



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE INGENIERÍA

COLEGIO DE INGENIERÍA TOPOGRÁFICA Y GEODÉSICA

TESIS

Que para obtener el título de:

**Licenciado en Ingeniería Topográfica y
Geodésica**

Presenta:

MANUEL EDUARDO TLACUAHUAC LEÓN

***Proceso topográfico en la ejecución de
estructuras verticales: Biblioteca UPII IPN.***

Director y Asesor: M.V. MÁXIMO ÁVILA CRUZ

Heroica Puebla de Zaragoza

Septiembre 2025



BUAP

Oficio No. SAC/0075/2026

**C. Manuel Eduardo Tlacuahuac León -201008025-
Pasante de la carrera de ingeniería Topográfica y Geodésica
Presente.**

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

“PROCESO TOPOGRÁFICO EN LA EJECUCIÓN DE ESTRUCTURAS VERTICALES: BIBLIOTECA UPII IPN”

Por lo anterior hacemos de su conocimiento que se asigna como director de tema al Mtro. Máximo Ávila Cruz.

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

Atentamente

“Pensar bien, para vivir mejor”

H. Puebla de Z. a 20 de enero de 2026

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora
Director



M'ACGZ/M'VGL/barv
C.c.p. Interesado
C.c.p. Archivo

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora
Director de la Facultad de Ingeniería
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
P r e s e n t e.

El que suscribe: Mtro. Máximo Ávila Cruz, director del tema de tesis:

**“PROCESO TOPOGRÁFICO EN LA EJECUCIÓN DE ESTRUCTURAS VERTICALES:
BIBLIOTECA UPII IPN”**

Presentada por el C. Manuel Eduardo Tlacuahua León -201008025-, pasante del Colegio de Ingeniería Topográfica y Geodésica, y en atención al oficio No. SAC/0075/2026 con fecha de emisión 20 de enero de 2026, me permito informar a Usted que después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, metodología, redacción y ortografía de la tesis correspondiente, no tengo inconveniente en autorizar la impresión del mismo.

Sin otro particular, le reitero la seguridad de mi más atenta y distinguida consideración.

A t e n t a m e n t e

“Pensar bien, para vivir mejor”

H. Puebla de Z. a 26 de enero de 2026



Mtro. Máximo Ávila Cruz
Director de Tema

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte de este viaje académico y personal. En primer lugar, deseo agradecer a mi asesor de tesis, M. V. Máximo Ávila Cruz, por su guía experta, su paciencia y su dedicación a lo largo de este proyecto. Su conocimiento y orientación han sido fundamentales para el desarrollo de esta tesis y han enriquecido significativamente mi comprensión del tema.

A mi madre, Julieta León Tapia, le debo un agradecimiento especial por su amor infinito y su apoyo constante. Su ejemplo y dedicación han sido mi mayor motivación para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Su fe en mí y en mis capacidades me ha dado la fuerza para perseverar y alcanzar mis metas. Gracias por ser mi roca y mi pilar, por estar siempre ahí para mí y por ser un ejemplo de amor y dedicación.

A mi esposa, Berenice Jiménez Tenorio, le agradezco por ser mi compañera y mi amiga de vida. Su amor, su comprensión y su apoyo incondicional han sido una enorme fuente de inspiración. Gracias por estar a mi lado en cada momento, por escucharme, por aconsejarme y por animarme a seguir adelante. Tu amor y tu apoyo han sido fundamentales para mí y no tengo palabras para expresar mi gratitud.

A mi querido padre, que, aunque ya no estés conmigo en cuerpo, tu espíritu y tu legado siguen vivos en mi corazón. Tu amor, tu guía y tus enseñanzas me han formado en la persona que soy hoy. Te recuerdo con cariño y te agradezco por todo lo que me diste en vida. Este logro es tuyo también, papá.

A mi hermana, Diana, le agradezco por estar siempre ahí para mí, por su cariño y su apoyo incondicional. Su presencia en mi vida ha sido un regalo y un motivo de alegría. Gracias por ser una hermana tan maravillosa y por estar siempre dispuesta a ayudar.

A mis pequeños ángeles, Bruno y Carol, que me llenan de alegría y de amor con su presencia en mi vida. Espero que este logro sea un ejemplo para ustedes de

que con esfuerzo y dedicación se pueden alcanzar los sueños. Los amo más que las palabras pueden expresar.

Un agradecimiento especial a familiares, amigos y colegas, que en algún momento de mi vida me han animado a seguir creciendo profesionalmente.

ÍNDICE

INDICE DE FIGURAS	6
<i>PROCESO TOPOGRÁFICO EN LA EJECUCIÓN DE ESTRUCTURAS VERTICALES: BIBLIOTECA UPII IPN.</i>	7
INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO I. PROCESOS TOPOGRÁFICOS PARA LE EJECUCIÓN DE UNA OBRA VERTICAL	10
1.1 LA TOPOGRAFÍA EN LA CONSTRUCCIÓN.	10
1.2 IMPORTANCIA DEL CONTROL TOPOGRÁFICO EN OBRAS VERTICALES.	12
1.3 PRINCIPIOS TOPOGRÁFICOS APLICADOS A LA EDIFICACIÓN	14
1.4 ERRORES Y TOLERANCIAS EN LA TOPOGRAFÍA	15
1.4.1 <i>Errores</i>	16
1.4.2 <i>Tolerancia</i>	17
1.5 NORMATIVA Y ESTÁNDARES DE CONTROL EN EDIFICACIONES	17
CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA Y ANÁLISIS TÉCNICO DEL PROYECTO.	20
2.1 INTRODUCCIÓN AL SITIO DE TRABAJO.	20
2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE PROYECTO.	22
2.2.1 <i>Infraestructura y entorno urbano.</i>	25
2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL TERRENO.	27
2.3.1 <i>Datos generales de la zona</i>	28
2.4 PLANEACIÓN PARA LOS TRABAJOS DE CAMPO.	29
CAPITULO III. PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS TOPOGRÁFICOS	31
3.1 OBJETIVO DEL LEVANTAMIENTO	31
3.2 REVISIÓN DE PLANOS E INFORMACIÓN ELABORADA	31
3.2.1 <i>Ubicación del edificio.</i>	33
3.2.2 <i>Planos de albañilería</i>	34
3.2.3 <i>Planos arquitectonicos</i>	36
3.2.4 <i>Planos de losa</i>	37
3.2.5 <i>Planos arquitectónicos</i>	39
3.2.6 <i>Planos de mobiliario</i>	41
3.3 METODOLOGÍA EJECUTADA	43
3.3.1 <i>Instrumentos topográficos usados</i>	44
CAPITULO IV. APLICACIÓN DEL CONTROL TOPOGRÁFICO EN LA OBRA VERTICAL	46
4.1 CONTROL Y REPLANTEO DE ESTRUCTURAS	46
4.1.1 <i>Establecimiento de la red de control</i>	46
4.1.2 <i>Replanteo de cimentación y columnas.</i>	48

4.2	MONTAJE Y CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES VERTICALES	50
4.3	VERIFICACIÓN DE COTAS Y NIVELES DE PISO DE PLANTAS	52
4.3.1	<i>Control geométrico de losas y N.T.C</i>	52
4.4	VERIFICACIÓN DE EJES Y NIVELES EN INTERIOR DE PLANTA.	53
4.5	RESULTADOS FINALES	55
4.5.1	<i>Inauguración oficial</i>	57
	CONCLUSIÓN	58
	BIBLIOGRAFÍA	60

INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Fases del proceso en topografía.</i>	12
<i>Figura 2. Mapa politécnico.</i>	21
<i>Figura 3. Ubicación aérea de la unidad.</i>	23
<i>Figura 4. Plano general de instalaciones.</i>	24
<i>Figura 5. Ubicación de la biblioteca.</i>	25
<i>Figura 6. Vías y líneas de RUTA.</i>	26
<i>Figura 7. Inicio de trabajos topográficos.</i>	30
<i>Figura 8. Ubicación, orientación y área del edificio.</i>	33
<i>Figura 9. Planos de albañilería de planta baja y nivel uno.</i>	35
<i>Figura 10. Planta albañilería, detalles de azotea.</i>	36
<i>Figura 11. Plano de losa. Planta baja.</i>	38
<i>Figura 12. Plano de losa. Nivel 1.</i>	38
<i>Figura 13. Plano de losa. Azotea.</i>	39
<i>Figura 14. Plano arquitectónico, planta baja.</i>	40
<i>Figura 15. Plano arquitectónico, nivel 1.</i>	41
<i>Figura 16. Diseño y distribución de mobiliario.</i>	42
<i>Figura 17. Modelos de estación total usadas.</i>	45
<i>Figura 18. Elaboración del establecimiento de puntos de control y marcaje en campo.</i>	47
<i>Figura 19. Marcaje de elementos estructurales y excavaciones.</i>	49
<i>Figura 20. Revisión de niveles para la cimentación.</i>	50
<i>Figura 21. Control en montaje vertical.</i>	51
<i>Figura 22. Control de losas.</i>	53
<i>Figura 23. Ejecución de elementos interiores.</i>	54
<i>Figura 24. Edificio UPII terminado.</i>	56
<i>Figura 25. Campus CECyT20 y edificio UPII en su apertura</i>	56
<i>Figura 26. Ceremonia de inauguración.</i>	57

TITULO

Proceso topográfico en la ejecución de estructuras verticales: Biblioteca UPII IPN.

INTRODUCCIÓN

La topografía es una de las ciencias fundamentales en la ingeniería, especialmente en el área de construcción al proporcionar la base técnica necesaria para llevar a cabo tareas de diseño, control y ejecución de obra. En particular, cuando nos referimos al método topográfico aplicado a edificaciones verticales, hablamos de procesos que, más allá de una complejidad determinada, necesitan de una precisión mucho mayor por los elementos involucrados en la misma.

En el caso de edificaciones tales como edificios destinados al uso cultural, como lo son las bibliotecas, la precisión adquiere una relevancia mayor, pues es necesario que estas construcciones cumplan con estándares de normatividad estructural y diseño arquitectónico de acuerdo al proyecto planteado en fases tempranas. Por ello, el estudio detallado de los procesos topográficos en la ejecución de la biblioteca de la unidad profesional interdisciplinaria de ingeniería perteneciente al Instituto politécnico nacional (IPN) permite ejemplificar la aplicación práctica de estas técnicas en una obra vertical de importancia académica y social para la comunidad estudiantil del plantel.

La presente investigación se centra en describir, analizar y compartir las fases topográficas llevadas a cabo durante el proyecto y la importancia de las mismas, desde fases preliminares hasta el control geométrico de las estructuras en sus últimos pasos. También, se busca denotar como los métodos y equipos topográficos modernos, llevados de la mano con una correcta ejecución y aplicación de técnicas, contribuye a la optimización de tiempos y recursos en la construcción.

Así, no solo se documenta la importancia del levantamiento y control topográfico, sino que también se aporta un marco a futuros proyectos, resaltando el papel de la

topografía como una herramienta clave y a la que se le debe dar la importancia que merece.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la ejecución de estructuras verticales, los errores en el levantamiento y control topográfico representan un factor crítico que puede derivar en problemas para el proceso de finalización de obra como lo son los retrasos en la construcción, aumento de costos y, en casos más graves, en deficiencias estructurales que comprometan la seguridad de obra para los futuros usuarios.

En edificaciones destinadas a la vida académica y cultural, como la Biblioteca de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería del Instituto Politécnico Nacional, la exigencia de exactitud es aún mayor, dado que estas estructuras deben cumplir con parámetros normativos y de diseño arquitectónico estrictos. La falta de una topografía sistemática y documentada puede originar dificultades en la alineación de ejes, nivelación de elementos estructurales y control geométrico durante la construcción.

