		REVISION:	01

y orientación al DV-2 para asignar el nuevo valor de coordenada topográfica a DV-2 y de esa manera obtener nuestra línea base.

## **7.2. INSTALACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL**

Previo a la instalación de los puntos de control se deberán verificar los equipos en campo como indica sus respectivos manuales, El método a emplear para asignar valores de coordenadas a nuevos puntos de control la trilateración el método es tomar distancias a un punto a partir de dos puntos de una línea base para hallar su posición del punto de control ya sea gráficamente en el AutoCAD, por cálculos trigonométricos o por el mismo firmware de la estación (COGO Intersección de DISTANCIAS)

## **7.3. COMPROBACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL**

Para comprobar será por parte de las áreas de topografía del contratista y los sub contratistas en campo con la estación total y los métodos de estaciones conocidas y de replanteo a los mismos puntos de control para verificar su desviación, también con estaciones inversas con dos puntos conocidos, tres puntos conocidos y cuatro puntos conocidos, para ver que el firmware de la estación cierre correctamente dentro de las tolerancias establecidas en este plan, finalmente todas las áreas de topografía para poder realizar los trazos y replanteos deberán quedar en conformidad.

## **7.4. REPLANTEO**

Para el replanteo se debe procesar los datos de coordenadas y líneas en el Autocad para poder cargarlos en la memoria de la estación total del contratista y sub contratista para manejar una sola data de replanteo y con el firmware de la estación total se utilizarán las estaciones conocidas o inversas para acercarse al objetivo que son los pernos de anclajes se utilizará el programa replanteo de punto o línea de referencia el que más se acomode el topógrafo para los trazos de excavaciones, solados, encofrado y los más importantes los pernos de anclajes.

## **7.5. EJECUCIÓN:**

	<b>PLAN DE TOPOGRAFIA CONSTRUCCION PLATA DE DOVELAS</b>	<b>CCM2L-PL-DV-TOP-001</b>	
		HOJA	
		EMISION:	14/01/2019
		REVISION:	01

### 7.5.1. Topógrafo sub contratista Túneles y Prefabricados InKa

- ❖ Realizará los trazos de acuerdo a las medidas y profundidades indicados en los planos, identificando el área por medio de estacas y/o yeso, para los trazos se utilizará el equipo de estación total.
- ❖ Se verificará la excavación que cumplan con las dimensiones y la profundidad, para dar conformidad se llenara el protocolo de excavación (PTC-CA-0049), para luego proceder a colocar los niveles para el solado.
- ❖ Se procede la instalación de la estación total para realizar el trazo para el encofrado, utilizando tira línea.
- ❖ Se verificará el alineamiento y verticalidad del encofrado, para dar conformidad se llenara el protocolo de encofrado (PTC-CA-0003).
- ❖ Se realizará el replanteo de pernos de acuerdo a las medidas y proyecciones indicados en el plano, luego se informar al CCM2L para que verifique y nos pueda dar la conformidad.
- ❖ Nota: Cualquier trabajo de topografía se paralizará de existir incumplimientos de norma, especificaciones técnicas y/o planos.

### 7.5.2. Topógrafo Contratista Consorcio constructor M2 Lima

- ❖ Entregar los puntos de control para la ejecución de la obra a las áreas de topografía de los sub contratistas
- ❖ Verificar los trazos y replanteos del topógrafo del sub contratista, de estar cerca de la tolerancia ajustar los puntos hasta estar dentro de las tolerancias, si no se puede ajustar comunicar al Ingeniero control de Calidad para que toma las medidas correspondientes (documento de No conformidad)
- ❖ Verificar las posiciones de los pernos de anclajes de estar cerca de la tolerancia ajustar las posiciones hasta estar dentro de las tolerancias, si no se puede ajustar

	<b>PLAN DE TOPOGRAFIA CONSTRUCCION PLATA DE DOVELAS</b>	<b>CCM2L-PL-DV-TOP-001</b>	
		HOJA	
		EMISION:	14/01/2019
		REVISION:	01

comunicar al Ingeniero control de Calidad para que toma las medidas correspondientes (documento de No conformidad)

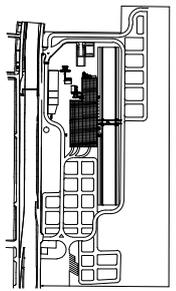
## **7.6. CONTROL TOPOGRAFICO O GEOMÉTRICO**

- Trazos, y niveles para excavaciones de cimentaciones
- Trazos y niveles para vaciado de solados
- Trazos para el encofrado de Cimentaciones
- Verificación de Alineamiento y verticalidad de Encofrados
- Niveles para vaciado de cimentaciones
- Trazos en el encofrado para colocación de plancha guía de pernos de acero
- Ubicación de pernos de anclajes
- Verificación de niveles de pernos de anclajes
- Verificación y ajuste con método de Replanteo de coordenadas con la estación total de Pernos de anclajes en el pre vaciado de concreto
- Levantamiento topográfico de pernos en pre instalado antes de vaciado de concreto para generación de protocolo en conjunto con FGA

## **Anexo 18: Planos Aprobados**

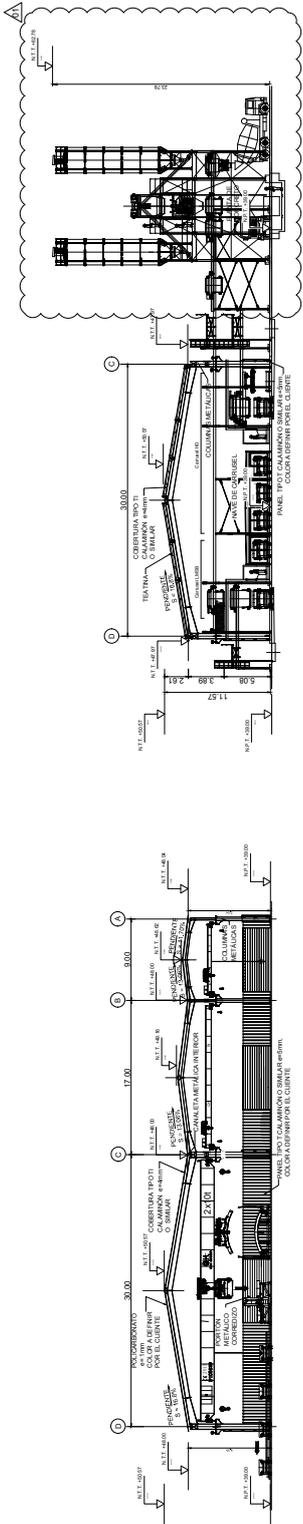






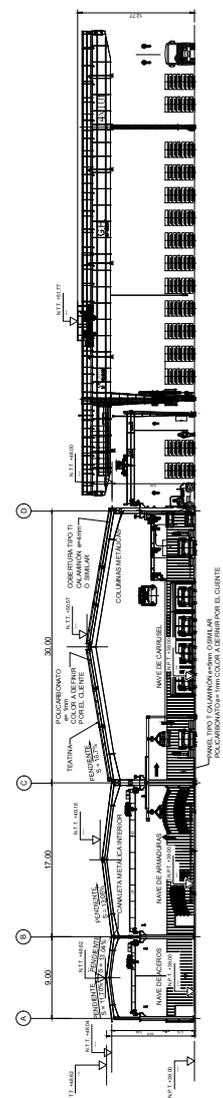
PLANO LLAVE

NOTAS:  
 1. LAS MEDIDAS ESTAN INDICADAS EN METROS.  
 2. LA COTA RELATIVA ES DEL CORRESPONDIENTE A LA COTA ABSOLUTA + 59.00.

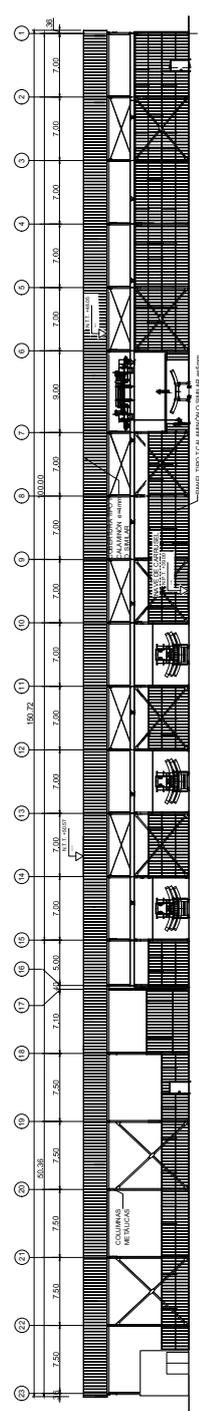


SECCIÓN 1  
 ESCALA 1:200 M.E. 1:200  
 CONSULTOR: AGENCIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

SECCIÓN 2  
 ESCALA 1:200 M.E. 1:200  
 CONSULTOR: AGENCIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



SECCIÓN 3  
 ESCALA 1:200 M.E. 1:200  
 CONSULTOR: AGENCIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

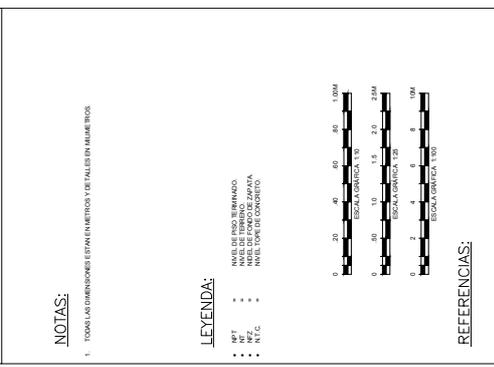
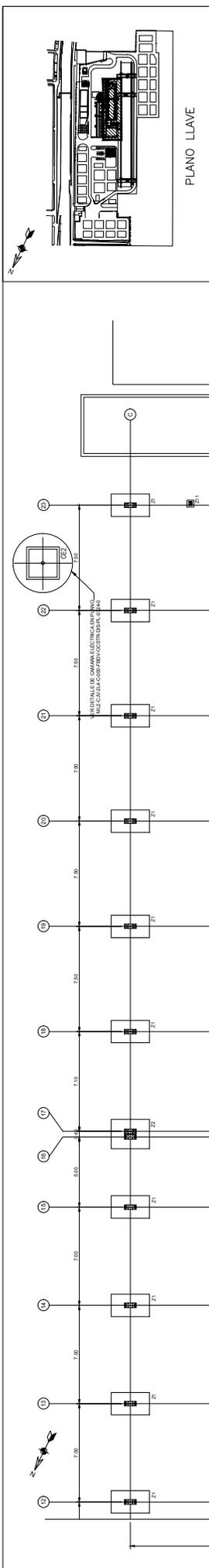


SECCIÓN 4  
 ESCALA 1:200 M.E. 1:200  
 CONSULTOR: AGENCIA DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

 <b>Ministerio de Transportes y Comunicaciones</b>				DISEÑO: ALEJANDRO SANTA CRUZ INGENIERO	REVISIONES N° FECHA DESCRIPCIÓN 0 01 SEP 2016 ENTIDAD PARA CONSTRUCCIÓN 1 01 FEB 2017 ENTIDAD PARA CONSTRUCCIÓN	PROYECTO: INGENIERIA DE DETALLE DE LA FABRICA DE DOVELAS PLANTA DE PROCESOS	FECHA: 01 FEBRERO 2019 PLAN: INGENIERIA DE DETALLE DE LA FABRICA DE DOVELAS
				DISEÑO: IVONNE SAUVEDRA INGENIERO	DISEÑO: MOJIB SANTIVANEZ INGENIERO	DISEÑO: JESUS BOLAÑO INGENIERO	PROYECTO: INGENIERIA DE DETALLE DE LA FABRICA DE DOVELAS PLANTA DE PROCESOS