Si bien la topografía es una disciplina esencial en estas prácticas, en numerosas ocasiones es subestimada debido a la intervención simultánea de otras áreas lo que provoca que no siempre se destine el tiempo, la atención y el recurso para garantizar la precisión que exige cada etapa del proceso. Esta falta de valoración puede traducirse en retrasos, inconsistencias en la obra y complicaciones que se pueden evitar con una correcta planificación topográfica. Por ello surge la necesidad de analizar los procedimientos y evidenciar el impacto de esta profesión en la calidad final del trabajo.

Documentar cada una de las actividades entonces no solo permite comprender el papel de la topografía en estas obras, también contribuye a la generación de un conocimiento base útil para la toma de decisiones y estrategias en la optimización de recursos en otros proyectos. En nuestro caso este análisis no solo aporta el conocimiento del proceso del edificio UPII, sino que también busca consolidarse como referente a proyectos posteriores y reafirmar la importancia de una

topografía planificada y correctamente ejecutada durante cada parte del proceso constructivo.

OBJETIVO GENERAL

Analizar y documentar el proceso topográfico aplicado a la ejecución de la biblioteca UPII del IPN, con el fin de evaluar su impacto en la precisión, control geométrico y optimización de recursos durante la construcción de una estructura vertical.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir las fases topográficas desarrolladas en el proyecto, desde el levantamiento preliminar hasta el control geométrico final de la obra.
2. Analizar posibles errores en el proceso topográfico y su influencia en la precisión constructiva.
3. Evaluar la importancia del control topográfico en los elementos estructurales y en el proceso de obra.

CAPITULO I. Procesos topográficos para le ejecución de una obra vertical

1.1 La topografía en la construcción.

Los proyectos relacionados al área de ingeniería, nacen gracias a la necesidad constante de aportar soluciones determinadas a solicitudes de carácter social, buscando implementar técnicas modernas en la creación de infraestructura que permita a los usuarios hacerse de espacios dignos para tareas que realizan en la cotidianidad.

Sánchez Ríos (2001) menciona que: “Para realizar una modificación, lógicamente debemos conocer con la suficiente precisión las características geométricas del mismo, saber qué materiales y estructuras constructivas utilizaremos para su modificación y aplicarlas exactamente en el lugar donde surtirán los efectos deseables.”

En este sentido, en todo proyecto de ingeniería que se pretenda construir, es necesario conocer características que solo la topografía es capaz de otorgar por medio de un análisis exhaustivo de elementos de tipo geométrico, levantamientos preliminares y a través de técnicas en las que diferentes equipos son empleados. En términos generales, la topografía es una técnica que permite medir directa o indirectamente un terreno, aportando elementos que permitan la correcta representación 2D y/o 3D del mismo para su uso, y es aún hoy en día, una disciplina que a pesar de la importancia no solo en procesos constructivos, sino también en catastro, ordenamiento territorial, etc. A la que muchas veces no se le da el peso necesario para que las fases de desarrollo de un proyecto se lleven a cabo como deberían.

Gracias a la topografía, los profesionales implicados en un proyecto pueden conocer las características y necesidades requeridas durante toda la obra pues no solo se dan los elementos iniciales, sino que también se verifican y se dan datos

necesarios para que haya una correcta ejecución. Así, existen distintas fases que son imprescindibles para lograrlo, como lo son (**Figura 1**):

1. Planeación y preparación: En la que se definen los objetivos del levantamiento y su alcance, además de revisar el área de estudio y elementos previos que existan y que puedan ser motivo de problemas o impedimentos durante el proceso.
2. Reconocimiento de campo: Visitas preliminares al sitio, identificación de posibles problemáticas y ajuste a los planes iniciales de acuerdo a información preliminar que pueda ser identificada con la o las visitas a campo.
3. Establecimiento de control: Horizontal y vertical para su vinculación a un sistema de referencia, de preferencia, bajo las normas que rijan cada región, en este caso, las que indique INEGI, por ejemplo.
4. Trabajo en campo: O propiamente llamado “levantamiento” consta de la obtención de todos los elementos tanto planimétricos como altimétricos necesarios para la ejecución del proyecto.
5. Procesamiento de datos: En que se descarga la información obtenida en campo para ser trabajada en los softwares especializados, se hacen los cálculos y correcciones necesarias según el tipo de trabajo y alcances.
6. Representación: Elaboración de planos de acuerdo a los trabajos realizados, generando los datos necesarios para su uso y comprensión por otros profesionales.

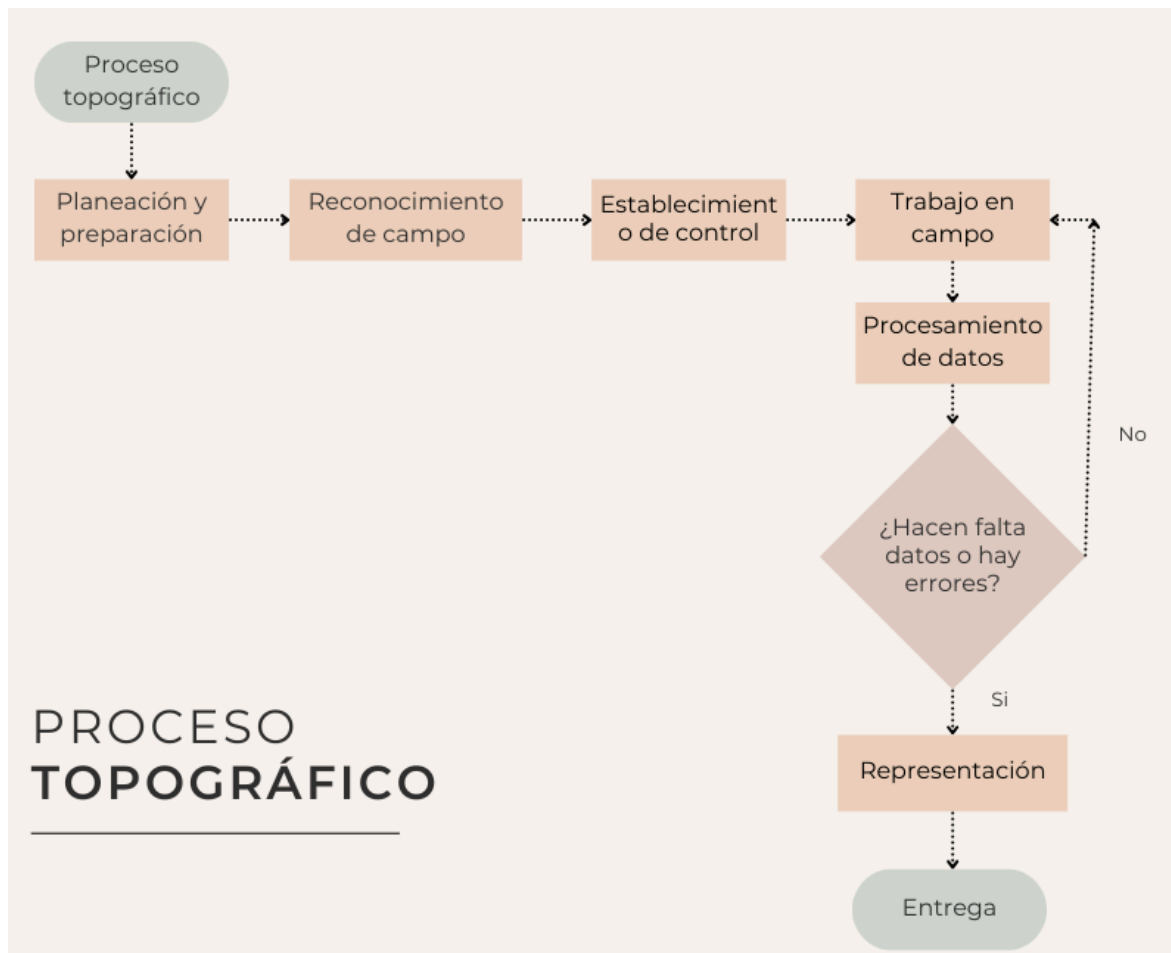


Figura 1. Fases del proceso en topografía. (Elaboración propia)

1.2 Importancia del control topográfico en obras verticales.

La topografía es una de las áreas mas antiguas que ha practicado el hombre, desde tiempos antiguos ha sido necesario el marcaje de límites, la obtención de medidas exactas, la orientación para el hallazgo de caminos, entre otros. En la actualidad, la aplicación de la topografía en la vida usual es tan amplia que la encontramos no solo en actividades de obra civil si no en la vida cotidiana misma.

Pese a ello, una de sus aplicaciones mas usuales es en el ámbito de la construcción donde la topografía es usada para todas las fases de un proyecto de obra. Cuando hablamos entonces, más específicamente de obras verticales, esta

rama de la ingeniería adquiere una relevancia mucho mas grande al permitir garantizar la correcta ubicación y alineación de cada elemento de acuerdo al proyecto desarrollado antes de el inicio de el proceso.

El poder garantizar exactitud geométrica en las diferentes fases de obra, resulta entonces esencial cuando las tolerancias son mínimas y la seguridad estructural depende directamente de los involucrados en cada una de las fases. De acuerdo con Hernández G. (2025), en proyectos verticales el papel de la topografía no se ve solo limitado al replanteo inicial, si no que se extiende a un proceso continuo de supervisión que asegura la alineación y estabilidad durante toda la construcción.

La aplicación de métodos topográficos modernos para la ejecución de obras verticales, apoyados de instrumentos de alta calidad y tecnología como las estaciones totales, GNSS o tecnologías LiDAR en su caso, permite garantizar la confiabilidad de datos y la corrección temprana de irregularidades. Estos sistemas también permiten generar modelos de control tridimensional que mejoran la precisión y reducen tiempo y riesgos significativos. Sin embargo, es importante denotar que muchas de estas tecnologías también pueden ser costosas y su uso depende de la precisión necesaria y de la envergadura del proyecto generado.

También, si hablamos de asegurar calidad, la topografía se convierte en una herramienta de control que documenta el cumplimiento de las especificaciones geométricas. Estudios como el de Zhang et al. (2018) muestran que la utilización de sistemas GNSS y técnicas de monitoreo continuo permiten detectar desplazamientos o inclinaciones no deseadas en tiempo real, lo que resulta indispensable para obras de gran envergadura.

De manera general, el control topográfico en estructuras verticales contribuye a:

- Mantener la exactitud en la cimentación y la transferencia de cargas.
- Asegurar la alineación y verticalidad de elementos estructurales.
- Reducir costos derivados de errores constructivos.
- Optimizar el tiempo mediante la detección temprana de desviaciones.

- Documentar el proceso constructivo bajo estándares técnicos y normativos.

1.3 Principios topográficos aplicados a la edificación

Los principios técnicos y geométricos en que se fundamenta la topografía aplicada a las edificaciones constituyen la base de los levantamientos, replanteo y control de obra que permite que las estructuras se lleven a cabo de manera precisa, segura y conforme al proyecto diseñado y a los tiempos de ejecución y entrega que se plantean en los calendarios.

Uno de los principios fundamentales es el de la precisión en la medición, adaptándose a las tolerancias que marca las normas de acuerdo al tipo de obra que se ejecute. Es sabido y lo remarca García Marques en su libro Curso básico de topografía (1994, pág. 7) que los errores pueden ser sistemáticos o accidentales, los primeros son definidos por una ley, ya sea física o matemática, que provoca que las medidas sean invariables, ósea, que mantengan misma magnitud y que por tanto, sean acumulativos, entonces, aquellos pequeños errores en distancias o niveles pueden ampliarse conforme aumenta el valor de la medición, lo que hace indispensable aplicar técnicas que permitan disminuir estos errores que además, pueden sumarse a equivocaciones del observador en la utilización del equipo.

El principio de control y verificación es también uno importante dentro del área de la topografía, este principio implica que los datos en campo deben ser revisados de forma periódica para contrastarlos con los planos de diseño que se revisaron en las etapas preliminares. Lo que permitirá hacer una corrección temprana de datos erróneos o desfases que puedan ser presentados en alguna de las etapas. Cuando hablamos de una obra vertical, jamás será un proceso lineal en que todos los procesos se puedan llevar a cabo sin interrupciones, sino que es un ciclo continuo de supervisión y ajuste.

Otro aspecto esencial es el principio de referencia, mediante el cual se establece una red de puntos de control tanto vertical como horizontal, que fungen como

parámetro para definir un sistema de referencia a trabajar y evitar migrar entre sistemas que pueden causar discrepancia en las medidas tomadas cuando son trasladadas. Estos puntos garantizan coherencia geométrica y forman parte de la base de la topografía tradicional, permitiendo el monitoreo de posibles desplazamientos o deformaciones estructurales.

Otro fundamental en el proceso topográfico es la adaptación al terreno en que se señala que todo diseño debe considerar la realidad topográfica del sitio. Muchas veces, en etapas preliminares, los diseños de obra no se ajustan a lo que existe físicamente, este análisis pobre puede ocasionar en futuro problemas que no solo cuestan tiempo, si no también dinero. Es por ello que, a través del levantamiento, es posible identificar todos aquellos elementos que influyen directamente en la estabilidad y que, junto al estudio de mecánica de suelos, permite encontrar que se adecua mejor para la cimentación y la distribución de cargas de la edificación.

En conjunto, estos principios reflejan que la topografía no solo es un medio de medición a corto plazo en el que todo se lleva a cabo en la misma obra, sino que se trata de un sistema integral de control geométrico, planificado que asegura la calidad, seguridad y eficiencia en la construcción de edificaciones.

1.4 Errores y tolerancias en la topografía

Como se ha mencionado, la precisión en trabajos topográficos es un aspecto fundamental en el día a día del operador, ya que los datos obtenidos a través de el levantamiento constituyen la base en proyectos de ingeniería. Sin embargo, dichos datos, durante los procesos de medición, están sujetos a presentar desviaciones respecto al valor real causadas por distintos factores y que ocasionan errores, así como sujetarse a ciertos márgenes de aceptación establecidos, conocidos como tolerancias.

No obstante, durante los procesos de medición en campo es inevitable la presencia de desviaciones respecto a los valores reales, provocadas por diversos factores que pueden estar asociados al instrumento por falta de calibración o características de construcción, al operador, al método utilizado o incluso a las

condiciones ambientales que rodean el sitio. Estas desviaciones se conocen como errores, y su correcta identificación, clasificación y control resultan indispensables para garantizar la confiabilidad de los resultados topográficos.

1.4.1 Errores

De acuerdo a la Real Academia española (2024), un error es definido, de manera sencilla, “como una acción desacertada o equivocada”, en el área de la física y la matemática esta asociación también lo describe como: “La diferencia entre el valor medido o calculado y el real”.

La combinación de estas definiciones se acerca de gran manera a lo que un error en topografía puede llegar a significar. Cuando hablamos de estos en nuestra área, nos referimos a todo aquel valor afectado por una serie de elementos que causa la obtención variada de datos en una misma magnitud medida. Diversos autores, tales como García Marques (1994) o Montes de Oca (1989) en sus obras, remarcan que un error en topografía solo se puede dividir en dos clases: Sistemáticos y accidentales. El primero de ellos, es constante y existe una ley definida que lo rige, causando que sean acumulativos y que se puedan determinar y eliminar aplicando métodos sistemáticos o las correcciones pertinentes de acuerdo al tipo de error del que se trate, como es el caso de la medición con una cinta mal graduada. El segundo, los accidentales, son aquellos que se no son controlables y para los que no es posible obtener corrección, dependen del azar y no se pueden calcular, pero si ser compensados durante en el proceso de medición.

Es importante resaltar, que, para nuestro ámbito, un error no es igual a una equivocación, pues mientras que uno depende de factores externos al operador o del equipo mismo, el otro se centra en faltas de cuidado o conocimiento del usuario, ya sea por falta de experiencia, familiarización con el tipo de obra o simplemente un descuido. Por tanto, una equivocación suele ser grave en el trabajo de campo y son una falta que podrían causar gastos innecesarios en tiempo y dinero tanto de la empresa a la que se le trabaje como para el mismo operador.

1.4.2 Tolerancia

La tolerancia hace referencia al límite máximo de error que es permitido en función del tipo de proyecto a desarrollar. De acuerdo al área de la construcción, estos márgenes suelen estar normados por estándares internacionales o lineamientos nacionales de ingeniería civil, topografía y construcción. La tolerancia puede ser variable de acuerdo al tipo de proyecto que se planee ejecutar, por ejemplo, en carreteras la SCT indica que, para trazo y nivelación, el cierre en milímetros entre cada banco de nivel debe ser igual a seis veces la raíz de la distancia entre bancos, expresada en km o que, para la elaboración de poligonales de apoyo, los puntos del eje trazado se determinaran en coordenadas con aproximación de un cm.

Sin embargo, para obras verticales, aunque la especificación en normas técnicas no es exacta en cuanto a tolerancias, en la práctica se infiere y se recalca que es necesario marcar tolerancias milimétricas por las características de los elementos estructurales y el tamaño que estos, tales como columnas, pilotes, etc. Poseen.

Por ejemplo, suele ser común encontrar que en el replanteo de ejes estructurales, la desviación no puede ser mayor a 10 mm máximo respecto al diseño, o que las cotas para elementos de la misma índole no pueden superar los 5mm pues ya se habla, entonces, de cantidades grandes, también la verticalidad de los elementos prefabricados o de cotas de pisos no superan, nunca, cifras mayores a 3mm o 5mm con el fin de asegurar la calidad y prever problemas en la ejecución o, incluso, en el futuro. Gracias a esto, es que, en edificios, la precisión y la atención al detalle es mucho mayor.

Normativa y estándares de control en edificaciones

La ejecución de obras es estrictamente supervisada por organismos gubernamentales que indican los procesos y normas que deben llevarse a cabo, junto a las tolerancias aplicables según el tipo de proyecto para uniformar criterios, reducir errores, regular y asegurar la calidad del mismo.

Dentro del contexto internacional, uno de los documentos de referencia que establece parte de los procedimientos topográficos de control, en que se habla de procesos de control tales como la determinación de azimuth, medición de distancias electrónicas, control vertical mediante nivelaciones, calibraciones de equipo, sistemas de referencia y técnicas y tolerancias para distintos instrumentos como estación total, GPS RTK e instrumentos de escaneo 3d, es el manual de ingeniería de la el ejército de estados unidos (2013) que muestran de forma específica procesos aplicables a la topografía mundial. Además, organismos como la Organización Internacional de Normalización (ISO) ha publicado alineamientos asociados a sistemas de gestión de calidad en bajo los que todas las obras deben estar alineados con el fin de asegurar técnicas de estándar mundial que permitan, como su nombre indica, la calidad en la ejecución.

Sin embargo, pese a que estos sistemas de normatividad son importantes para establecer un marco general, en México, existen documentos específicos que regulan los proyectos de índole civil y privado, que están contenidos principalmente en:

- Reglamento de construcciones para el distrito federal: En que en su ultima reforma registrada en 2024, indican los criterios de control de cimentaciones, estructuras y el proceso de construcción. Donde indican, para el área de topografía que: "...siendo condición indispensable que el propietario, poseedor o representante legal, presente un levantamiento topográfico detallado de la ubicación de las obras inducidas en la vía pública..." (pág. 14), recalcando la importancia de esta área para el inicio de los tramites posteriores. Además, integran normas complementarias como las de diseño y construcción de estructuras de concreto, de acero, de madera y cimentaciones que son importantes para todo el proceso constructivo a ejecutar.
- Normas y Especificaciones Técnicas para Estudios, Proyectos, Construcción e Instalaciones del INIFED (infraestructura educativa): en que se especifican los términos generales, estudios preliminares necesarios

desde el diagnóstico hasta la selección del terreno, seguridad estructural e instalaciones de servicio para infraestructura educativa, como el caso de bibliotecas.

- NOM-008-SE-2021, Sistema General de Unidades de Medida: establece el uso obligatorio del Sistema Internacional de Unidades (SI) en todas las actividades comerciales, industriales, científicas y técnicas. Su aplicación en la construcción y, particularmente, en el control topográfico de obras verticales resulta fundamental, ya que asegura la uniformidad en la expresión de longitudes, áreas, volúmenes, ángulos y tolerancias, evitando discrepancias que pudieran derivar en errores durante el levantamiento, replanteo o verificación de la verticalidad estructural. De esta manera, se garantiza que todas las mediciones realizadas en obra se encuentren estandarizadas y sean comparables a nivel nacional e internacional, contribuyendo a la precisión y confiabilidad de los procesos constructivos (Economía, 2021)

En conjunto, estos marcos proporcionan una base sólida en el control y supervisión de obra vertical, integrando criterios de calidad, exactitud geométrica y seguridad en la norma mexicana para respaldar la fiabilidad de todas las áreas en la construcción, especialmente de la topográfica como un eje indispensable en las mismas.

CAPITULO II. Caracterización de la zona y análisis técnico del proyecto.

2.1 Introducción al sitio de trabajo.

El IPN, es una de las instituciones educativas más importantes del país desde hace décadas. Cada año, tan solo en el nivel medio superior tiene más de 130,000 alumnos inscritos en su matrícula, sumando alrededor de 200,000 si contamos también a aquellos registrados en nivel medio superior y en el plan de estudio para posgrado. Esto sin tomar en cuenta que posee mas de 290 programas académicos con ramas que van desde el sector físico - matemático, con carreras como meteorología, ingeniería ambiental, ingeniería civil, ingeniería topográfica y fotogramétrica, etc. hasta las áreas sociales como archivonomía, economía, relaciones comerciales, entre otras más destacadas en la matrícula de la escuela. Consolidándola como una institución con una oferta extensa que permite a aspirantes de todo tipo optar por ella como una de sus principales opciones de estudio por su carácter gratuito y su reconocimiento nacional.

Recientemente, se encuentra catalogada como la universidad no. 29 en el ranking de las mejores universidades de América latina y el caribe 2026 por la Quacquarelli Symonds, que es uno de los sistemas de clasificación de universidades más reconocidos a nivel mundial, (QS, 2025) y la segunda mejor universidad en México tan solo por detrás de la UNAM en este mismo ranking. En este sentido, la institución ha buscado expandirse a distintos lugares del país fuera de la capital, teniendo sedes del nivel superior en Puebla, Hidalgo, Guanajuato, Palenque, Zacatecas y Tlaxcala además de su sede principal en Ciudad De México (**Figura 2**), demostrando el interés completo que tiene en distribuir el conocimiento y llegar a distintas partes del país para aquellos a los que la movilidad les es compleja.

Los centros de estudio de nivel medio superior dentro del país son facultades escolarizadas, no escolarizadas y mixtas de nivel medio superior que ofrecen carreras técnicas a lo largo de distintos estados del país, y cuya demanda ha incrementado a lo largo de los años gracias a esta misma característica.