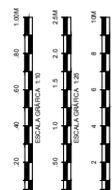


**NOTAS:**

- 1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS Y SE TALLAN EN MILIMETROS

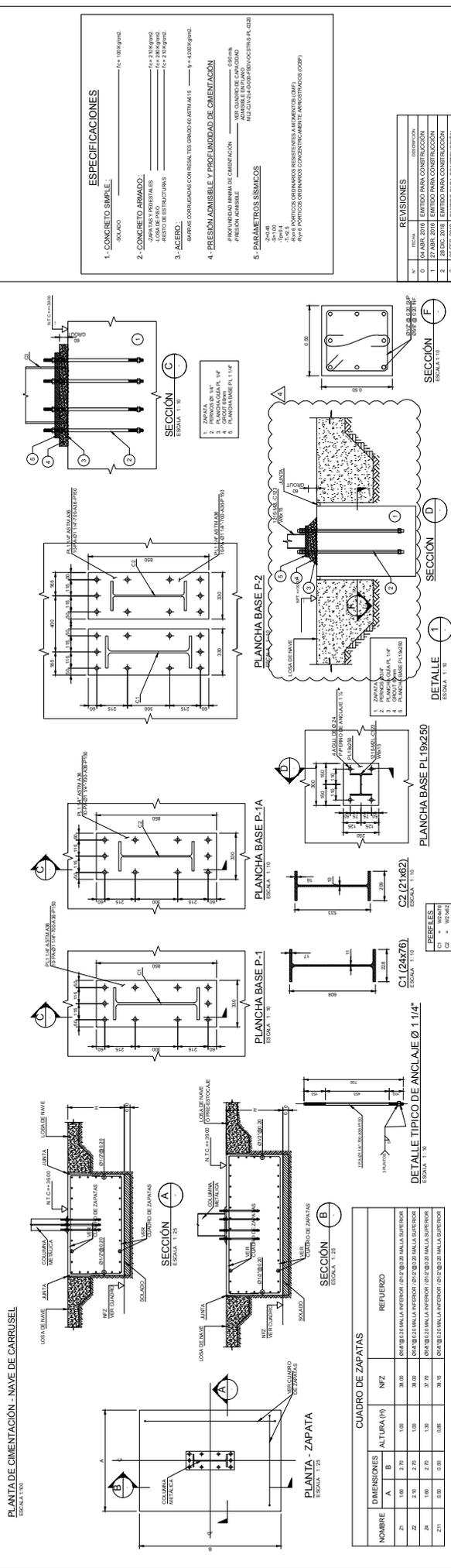
**LEYENDA:**

- NF: NIVEL DEL PISO FINISADO
- NF': NIVEL DE TORNADO
- NF'': NIVEL DE TORNADO
- N.F.C.: NIVEL TOP DE CONCRETO



**REFERENCIAS:**

- PLANO PRL-GA-001



DIMENSIONES		CUADRO DE ZAFATAS	REFUERZO	
NOMBRE	A B	ALTURA (H)	NFZ	
Z1	1.00	2.70	1.00	20
Z2	2.10	2.70	1.00	20
Z3	2.10	2.70	1.00	20
Z4	1.00	2.70	1.00	20
Z11	0.00	0.00	0.00	30
Z12	0.00	0.00	0.00	30

**ESTRUCTURAS NAVE CARRUSEL CIMENTACION 2 DE 2**

**REVISIONES**

N°	FECHA	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	REVISADO
0	04 ABR. 2018	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	
1	27 ABR. 2018	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	
2	28 DIC. 2018	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	
3	02 FEB. 2019	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	

**PERFILES:**  
C1 (24x76) ESCALA 1:10  
C2 (21x62) ESCALA 1:10  
C3 (19x50) ESCALA 1:10

**INGENIERIA DE DETALLE DE LA FABRICA DE DOVELAS**

**REVISIONES**

N°	FECHA	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	REVISADO
4	FEB. 2018	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	
5	MAR. 2018	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	