La UPII y el CECYT20 son los centros que el IPN desde el año 2023-2024 planearon que se construyeran en Puebla y que tendrían 5 programas académicos para el caso de nivel superior, entre los que hay 4 ingenierías: De alimentos, control y automatización, inteligencia artificial y sistemas automotrices, y solo 1 licenciatura que es la de Ciencia de datos. Para el nivel medio, se ofertarían un total de 5 carreras técnicas relacionadas a las ingenierías que ofrece la UPII que son: técnico en gestión de ciberseguridad, mercadotecnia digital, sistemas automotrices, sistemas digitales y alimentos.

Así, la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería y sus instalaciones, es uno de los proyectos mas recientes que demuestra este interés de expansión y facilidad hacía los estudiantes pertenecientes al campus.



Figura 2. Mapa politécnico. (Fuente: Página oficial del IPN)

2.2 Ubicación geográfica de la zona de proyecto.

El edificio UPII se encuentra ubicado en el estado de Puebla, municipio de Puebla de Zaragoza en la zona sur con dirección: prolongación 121 Poniente, colonia Ex Hacienda Mayorazgo, una zona urbanizada con distintas unidades habitacionales a sus alrededores como Infonavit Agua Santa, además de zonas de gran influencia de habitantes como la colonia Guadalupe Hidalgo y la popular de Coatepec, rodeada por distintos centros educativos externos al IPN. (**Figura 3**)

El proyecto del edificio UPII forma parte de los planes de expansión de la institución educativa del IPN cuya construcción en el estado de Puebla se ha llevado a cabo desde inicios del año 2024 junto a la elaboración de los edificios del CECYT20, que son edificios destinados para la media superior, en la misma área. De acuerdo a datos otorgados por el Gobierno de México (2024) , se destino una inversión de alrededor de 2,800 millones de pesos para incentivar el desarrollo y crecimiento de la unidad del IPN, recursos con los que se desarrollo la elaboración de los centros de nivel media superior y superior de la institución y ciertas unidades del campus de Ciudad Universitaria 2 de BUAP que actualmente sigue en construcción.

Estos centros, buscarían matricular a mas de 4,000 estudiantes en dos turnos para el caso del CECYT20 y más de 3,000 para la UPII, es decir, mas de 7,000 alumnos en sus primeras etapas y que se prevee incrementar con el paso de los años. Es importante mencionar, que, para el primer ingreso, en el nivel medio superior solo se recibirán a 300 alumnos y en el nivel superior a 250, incrementándose periódicamente hasta llegar a la meta antes mencionada conforme a la infraestructura y el plan interno escolar tenga la capacidad para hacerlo.



Figura 3. Ubicación aérea de la unidad. (Fuente: Google Earth)

El área destinada a la creación de la infraestructura de la IPN, constaba de un terreno de más de 15 hectáreas para ambos centros, donde tan solo, la parte destinada a la unidad profesional de ingeniería, fue de más de 8 hectáreas en que se distribuyeron todos los edificios, el resto fue otorgado para la construcción del CECYT.

La infraestructura para la UPII constaba de 9 edificios de grado educativo repartidos de la siguiente manera (**Figura 4**):

- 2 laboratorios ligeros
- 1 laboratorio pesado
- 1 Centro de lenguas extranjeras (CELEX)
- 1 auditorio
- 1 edificio de aulas
- 1 biblioteca
- 1 gimnasio

- 1 cafetería

Además de las zonas mencionadas, se darán áreas específicas a estacionamientos generales con más de 500 cajones en total, zonas deportivas como canchas multidisciplinarias y áreas verdes o plazas de tipo cívico para eventos escolares regulares.

El edificio en que se trabajó, se encuentra en la zona central del terreno que aseguraba ser un área estratégica para facilitar la llegada de los alumnos, ubicado precisamente junto al edificio “E” que es destinado a aulas y el edificio “C” que sería el auditorio, con una superficie aproximada de 1,900 m² y cuya distribución de daría en un total de 3 plantas (Dos destinadas a mobiliario y una correspondiente a la azotea del edificio), datos que se describen a profundidad más adelante (**Figura 5**).

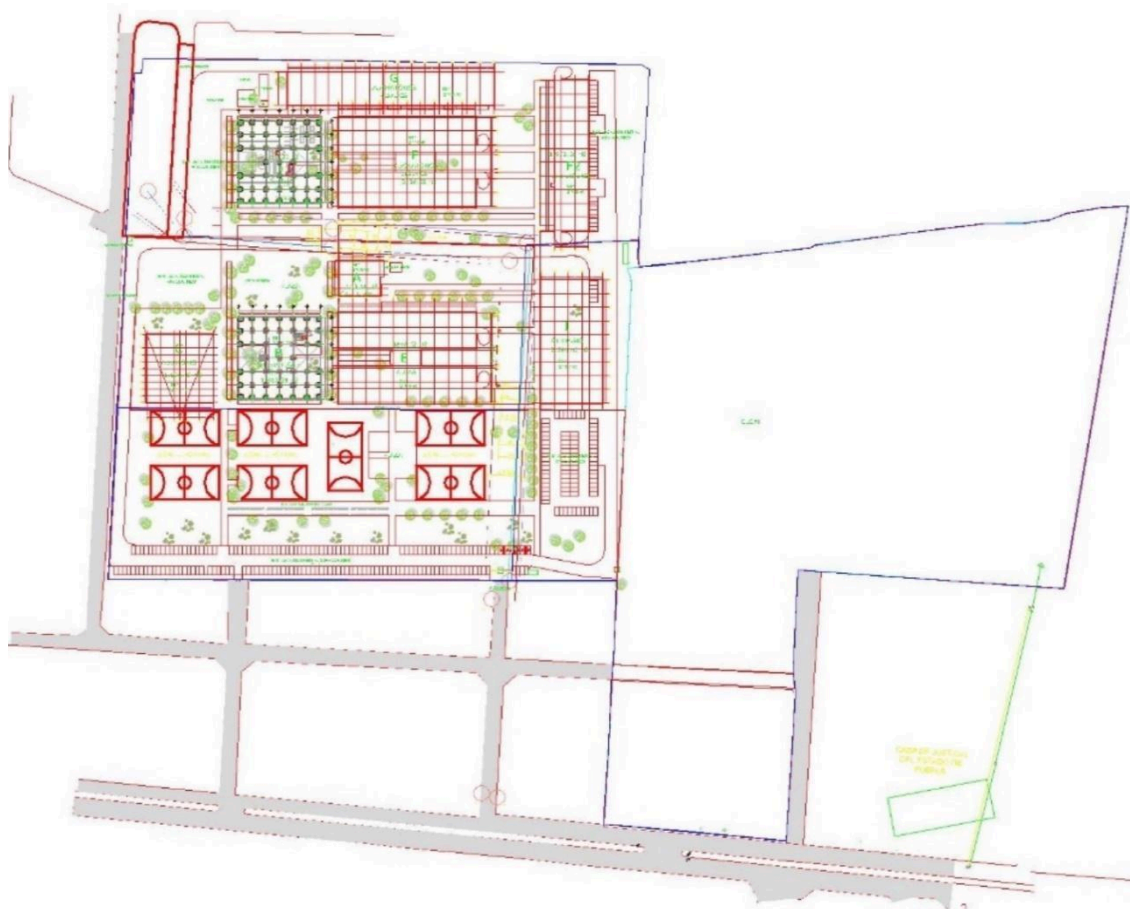
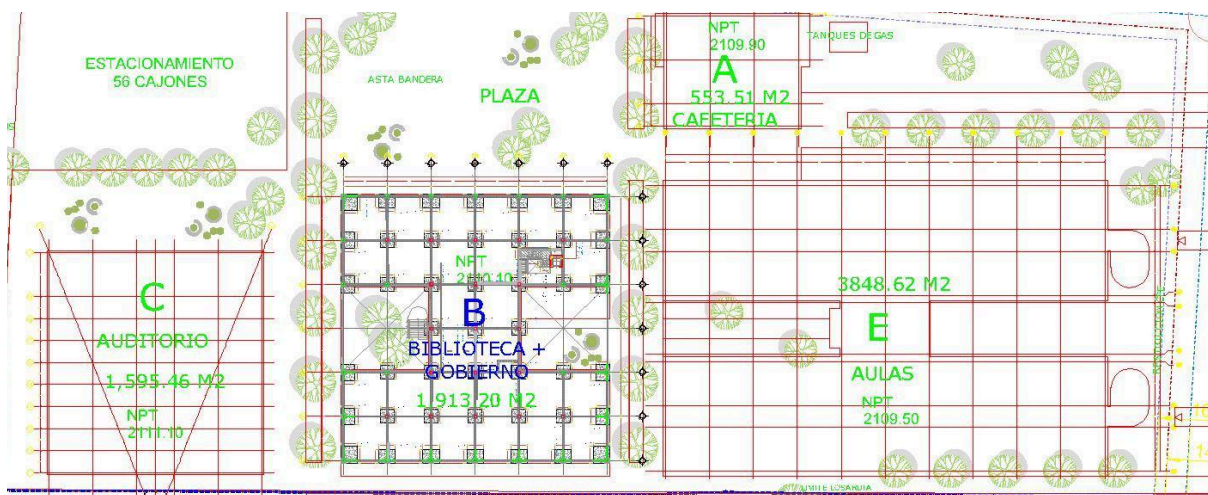


Figura 4. Plano general de instalaciones. (Fuente: Proyecto)



2.2.1 Infraestructura y entorno urbano.

Como se menciono brevemente antes, la institución se encuentra ubicada en una zona con cantidades importantes de personas dentro de los que se encuentran los entornos habitacionales de Infonavit Agua Santa, Infonavit San Bartolo e Infonavit Loma Bella, además de colonias como Granjas del Sur, Guadalupe Hidalgo y otras un poco más lejanas pero que siguen en constante crecimiento como el caso de San Ramon , y no solo eso si no que gracias a las vías de acceso cercanas, hacen de la UPII una ubicación adecuada pese a no hallarse en una zona central del estado como es el caso de otras universidades y centros educativos del estado.

Las vías y sistemas de transporte público de la RUTA (Red Urbana de Transporte Articulado) que permiten llegar a este centro y que se muestran en la **Figura 6** son:

1. Periférico ecológico. A la altura de la calle 11 Sur, que actualmente tiene facilidades al ser poseedor de la línea troncal Valsequillo-Finsa del RUTA y sus respectivas líneas alimentadores que conectan con zonas habitacionales aledañas. (Línea 4). Su cercanía facilita el arribo de usuarios provenientes de sectores con alto flujo vehicular y de transporte público.

2. Calle 11 Sur. Vialidad importante gracias a ser considerada una de las arterias principales de la zona metropolitana al conectar con colonias del centro hacia el Sur y a lugares de relevancia como el hospital general del Sur. También conecta con la línea 2 de RUTA (Margaritas-Diagonal y Limones-Diagonal), que permiten la movilidad fluida desde los distintos sectores urbanos hasta la zona.



Estas avenidas han impulsado el crecimiento urbano hacia el sur del municipio, convirtiéndola actualmente en una zona de desarrollo educativo y tecnológico importante por la gran afluencia de gente en la que tanto instituciones privadas como publicas han decidido apostar e invertir para su ampliación, desarrollo y mantenimiento respectivo.

Es importante mencionar también, que, para los pobladores del Sur, esta zona es característica por poseer universidades y centros educativos importantes desde hace años que han facilitado a los jóvenes tener opciones de estudio variadas y accesibles para no tener que trasladarse mucho tiempo hacia el centro o norte del municipio, tales opciones han sido el centro escolar “Gustavo Díaz Ordaz”, la universidad tecnológica de Puebla y la UPN (Universidad pedagógica nacional) unidad 211.