**PROYECTO:** PERU - MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES

**CONSTRUCTOR:** CONSTRUCTORA M2 LIMA

**PROYECTISTA:** JESUS BOLAÑO

**REVISADO:** VERONICA VENTURA, PATRICIA SANTILLAN

**FECHA:** 08 MARZO 2019

**INDICADA:** M2C-CV1-21-L-D-000-FBDV-OCSTR-S-PL-0303

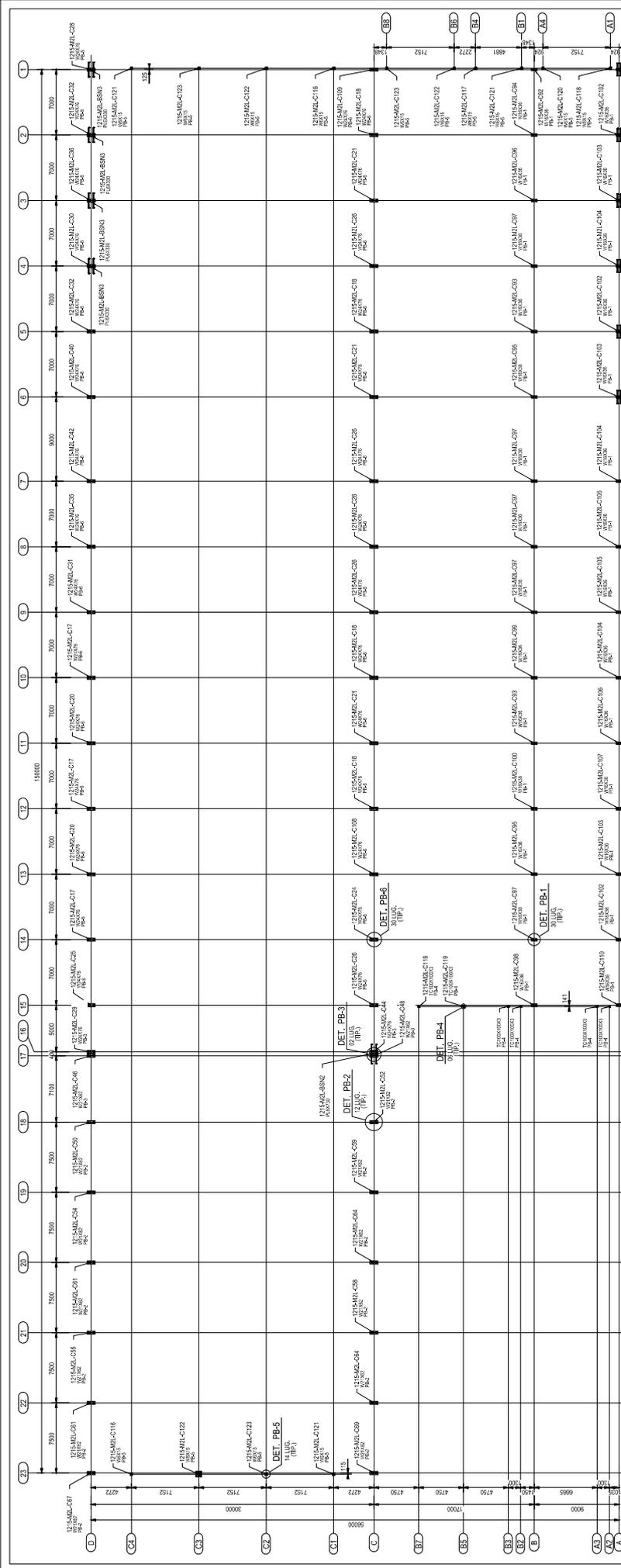
**PERU** Ministerio de Transportes y Comunicaciones

**OSITRAN**

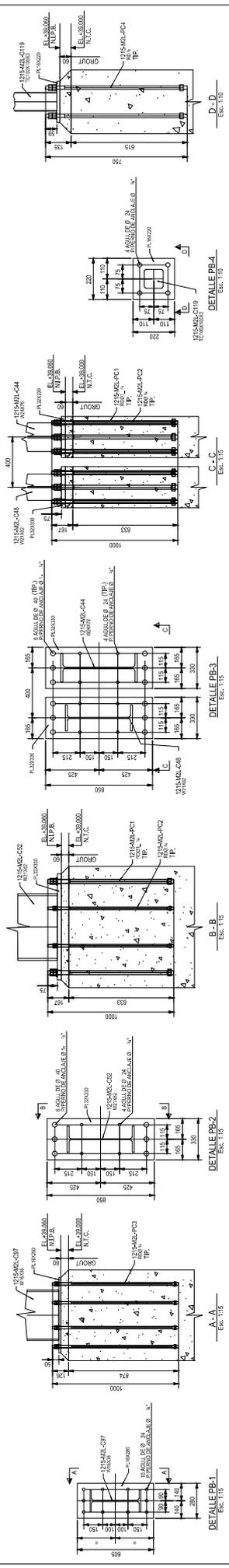
**CONSTRUCTORA M2 LIMA**

**CONSTRUCION**





PLANTA DE PLACAS BASES  
Escala: 1:300



**NOTA:**  
1- VER LISTA DE ELEMENTOS EN DOCUMENTO 1215-MBL-C04  
2- VER LISTA DE PRENSAS EN DOCUMENTO 1215-MBL-C02  
3- VER LISTA DE ELEMENTOS ANCLAJES EN EL DOCUMENTO 1215-MBL-C03

**LIMA METRO**  
PLANOS DE MONTAJE

PROYECTO	LIMA METRO	FECHA EMB.	03/08/09	NO.	REV.
AREA	NAVES PLANTA DE DOVELAS	ESCALA	1:110	FECHA	A1
SUB AREA		DETALLADOR	FGA	PROYECTISTA	
DESCRIPCION	PLANTA DE PLACAS BASE	PROYECTISTA		PROYECTISTA	
REFERENCIA		PROYECTISTA		PROYECTISTA	
N° PLANO	1215-MBL-C01	PROYECTISTA		PROYECTISTA	

**NOTAS GENERALES**

1	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
2	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
3	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
4	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
5	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
6	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
7	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
8	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
9	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
10	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
11	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
12	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
13	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
14	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
15	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
16	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
17	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
18	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
19	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
20	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
21	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
22	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA
23	REVISAR PLANOS DE MONTAJE	PROYECTISTA

## **Anexo 19: Plan General De Topografía Consorcio Constructor M2 Lima**



CONSORCIO  
CONSTRUCTOR  
M2  
LIMA

## PLAN GENERAL DE TOPOGRAFÍA

Edición: **00**

Fecha : **16-05-2016**

Aprobado por:

Ramón Fernández-Reyes Luis

---

**Línea 2 y Ramal Av. Faucett - Av. Gambetta De La Red Básica Del  
Metro De Lima y Callao**

---



**CONTROL DE EMISIÓN**

Edic. Nº	Fecha	Descripción	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
0	16/05/2016	Inicial	Javier Martín Jefe Dpto. Topografía	Óscar Pérez Hernández Gerente de Calidad y Medioambiente	Ramón Fernández- Reyes Luis Director de Obra
Firmas de la revisión vigente					



## Índice de Contenido

1.	OBJETO .....	4
2.	ALCANCE .....	4
3.	RESPONSABILIDADES .....	4
4.	PROCESO .....	6
<b>4.1</b>	<b>Medios a Emplear</b> .....	6
4.1.1	Personal .....	6
4.1.2	Materiales .....	7
<b>4.2</b>	<b>Unidades y Convenios</b> .....	8
4.2.1	Unidades .....	8
4.2.2	Convenios .....	8
4.2.3	Controles .....	8
<b>4.3</b>	<b>Comprobación de bases</b> .....	8
<b>4.4</b>	<b>Replanteo Inicial</b> .....	9
<b>4.5</b>	<b>Toma de datos del terreno inicial</b> .....	9
<b>4.6</b>	<b>Establecimiento de nuevas bases</b> .....	10
<b>4.7</b>	<b>Replanteos</b> .....	10
<b>4.8</b>	<b>Control geométrico</b> .....	11
<b>4.9</b>	<b>Verificación de equipos</b> .....	11
<b>4.10</b>	<b>Programación de replanteos</b> .....	11
<b>4.11</b>	<b>Control de documentación</b> .....	12
<b>4.12</b>	<b>Otros</b> .....	12
ANEJO 1	.....	13
ANEJO 2	.....	15

## 1. OBJETO

El objeto de este documento es aportar directrices para la elaboración de un Plan de Topografía referenciado en el Procedimiento General de Control de Documentación PG-CML-305,.

Los contenidos aquí incluidos son orientativos, debiendo realizar cada obra un Plan específico de Topografía adaptado a las circunstancias de la misma.

## 2. ALCANCE

Es aplicable a todas las obras de CCM2LC. En particular, de acuerdo con el PG-CML-305, aplicará a aquellas obras en las que exista la necesidad de efectuar un control y seguimiento de los trabajos de topografía.

## 3. RESPONSABILIDADES

De acuerdo con los procedimientos generales de la empresa, las responsabilidades de realización y aplicación del Plan de Topografía recaen en los máximos responsables de la obra (y Director de Construcción y Director de Obra).

Las responsabilidades del Plan de Topografía se incluyen a continuación

### **DIRECTOR DE CONSTRUCCIÓN:**

- Realizar las gestiones para disponer los medios necesarios para acometer los trabajos de acuerdo con la secuencia prevista en la planificación técnica.
- Verificar que se aplica el Plan de Calidad.
- Verificar que se aplican las disposiciones sobre Seguridad y Salud.
- Aprobar la resolución de las No Conformidades o proponer a la Dirección de Obra soluciones para las mismas (según proceda), ordenar su resolución y aprobar su cierre.

### **JEFE DE DEPARTAMENTO TÉCNICO:**

- Gestionar la elaboración de la documentación técnica.
- Gestionar la obtención de la documentación adicional que se precise de servicios técnicos, Asistencia Técnica o Dirección de Obra.

### **JEFE DEL DEPARTAMENTO DE TOPOGRAFÍA:**

- Verificar la elaboración de la documentación técnica relativa a los trabajos de topografía.
- Coordinar las necesidades de trabajos topográficos demandados por los jefes de topografía de las obras.



- Determinar los equipos necesarios para el desarrollo de los trabajos de topografía que demanden las diferentes obras.
- Coordinar con los Jefes de Topografía de las diferentes obras las necesidades tanto materiales como de personal.
- Verificar que se aplica el Procedimiento de Control de la Documentación para asegurar que los listados de replanteo se encuentran debidamente actualizados y controlados.
- Gestionar la realización en tiempo y forma de las mediciones de la obra.
- .Controlar el cumplimiento del Plan de Aseguramiento de la Calidad en las tareas topográficas.
- Verificar que los aparatos topográficos se encuentran debidamente calibrados y son chequeados con la periodicidad establecida en el programa de control de los equipos topográficos.
- Redactar y tramitar los Informes de No Conformidades que procedan y llevar a efecto las medidas que se adopten para su resolución.

#### **JEFES DE TOPOGRAFÍA DE OBRA:**

- Elaborar el plan de topografía de su obra.
- Gestionar la elaboración de la documentación técnica relativa a los trabajos de topografía.
- Coordinar las necesidades de trabajos topográficos demandados por los responsables de producción, mediciones y control geométrico.
- Determinar los equipos necesarios, materiales y de personal, para el desarrollo de los trabajos de topografía que demanden las diferentes obras y gestionar su solicitud ante el Jefe del Departamento de Topografía
- Verificar que se aplica el Procedimiento de Control de la Documentación para asegurar que los listados de replanteo se encuentran debidamente actualizados y controlados.
- Gestionar la realización en tiempo y forma de las mediciones de la obra.
- Controlar el cumplimiento del Plan de Aseguramiento de la Calidad en las tareas topográficas.
- Verificar que los aparatos topográficos se encuentran debidamente calibrados y son chequeados con la periodicidad establecida en el programa de control de los equipos topográficos.
- Redactar y tramitar los Informes de No Conformidades que procedan y llevar a efecto las medidas que se adopten para su resolución.

### **JEFES DE OBRA:**

- Incluir en los Programas de Puntos de Inspección las comprobaciones topográficas necesarias.
- Evaluar y someter a la consideración del Director de construcción los efectos de la No Conformidades que se produzcan como consecuencia de trabajos topográficos no conformes, proponiendo soluciones.

### **JEFES DE PRODUCCIÓN:**

- Prever, con la suficiente antelación, las necesidades topográficas en los tajos bajo su responsabilidad e involucrar al personal a su cargo en correcto desarrollo de los trabajos de producción garantizando el mantenimiento de las señales o marcas topográficas necesarias para el desarrollo de los trabajos estos y la utilización de planos o croquis donde se reflejen los elementos constructivos a ejecutar.

### **TOPÓGRAFOS:**

- Utilizar siempre listados debidamente actualizados y controlados.
- Controlar que los aparatos bajo su responsabilidad se encuentran debidamente calibrados y proceder a su comprobación con la periodicidad establecida.
- Aplicar el Plan de Calidad en su trabajo, realizando las comprobaciones necesarias.
- Adoptar las medidas de Seguridad y Salud que les sean propias.
- Comunicar las incidencias o desviaciones que pudieran dar lugar a No Conformidades.