2.3 Características físicas del terreno.

Las instalaciones de la IPN en el estado se encuentran en la zona sur caracterizada, al igual que la zona de Puebla en general, por alturas contrastantes y pendientes importantes que hacen que cada construcción de gran envergadura sea analizada para asegurar tanto la calidad como la seguridad de la misma, no solo para aspectos como la topografía, si no para todas las áreas involucradas en la construcción de la obra, como es el caso de arquitectura o el cálculo estructural por civil.

El estudio de la topografía, del tipo de suelo y de las condiciones hidrológicas es esencial para toda obra civil, pues influye directamente en la planeación, el diseño y la ejecución del proyecto. Estos factores permiten comprender las particularidades del terreno sobre el cual se desarrollará la infraestructura, anticipando posibles dificultades técnicas y determinando los métodos constructivos más adecuados.

En el caso específico de edificaciones verticales, como la Biblioteca UPII del IPN, la caracterización física del sitio resulta aún más relevante, ya que una correcta

interpretación de la morfología del terreno y de sus condiciones naturales garantiza la precisión del levantamiento topográfico, la estabilidad de las cimentaciones y el adecuado desarrollo del proyecto en su totalidad.

Por lo tanto, realizar un análisis integral de estos aspectos no solo aporta información base para la fase de diseño, sino que también constituye una herramienta indispensable para la ejecución eficiente y segura del proyecto, como se detallará en los apartados siguientes.

2.3.1 Datos generales de la zona

El terreno donde se construyó la biblioteca de la UPII se encuentra en una zona de Puebla donde las altitudes varían entre los 2,100 y 2,110 metros sobre el nivel del mar. Con una pendiente moderada que oscila entre el 3% y el 8%, la topografía permitió que se realizara un diseño arquitectónico y estructural que aprovechara los desniveles naturales sin requerir cortes o rellenos excesivos que se viesen reflejados en gastos innecesarios tanto de recursos de tiempo como de dinero en la ejecución del proyecto. No obstante, se realizaron trabajos de identificación y características del terreno en campo para obtener información más detallada y que se describirá más adelante.

En cuanto al relieve, se trata de una meseta con ligeras ondulaciones, sin presencia de accidentes geográficos relevantes como barrancas o laderas pronunciadas en el área inmediata del proyecto, esto especialmente debido a que es una zona en que alrededor ya existen construcciones y zonas de casa-habitación por ser áreas urbanizadas.

Respecto a la hidrología, la zona en que se ubican las instalaciones presenta un régimen de lluvias marcado por la temporada de verano-otoño, con una precipitación media anual de aproximadamente 900 mm. El flujo pluvial en el terreno es controlado mediante un sistema de canalización superficial que dirige el agua hacia redes de drenaje pluvial conectadas con el sistema municipal del estado de Puebla de la región Sur.

No se identificaron cuerpos de agua superficiales (ríos, lagunas, presas) en un radio de 500 m del sitio de construcción, esto gracias a que es una zona con años de urbanización y con constantes proyectos de modernización y drenaje, lo cual reduce el riesgo de inundaciones directas. Sin embargo, se contempló en el diseño la implementación de pozos de absorción y jardineras filtrantes para el manejo de aguas pluviales dentro del campus y evitar que al igual que otras zonas del estado situadas en regiones cercanas se inunde.

2.4 Planeación para los trabajos de campo.

En la etapa preliminar del proyecto, se llevaron a cabo estudios y levantamientos técnicos indispensables para el desarrollo de la propuesta arquitectónica y estructural del edificio de biblioteca. Además de contemplar, con el presupuesto y recursos otorgados enteramente por el estado, la construcción de la infraestructura planificada con meses de anterioridad. Estos estudios incluyeron:

- Estudio topográfico detallado, realizado con distintos equipos topográficos que más adelante se describen, permitió generar planos que servirían para información preliminar y de proceso durante la construcción para asegurar la construcción y el control de obra. (*Figura 7*)
- Estudio geotécnico, con sondeos a profundidades de hasta 6 metros para identificar el perfil estratigráfico del suelo y sus características mecánicas que permitieran realizar el cálculo estructural pertinente.
- Análisis de normativas locales, incluyendo el Reglamento de Construcciones, el Reglamento del IPN para infraestructura, la normatividad nacional y criterios de accesibilidad universal, además de la revisión de normativas generales y permisos locales.
- Estudios de impacto ambiental y urbano, que aseguraron la compatibilidad del proyecto con el entorno y minimizaron efectos negativos durante la etapa de obra.

- Anteproyectos arquitectónicos y estructurales, que contemplan el uso de materiales de bajo impacto ambiental, diseño bioclimático y eficiencia energética. Además de la distribución de áreas y parte del material necesario para elaborar el edificio y hacerlo armónico respecto al total de construcciones.

Estos datos sirvieron de base para la elaboración del proyecto ejecutivo y su posterior aprobación por las autoridades correspondientes.



CAPITULO III. Planeación y ejecución de los trabajos topográficos

3.1 Objetivo del levantamiento

La realización del levantamiento topográfico en el proyecto de la biblioteca UPII tiene como objetivo asegurar que el posicionamiento del edificio y el proyecto elaborado con antelación sea ejecutado de manera correcta. Este proceso permite trasladar con precisión los datos y alineamientos de acuerdo a los diseños, asegurando un desarrollo acorde a los parámetros establecidos por la planificación técnica.

En este caso, la topografía no solo se limita a aspectos cotidianos con los que usualmente es relacionada, como la delimitación de áreas o el control de superficies, sino que también funge un papel fundamental en el control de elementos estructurales. Entre estos destacan losas, columnas, ejes y niveles de piso y cimentación, cuyo control milimétrico es fundamental para asegurar la calidad.

De esta forma, el levantamiento proporciona una base geométrica precisa para la supervisión y control continuo de la estructura desde etapas tempranas, hasta las que son cercanas a la finalización, al buscar minimizar errores y optimizar procesos constructivos que aseguren la concordancia entre el diseño proyectado por otras áreas y la ejecución real una vez que nos encontramos en campo.

3.2 Revisión de planos e información elaborada

Antes de comenzar con las tareas destinadas al levantamiento, fue necesario llevar a cabo una revisión detallada y exhaustiva de la información técnica de los planos que fueron proporcionadas por distintas áreas de proyecto en los que la

topografía se ve involucrada. Esta etapa, tuvo como finalidad identificar la ubicación exacta del edificio dentro del predio, analizando las dimensiones para llevar acabo las tareas de disposición de elementos arquitectónicos y estructurales de proyecto.

El tener una visión clara en la revisión de planos, forma parte de una fase fundamental que permite establecer una relación directa entre el diseño proyectado y las condiciones reales que proporcionan los datos que otorgamos en nuestra disciplina. A través de esta comparación se determinan los puntos de referencia que servirán para identificar posibles discrepancias en alineamientos o cotas, y planificar la secuencia de medición de manera más eficiente.

Dentro de los planos que se fueron proporcionados, tenemos la siguiente lista:

1. Plano de ubicación general. En que se encuentra el área del CECYT 20 y especifican los edificios que se construirían para la UPII, contemplando toda la distribución y no solo la de la biblioteca.
2. Planos de albañilería. Que contienen la ubicación y ejecución de distintos elementos estructurales, como columnas, muros y dalas en cada planta del edificio.
3. Planos arquitectónicos. En que se describen la distribución de las áreas proyectadas y los niveles de piso terminado, además de los niveles topográficos deseados.
4. Planos de losa. Contienen los detalles de refuerzo para losas, dalas de desplantes y niveles de concreto terminado (NTC) para cada nivel.
5. Planos de mobiliario. En los que únicamente se marca la distribución del mobiliario a comprar y se remarca la distribución de las áreas aprobadas.

De esta manera, la revisión documental permitió integrar la información de gabinete con la planeación de campo, optimizando el proceso de levantamiento y garantizando la correcta interpretación de los datos obtenidos para compararlo a los deseados dentro del proyecto.

3.2.1 Ubicación del edificio.

El edificio de biblioteca de la unidad UPII (Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería), se encuentra en la zona central del predio destinado al IPN, dentro del complejo académico ubicado en la ciudad de Puebla. Su posición se encuentra justo después las canchas deportivas y equidistante entre los edificios de aulas y el edificio del auditorio, lo que le otorga una ubicación estratégica dentro del conjunto.

La biblioteca, que también cumple con funciones administrativas al albergar oficinas de gobierno, se encuentra ubicado en las coordenadas UTM 578664.0380 E, 2099455.8347 N correspondientes a la zona numero 14 Norte.

Con una superficie total de 1913.20 m² como se ve en la **Figura 8** , este se posiciona como el 5to edificio mas grande de la UPII junto al centro de lenguas extranjeras de misma superficie. Su emplazamiento fue determinado en función de criterios de accesibilidad y funcionalidad respecto a otros edificios, para facilitar la llegada del usuario.

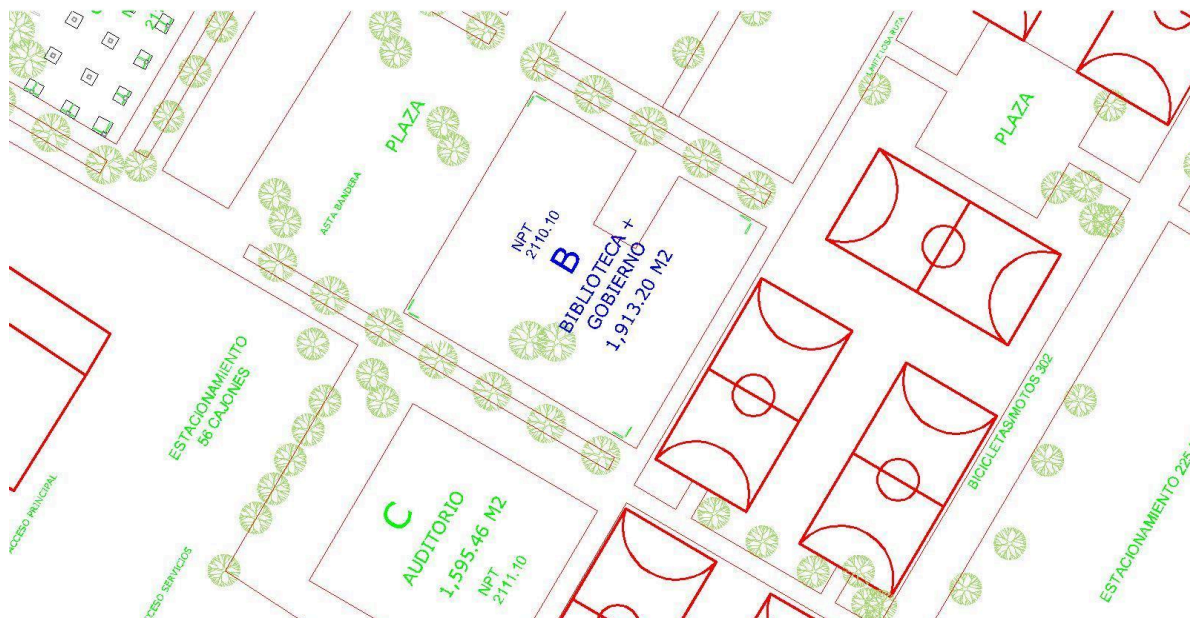


Figura 8. Ubicación, orientación y área del edificio.

3.2.2 Planos de albañilería

Los planos de albañilería constituyen una herramienta fundamental para la correcta interpretación y ejecución del proyecto estructural, aquí se detallan elementos constructivos que forman parte de la estructura vertical y parte de los acabados del edificio, complementando la información general que se mostrará en los planos arquitectónicos junto a ciertos procedimientos que el personal de la obra deberá seguir.

En este caso, estos planos fueron revisados con el propósito de identificar los ejes estructurales y referencias geométricas necesarias para el levantamiento y control topográfico. A partir de ellos se determinaron las líneas de construcción que debían verificarse en campo, así como las cotas de niveles de piso terminado y los puntos de control críticos referentes a elementos estructurales, especialmente en aquellas zonas de conexión, con accesos principales o de los que tuvieran relación con elementos de cargas para reafirmar la seguridad.

Dentro de los elementos que posee este plano y que son de relevancia, tenemos las plantas de desplante de muros, detalles de desplante de pretilas, detalles de muros y dadas, además de refuerzos como se ve en los planos de la **Figura 9** y la **Figura 10**. También los detalles de separación de castillos y procedimientos de los mismos, volados, remates de muro con trabes junto a los NPT (niveles de piso terminados) como referencia para cada elemento.

Estos fueron utilizados para verificar la correspondencia entre las mediciones topográficas y el diseño proyectado, permitiendo detectar posibles diferencias en cotas o alineamientos una vez que el trabajo en campo comience. Asimismo, sirvieron como base para el replanteo de muros y para el control de verticalidad y nivelación durante el proceso constructivo.

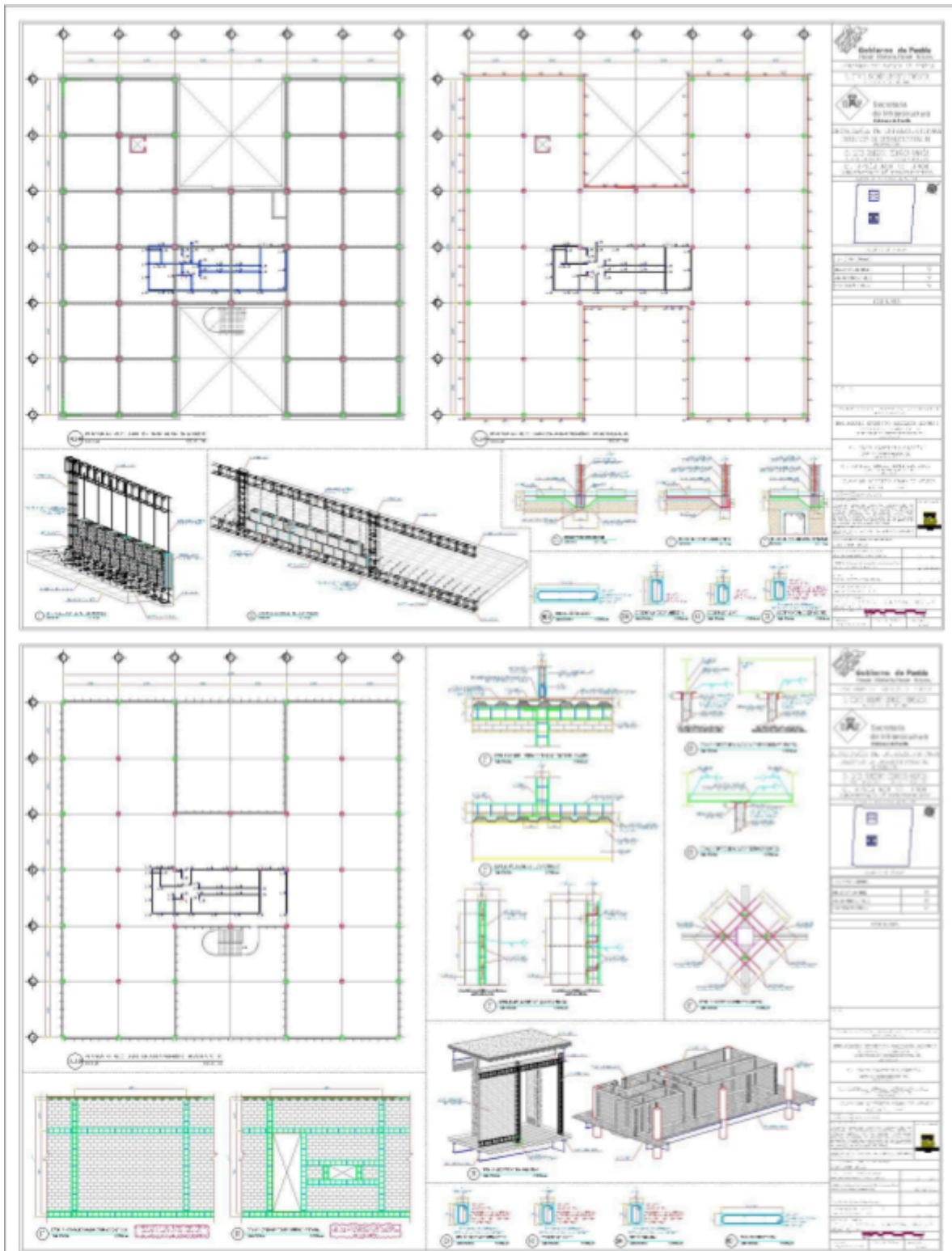


Figura 9. Planos de albañilería de planta baja y nivel uno. (Fuente: Proyecto)

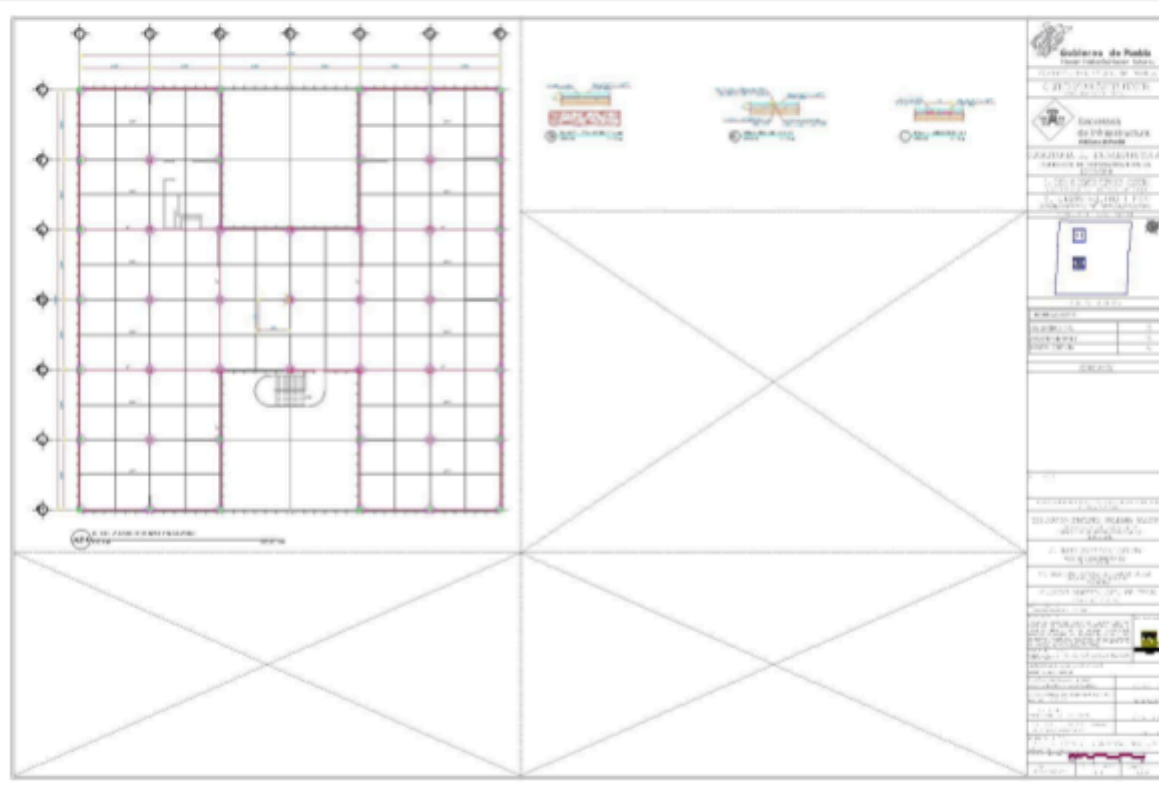
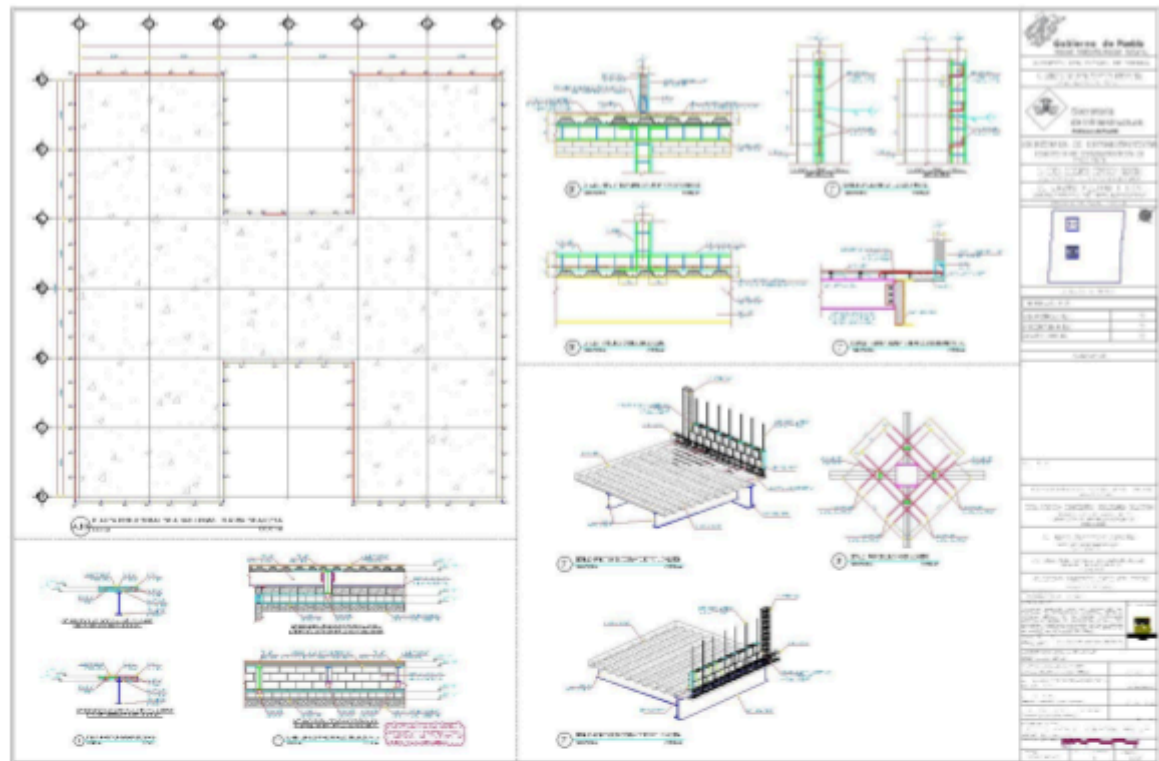


Figura 10. Planta albañilería, detalles de azotea. (Fuente: Proyecto)

3.2.3 Planos de losa

Como se mencionó anteriormente, dentro del paquete de planos entregado para la revisión preliminar se incluyeron los planos de losa, los cuales forman parte esencial del conjunto de planos estructurales, ya que contienen la información relativa a los elementos horizontales que conforman cada uno de los niveles del edificio. Estos planos son fundamentales para el control geométrico de la estructura, al especificar detalles como las cotas de nivel, espesores, refuerzos, anclajes y conexiones estructurales.