### **ENCARGADOS Y CAPATACES:**

- Realización de replanteos y comprobaciones básicas a partir de las referencias o indicaciones del equipo de topografía donde solo sea necesario el uso de metros de mano, niveles de burbuja, etc.
- Utilización e interpretación de planos o croquis distribuidos por la oficina técnica de obra

## **4. PROCESO**

### **4.1 Medios a Emplear**

#### **4.1.1 Personal**

Todos los responsables de trabajos topográficos deberán poseer la cualificación adecuada para las labores que deben realizar.

#### 4.1.2 Materiales

Para el desarrollo de los trabajos se cuenta con el siguiente equipo:

Nombre del Equipo	Modelo	Serie
Estación Total	MS50	369504
Estación Total	TS15A	1669355
Estación Total	TS15A	1669263
Estación Total	TS15A	1669354
Estación Total	TS15P	1669078
Estación Total	TS15P	1669117
GNSS	GS14	2872615
GNSS	GS14	2872262
Nivel digital	DNA-03	348333
Nivel láser	RUGBY 620	15236203218
Estación Total	TS15A	1669143
Estación Total	TS15A	1669636
Estación Total	TS15A	1669882
Estación Total	TS15A	1669892
Nivel digital	DNA-03	348464
GNSS	GS14	2872627
GNSS	GS14	2872609

Este listado es el inicial, los equipos aumentarán según necesidades.

- Estaciones totales de tipo MS 50, de 1<sup>cc</sup> segundos de precisión o similares, para trabajos de precisión, con sistemas de almacenamiento de datos ( Poligonales principales en túneles, enlaces entre estaciones y pozos ,etc.).
- Estaciones totales de tipo TS 15, de 1<sup>cc</sup> o 3<sup>cc</sup> segundos de precisión, para medida de perfiles y otros trabajos en túneles, obra civil, levantamientos topográficos, etc.
- Equipos de GPS para implantación de redes Geodésicas, base de replanteo, levantamientos topográficos, etc.
- Niveles digitales u ópticos para trabajos de líneas de nivelación y transmisión de desniveles geométricos de precisión como montajes de vía etc.

Los programas informáticos de obtención y cálculo de datos utilizados son:

- Ispol

- MDT
- Autocad
- Civil3D
- TCP Tunel
- Clip
- Leica GeoOffice.

## 4.2 Unidades y Convenios

### 4.2.1 Unidades

Para distancias, cotas y coordenadas en general se utiliza el metro como unidad de medida. Los ángulos son centesimales, con progresión azimutal en sentido horario.

### 4.2.2 Convenios

El elemento más comúnmente utilizado en los replanteos son las estacas si bien pueden utilizarse otros medios alternativos acordes con el tipo de obra.

Habitualmente se indican en la estaca o elemento de referencia, los datos o información necesaria para ejecutar la unidad de obra correspondiente, por ejemplo distancias, desniveles, cotas, pendientes, puntos kilométricos, etc. Las cotas se escribirán con su signo, (-) para desmontes y excavaciones y (+) para terraplenes y rellenos.

De forma análoga, en caso de indicarse distancias horizontales, en la propia estaca se suele poner una flecha indicando el sentido de dicha distancia.

Igualmente debe procederse si se utilizan otros medios de replanteo (clavos, trozos de ferralla, angulares, etc.).

### 4.2.3 Controles

Es habitual establecer un código de colores para las cabezas de las estacas de replanteo, de modo que dicho color sea representativo de los elementos replanteados. Al menos para las principales unidades (eje, desmontes, terraplenes, expropiaciones, etc.) establecer una serie de colores básicos que permitan diferenciar cada replanteo. Dichos colores se materializan mediante pintura o encintados.

## 4.3 Comprobación de bases

Antes del comienzo de los trabajos topográficos propios de las unidades de obra debe realizarse la comprobación de las bases de replanteo del proyecto. En los trabajos en túnel se realizará una poligonal mediante un itinerario cerrado, utilizando el equipo disponible de mayor precisión por topografía clásica. La tolerancia de cierre se establecerá en función del método e instrumento empleado siendo habitual una elipse de error en los cálculos de  $\pm 1$  cm en xyz. En los trabajos en exterior es frecuente la implantación de poligonales mediante

equipos y metodología GPS así como su comprobación, lo cual es además imprescindible si está prevista la utilización de este tipo de equipos para los distintos trabajos de replanteo a llevar a cabo en la obra. La tolerancia fijada es la misma que en el caso anterior. El empleo de métodos clásicos para las poligonales se hará en función de las condiciones de obra.

En caso de que se encuentren errores importantes en alguna de las bases, debe realizarse una segunda comprobación, corrigiendo en lo posible los errores detectados. Se debe transmitir el hecho a la Dirección de Obra y ajustar las nuevas coordenadas de las bases erróneas de forma consensuada.

Los datos de dichas bases deben ser archivados y debidamente controlados de acuerdo con el PG-CML-305.

#### **4.4 Replanteo Inicial**

Antes de comenzar los trabajos en la obra se debe efectuar, en las zonas que sean accesibles, un replanteo previo del proyecto, el cual servirá como primera comprobación del encaje del mismo. El replanteo previo incluirá al menos el de los ejes principales de la obra o elementos geométricos significativos de esta, pudiéndose también replantear los ejes auxiliares de referencia cuya utilización se prevea vaya a ser necesaria, así como los límites de la superficie de ocupación y expropiación, que servirá para delimitar la zona de trabajo

El replanteo inicial se materializará mediante estaquillado u otro tipo de señalización admisible con el terreno o firme existente.

#### **4.5 Toma de datos del terreno inicial**

Previo al comienzo de los trabajos se realizará un levantamiento del área abarcada por el proyecto a una escala acorde al nivel de detalle necesario. Este levantamiento servirá de comprobación y densificación de la información de la cartografía de base sobre la que se ha encajado dicho proyecto.

En el caso de movimientos de tierras, un levantamiento preciso del terreno inicial servirá entre otras cosas como origen para las mediciones periódicas necesarias para la cubicación siendo la referencia necesaria para las posteriores certificaciones de obra.

Se deberán tomar también los datos suficientes para analizar las conexiones con los elementos exteriores a la obra, por ejemplo viales existentes, servicios, aceras, bordillos, etc.

El levantamiento topográfico deberá de ser lo suficientemente amplio y a la escala conveniente para que el modelo de terreno resultante pueda ser utilizado para el estudio de posibles variantes sin la necesidad de volver a tomar datos al terreno en cada ocasión.

A partir del modelo digital del terreno se podrán efectuar los cortes transversales necesarios para la elaboración de los perfiles transversales de la obra, etc.

#### 4.6 Establecimiento de nuevas bases

Las nuevas bases auxiliares de replanteo deben de implantarse a partir de las bases de proyecto comprobadas inicialmente. La materialización de éstas puede ser variable según las necesidades y medios de cada obra (hitos, fenos, mojones de hormigón, placas de acero, etc.). Es conveniente indicar el tipo de elemento que se debe utilizar en cada caso.

Las coordenadas de estas bases deben comprobarse en el momento de su colocación observando su coherencia con otras bases exteriores de la red principal que sirvió de partida o bien tomando datos de elementos de obra ya replanteados y verificados con anterioridad. Debe asegurarse que se encuentran dentro de una tolerancia acorde con la metodología empleada en su cálculo y elemento a replantear. De forma orientativa deberían estar en torno a 1 cm. en planta y en cota, aunque en determinados casos estas exigencias pueden variar considerablemente.

Los datos de dichas bases deben ser archivados y debidamente controlados de acuerdo con el PG-CML-305.

#### 4.7 Replanteos

En este apartado deben indicarse con detalle las pautas que se seguirán en la obra para la realización de replanteos y su seguimiento o comprobación posterior (Flujograma Anejo1).

De forma orientativa, los apartados a desarrollar pueden ser:

- Métodos de replanteo: Según el elemento a replantear y las aplicaciones disponibles en estaciones totales . GPS y niveles del Proyecto.
- Elaboración y registro de datos: La base de datos de replanteo son los EDIs aprobados. Los Jefes de Topografía son los responsables de extraer la información necesaria, intentando en la medida de lo posible, realizar el menor número de pasos en su proceso y manipulación. El dato de replanteo será introducido en las estaciones totales, GPS, etc, siempre que sea posible directamente por el Jefe de Topografía. En caso de envío de datos por red, será el Topógrafo el que realizara esta función de introducción de los datos.
- Marcado en campo: En coordinación con el equipo de producción se consensuara al comienzo de los trabajos un criterio para las marcaciones topográficas.
- Comprobación del replanteo: Se realizara en función de lo indicado en los registros de liberaciones Topográficas. Estos registros deben ser archivados en físico o soporte informático dependiendo de su naturaleza por parte del Topógrafo quedando almacenados principalmente estos últimos en el servidor de la obra para cualquier posterior comprobación o aclaración. Todos los ficheros de trabajo con los datos de replanteo quedaran debidamente registrados en los impresos generados para tal fin.
- Seguimiento y verificación de la correcta ejecución del replanteo en base a las referencias topográficas. Se consensuara con el equipo de Producción y Calidad



la sistemática de la comprobación de los replanteos y el responsable de la comprobación (replanteos que para comprobar una vez marcados no es necesaria la presencia del topógrafo).

- Decisiones a adoptar en caso de posibles errores de replanteo o de su ejecución: Se abrirán las debidas No conformidades o Acciones correctoras si el error es sistemático.

Todos estos apartados se consensuaran al comienzo de los trabajos entre el equipo de Producción , Calidad y Topografía.

#### **4.8 Control geométrico**

El control geométrico debe estar definido en los Programas de Puntos de Inspección de las distintas actividades de obra. Como en el caso anterior, previo al comienzo de las actividades, se consensuara con el equipo de producción estos puntos de inspección.

En el caso de trabajos subcontratados, las distintas empresas aportaran, previo al comienzo de los trabajos, un plan general de Topografía donde quedaran reflejados estos Programas de Puntos de Inspección acordes con el plan de Calidad de la empresa que ejecuta el proyecto. Este plan será verificado y aprobado por el Jefe de Topografía y Calidad correspondientes.

En caso de obtención de resultados fuera de tolerancias, el tema deberá tratarse como No Conformidad, de acuerdo con el PG-CML-317.

El control de los equipos de topografía utilizados en la obra debe realizar se acuerdo con el PG-CML-351 Verificación/calibración de equipos de topografía.

En caso de utilizar equipos externos (o empresas de topografía subcontratadas) las exigencias serán las mismas que para los equipos propios.

#### **4.9 Verificación de equipos**

El control de los equipos de topografía utilizados en la obra debe realizar se acuerdo con el PG-CML-351 Verificación/calibración de equipos de topografía

.

En caso de utilizar equipos externos (o empresas de topografía subcontratadas) las exigencias serán las mismas que para los equipos propios.

#### **4.10 Programación de replanteos**

Los replanteos serán programados con la antelación suficiente por el Jefe de Topografía del área de trabajo correspondiente el cual coordinará con las partes implicadas a pie de obra (Jefes de Producción, Encargados y Topógrafos).

Para el caso se trabajos urgentes o no planificados se valorarán los medios y personal disponible en la obra, así como que otros frentes de trabajo pueden disminuir la presencia de Topógrafos para reforzar las áreas no programadas con antelación.

En la medida en que el sistema establecido sea asumido y respetado por todas las partes implicadas, la organización de los trabajos topográficos resultará más eficiente.

#### **4.11 Control de documentación**

El tratamiento de la documentación generada y utilizada en los trabajos de topografía debe realizarse de acuerdo con el procedimiento general de Control de Documentación PG-CML-305.

En particular, los datos de bases, ejes y listados topográficos deben someterse a control de documentos válidos para construir. Cuando se maneje documentación en soporte informático (muy habitual en trabajos de topografía) debe procederse de acuerdo a lo indicado en dicho procedimiento PG-CML-305 (establecer un procedimiento de acceso y cambios de la información o controlar los documentos en papel).