En el caso del proyecto de la Biblioteca de la UPII, los planos de losa fueron utilizados para verificar las cotas de nivel proyectadas, particularmente los N.T.C. (Niveles de Tope de Concreto), los cuales sirvieron como referencia para establecer los puntos de control durante la nivelación y el replanteo en campo.

De acuerdo con los planos revisados, las cotas se distribuyen de la siguiente manera:

- Planta baja: +0.20 m, correspondiente a la cota 2110.50 (**Figura 11**)
- Nivel 1: +4.52 m, correspondiente a la cota 2114.82 (**Figura 12**)
- Azotea: +8.12 m, correspondiente a la cota 2118.62 (**Figura 13**)

Este análisis permitió establecer los puntos de control topográfico necesarios para la nivelación de losas, asegurando que su ejecución se realizara conforme a los niveles definidos en el diseño estructural. A su vez, permitió la identificación precisa de las zonas donde debían efectuarse verificaciones adicionales a lo largo del proceso constructivo, con el fin de garantizar la coherencia entre el diseño y la obra ejecutada.

Entre los elementos más relevantes representados en estos planos se incluyen los detalles de refuerzo de los firmes y dalas de desplante en la planta baja, así como los detalles de anclaje de castillos a losacero y los desplantes en muros divisorios. También se incorporan las especificaciones para la construcción de guarniciones,

proyectadas con un ancho de 0.20 m y un Nivel de Guarnición (N.G.) de 0.15 m sobre el nivel de piso terminado.

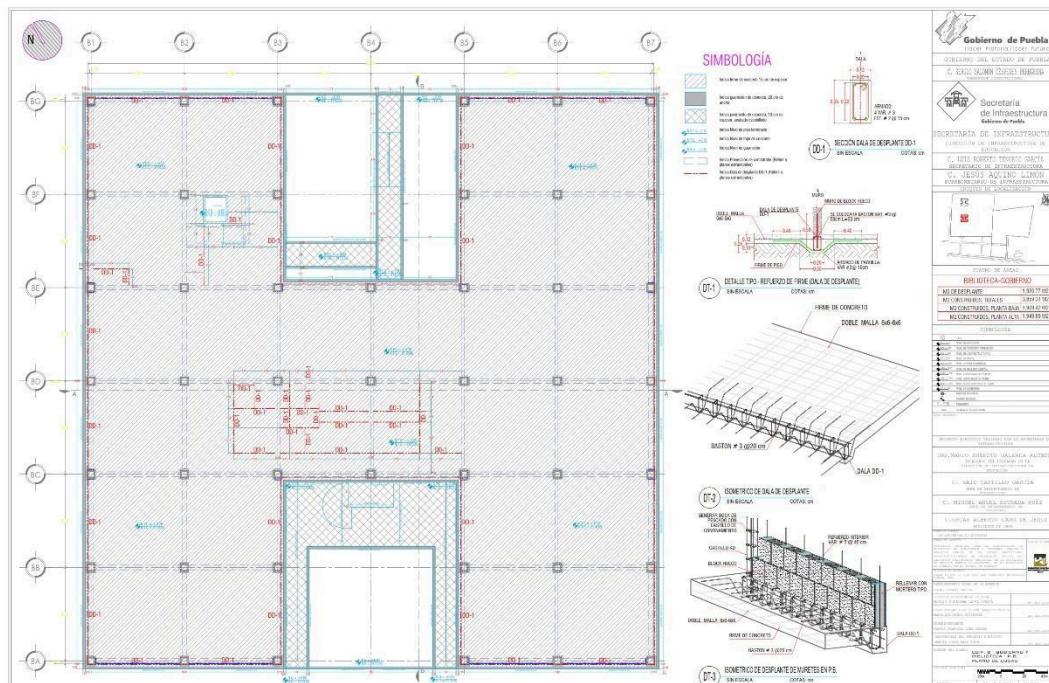


Figura 11. Plano de losa. Planta baja. (Fuente: Proyecto)

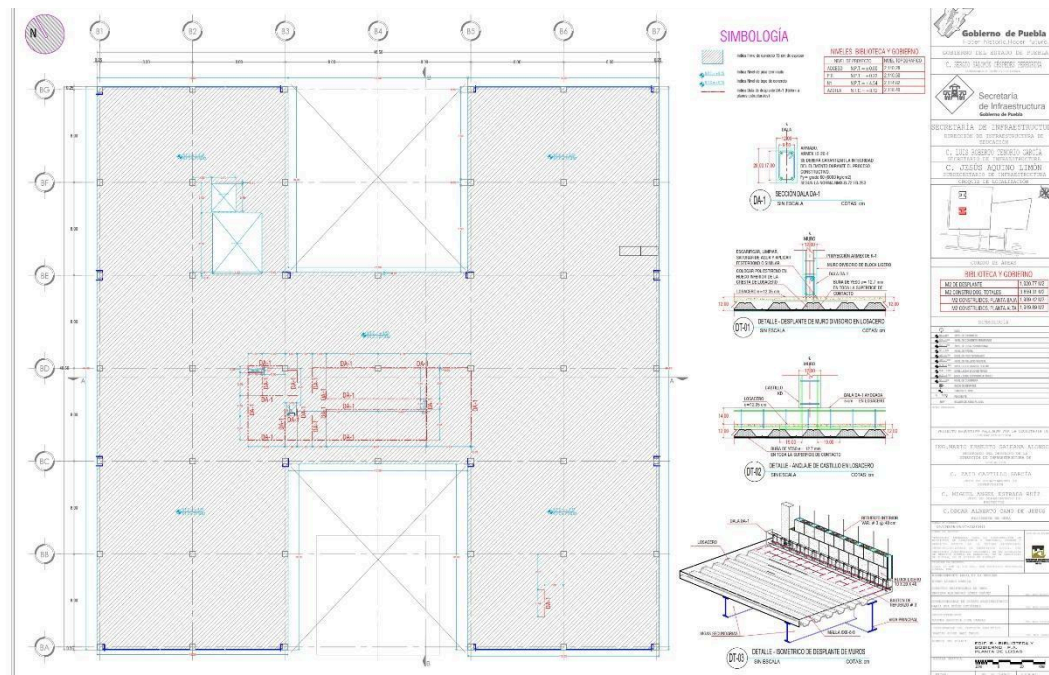


Figura 12. Plano de losa. Nivel 1. (Fuente: Proyecto)

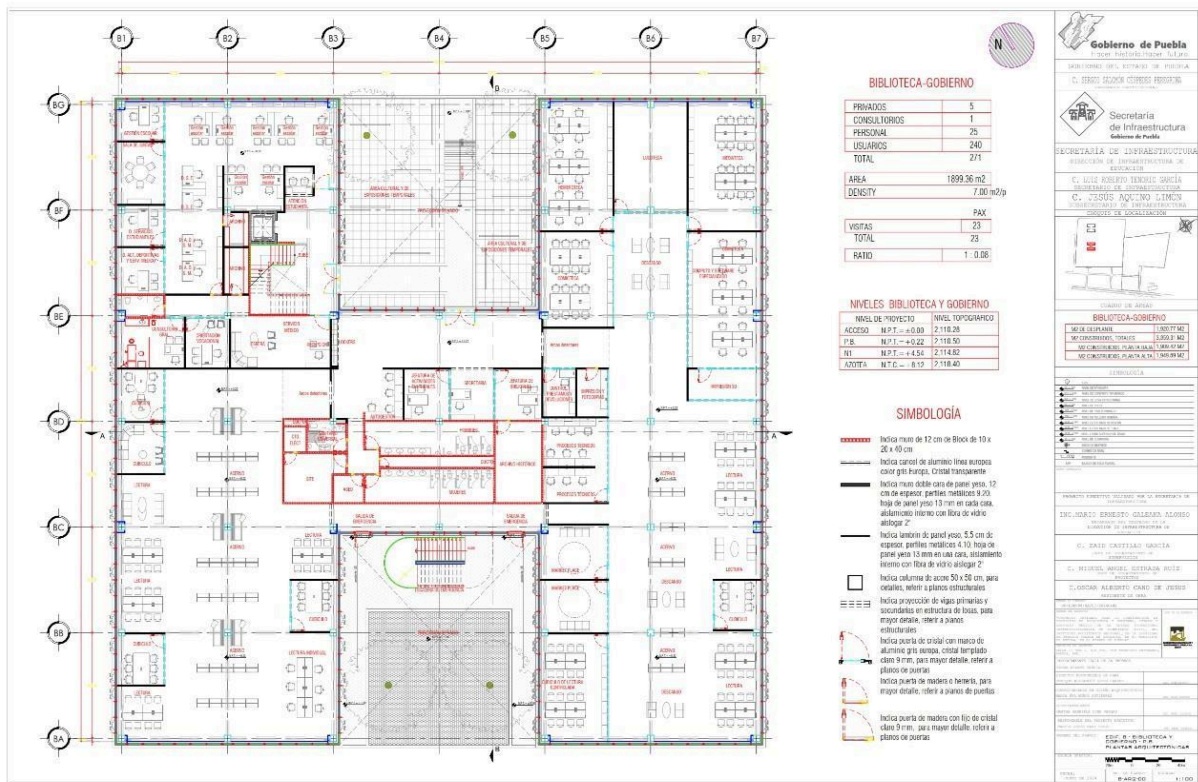


Figura 14. Plano arquitectónico, planta baja. (Fuente: Proyecto)

Para el nivel 1, que es la zona de gobierno dentro de la biblioteca, el espacio solo se distribuyo como se muestra en la **Figura 15**, en que 122 espacios fueron otorgados de la siguiente forma:

- 42 espacios privados
- 80 espacios de personal

En un área de 1899.36 m², donde gracias a que el total de espacios es menor en proyección, se espera una densidad aprox. De 15.32 m²/p. También se proyectaron 5 salas de juntas para esta planta, con capacidad de 30,12 y 8 personas respectivamente y 5 salas de espera.

Desde el punto de vista topográfico, estos planos resultaron útiles para verificar las dimensiones internas y los ejes de referencia dentro del levantamiento, asegurando que los elementos de mobiliario y equipamiento se ubicaran conforme a las medidas reales del terreno y la estructura construida. Asimismo, sirvieron como apoyo para la ubicación de instalaciones eléctricas y de voz y datos, las cuales se proyectaron en función de la disposición final del mobiliario.