Para un mejor control de los ficheros informáticos, estos se registrarán en documentos ad-hoc por parte del jefe de topografía (anexo 2)

Los documentos resultantes de la verificación de equipos (de acuerdo con la PG-CML-351 Verificación/calibración de equipos de topografía) deben mantenerse actualizados y archivados en obra.

#### **4.12 Otros**

En el Plan de topografía específico de cada obra se podrán incluir todos aquellos apartados y cuestiones particulares complementarias relacionadas con el seguimiento y control de los trabajos de topografía.

Plan PG-CML-350  
Revisión: 00  
Fecha: 16 – Mayo - 2016

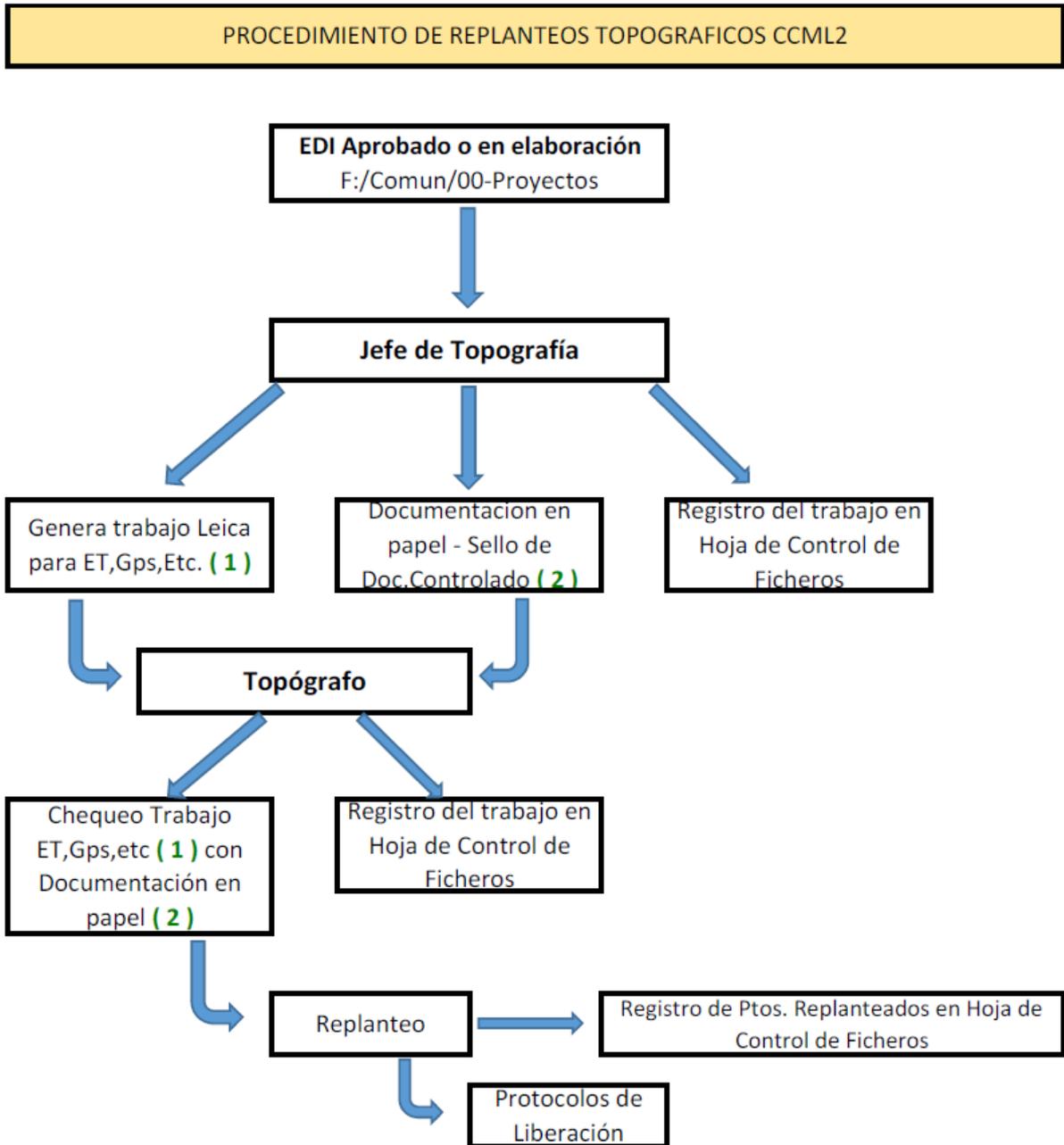
---



CONSORCIO  
**CONSTRUCTOR  
M2  
LIMA**

# **ANEJO 1**

## **FLUJOGRAMA DE REPLANTEO**



Plan PG-CML-350  
Revisión: 00  
Fecha: 16 – Mayo - 2016

---



CONSORCIO  
**CONSTRUCTOR  
M2  
LIMA**

**ANEJO 2**  
**CONTROL DE FICHEROS**  
**Jefe de topografía**  
**Topógrafo**





EQUIPO		N° SERIE		TOPOGRAFO Responsable		OBSERVACIONES
TRABAJO		FECHA	ELEMENTO REPLANTEADO	DATOS		
<b>REGISTRO TOPOGRAFIA</b> <b>FICHEROS DE RESPALDO DE REPLANTEOS EJECUTADOS</b>						
<p><b>TRABAJO:</b> Nombre en el equipo ( ET o GPS ) que contiene datos teoricos de replanteo y/o ejecutados.</p> <p><b>FECHA:</b> De replanteo del trabajo.</p> <p><b>ELEMENTO REPLANTEADO:</b> Excavaciones, Cerchas, Muros guia, Pantallas, etc.</p> <p><b>DATOS:</b> Coordenadas, DXF, etc.</p> <p><b>OBSERVACIONES:</b> Carpeta en ordenador, Revisiones, etc.</p>						