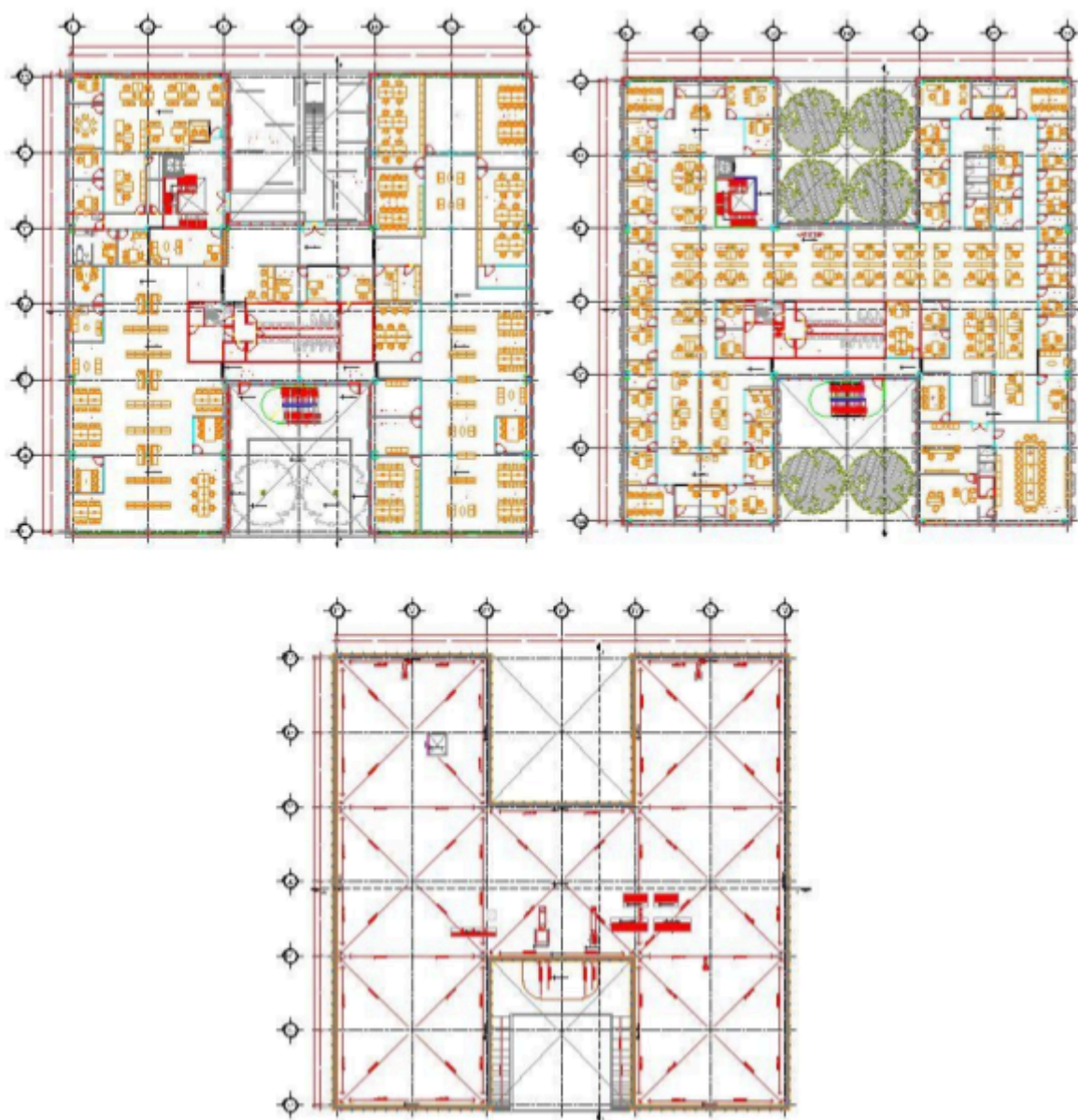


Figura 16. Diseño y distribución de mobiliario. (Fuente: Proyecto)

3.3 Metodología ejecutada

Para la realización del levantamiento topográfico correspondiente al proyecto de la Biblioteca de la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería (UPII) del campus IPN en Puebla, se implementó una metodología estructurada que permitió garantizar la precisión y confiabilidad de los datos obtenidos. Dicha metodología comprendió una serie de etapas secuenciales, desde la preparación previa hasta la obtención y procesamiento de la información final.

1. En primer lugar y como se explico con anterioridad, se llevo a cabo una revisión documental de todos los planos que pudieran tener relación topográfica, con el fin de identificar los elementos principales del edificio, los niveles de las plantas y de elementos primordiales y la ubicación general del edificio, permitiendo determinar puntos a identificar en el trabajo de campo.
2. En segundo lugar, se efectuó la visita de reconocimiento, donde se evaluó el sitio, los accesos y obstrucciones que pudieran ser de relevancia. Durante esta etapa, también se definieron puntos de control que servirían de base.
3. Una vez ejecutada la etapa anterior, se llevo a cabo el trabajo topográfico respecto al trazo inicial, donde se llevo el control de cimentación, muros estructurales, etc. Conforme al diseño revisado de los planos y que se describirá a profundidad en el capítulo IV.
4. A medida que avanzó la construcción, se realizaron controles periódicos sobre columnas, muros y losas de cada nivel. Se verificaron los N.T.C. (Niveles de Tope de Concreto) y la alineación vertical de los elementos portantes, empleando métodos de transferencia de coordenadas y cotas mediante estación total. Este proceso permitió mantener la correspondencia exacta entre los niveles proyectados y los ejecutados. Además de monitorear continuamente el proceso constructivo del edificio.

3.3.1 Instrumentos topográficos usados

Para llevar a cabo las tareas topográficas del proyecto de biblioteca UPII, se emplearon instrumentos y materiales especializados para obtener mediciones precisas del terreno y de las estructuras a realizar.

Entre los instrumentos usados se encuentran:

- Estación total marca Sokkia Cx-105 y Topcon Es-107 (**Figura 17**)

Características generales		
Característica	Sokkia CX-105	Topcon ES-107
Precisión angular	5"	7"
Rango sin prisma	500 m	500 m
Rango con prisma	Hasta 5,000 m	Hasta 3,000 m
Precisión distancia	2 mm + 2 ppm	2 mm + 2 ppm
Protección	IP66	IP66
Batería	36 h	36 h
Peso	5.6 kg	5.6 kg

- Nivel automático Hi Target HT-32

Características generales	
Característica	Hi Target HT-32
Aumento óptico	32×
Precisión de nivelación	±1.0 mm por kilómetro
Compensador automático	Sí, tipo aire, rango ±15'

Protección polvo/agua	IP66
Distancia mínima de enfoque	1 m
Peso aproximado	1.4 kg

- Tripiés de aluminio
- Prismas de estación total.
- Mini prismas.
- Cinta métrica, para medidas auxiliares y comprobación de distancias cortas.
- Señales de referencia para el marcaje de puntos de control, niveles de referencia, etc.

Adicionalmente, se hizo uso de software especializado para el procesamiento de ciertos datos. Entre estos se uso AutoCAD 2020 y el modulo extra de CivilCAD.

El uso de estos equipos y herramientas permitió garantizar la precisión necesaria en el levantamiento, reducir errores de medición y asegurar que la información obtenida fuese completamente compatible con el diseño proyectado del edificio.



CAPITULO IV. Aplicación del control topográfico en la obra vertical

4.1 Control y replanteo de estructuras

4.1.1 Establecimiento de la red de control

El proceso de control en campo, fue iniciado mediante la materialización de la red de control topográfica del lugar, elemento fundamental que permite garantizar la correcta ejecución de todas las actividades subsecuentes del levantamiento, para ello se procedió a establecer puntos de control primario ubicados de forma estratégica en la periferia inmediata a la zona de cimentación, de manera en que permanecieran estables y protegidos en el desarrollo de excavaciones o movimientos de tierra. Esta decisión permitió mantener un sistema de referencia confiable y continuo, evitando desplazamientos accidentales y facilitando un proceso de verificación lineal identificable durante toda la etapa de trabajo.

El sistema de referencia usado, como se menciono antes, corresponde a las coordenadas UTM zona 14N, acorde con la localización del municipio de Puebla. Bajo este contexto, la cota de referencia inicial fue obtenida a partir de un banco de nivel cercano a las inmediaciones del sitio, esta misma cota fue trasladada a los puntos de control con una nivelación geométrica para asegurar homogeneidad altimétrica en la red.

Una vez establecidos estos puntos, se empleo el equipo de estación total para proyectar y marcar ejes principales de la estructura, siguiendo de forma rigurosa las especificaciones de los planos antes mostrados. Esta etapa incluyo también verificar la ortogonalidad de los ejes, la comprobación de alineamientos, distancias, etc. (**Figura 18**)



Figura SEQ Figura * ARABIC 18. Elaboración del establecimiento de puntos de control y marcaje en campo. (Imagen propia)

4.1.2 Replanteo de cimentación y columnas.

Este proceso se llevo a cabo en etapas criticas en las que se verificaba la ubicación de los ejes de elementos estructurales como zapatas y pilotes. Para la etapa de elevación, con la estación total se transfirieron los ejes de la planta baja a la losa de cimentación y posteriormente a los niveles superiores. El replanteo se dividió en fases secuenciales que demandaron una precisión milimétrica, siendo el control horizontal y vertical de los elementos estructurales el principal objetivo

Las tolerancias aplicadas fueron las siguientes:

Elemento estructural	Tolerancia máxima aplicada	Instrumento
Replanteo de ejes	± 5 mm	Estación total
Nivelación de cimentación	± 3 mm	Nivel automático
Verticalidad de columnas	± 5 mm	Estación total

La ejecución de elementos estructurales requirió una precisión superior en el proceso de replanteo, siendo fundamental el no exceder la tolerancia milimétrica establecida para garantizar el encuadre y la correcta alineación geométrica de la estructura.

Complementariamente, fue indispensable determinar con exactitud los niveles de excavación y las profundidades de desplante de los elementos de cimentación. Todo este proceso fue ejecutado por medio del uso de estación total, para proyectar los puntos de diseño y materializar en campo todas las cotas de fondo con estacas y marcas manuales que indicaban la profundidad precisa requerida por la maquina como se ve en la **Figura 19**. Es importante mencionar que en esta fase es necesario contar con información precisa, ya que la desviación respecto a las cotas especificadas podría generar deficiencias significativas en la instalación y estabilidad de la cimentación. (**Figura 20**).



Figura SEQ Figura * ARABIC 19. Marcaje de elementos estructurales y excavaciones. (Imagen propia)



Figura 20. Revisión de niveles para la cimentación. (Imagen propia)

4.2 Montaje y características de los elementos estructurales verticales

Durante el control geométrico del proyecto se proyectó la instalación de elementos estructurales verticales que corresponden a columnas metálicas que conforman el sistema resistente principal del edificio (**Figura 21**). Estos elementos fueron prefabricados en acero y posteriormente montadas en obra con uso de grúas y equipos de izaje especializados, siguiendo la retícula estructural establecida en los planos ejecutivos.

Cada columna fue colocada en dados de cimentación contruidos, los cuales contenían pernos de anclaje nivelados y verificados con anterioridad por el equipo de topografía, Una vez posicionadas las columnas fueron provisionalmente

alineadas con apoyos y tensores para su ajuste final y milimétrico a través de el equipo, garantizando su correcta verticalidad y orientación.

Las columnas presentan ménsulas de conexión para recibir las vigas primarias y secundarias de la estructura, a la altura correspondiente de los niveles de las plantas. Estas conexiones permitirían la conformación de marcos rígidos que proporcionan estabilidad lateral al edificio.

El control topográfico en esta etapa fue esencial, ya que se verifico primordialmente la alineación horizontal y la coincidencia de las columnas con ejes para asegurar cumplir con las tolerancias especificadas en la normativa.



Figura 21. Control en montaje vertical. (Imagen propia)

4.3 Verificación de cotas y niveles de piso de plantas

La verificación de niveles en las plantas del edificio constituyo una etapa esencial para asegurar la concordancia entre el diseño estructural proyectado en los planos y la realidad física que se haya en el sitio. Para ello se realizaron una serie de comprobaciones que incluían no solo el correcto posicionamiento de elementos estructurales, si no también el nivel de cada losa, niveles de piso y terrenos construidos, etc. Intentado evitar la acumulación de errores que pudieran generar desfases importantes en columnas, trabes, etc.

4.3.1 Control geométrico de losas y N.T.C

Este proceso se ejecuto mediante el uso mixto de la estación total y el nivel automático, permitiendo obtener medidas precisas de altura, alineación y pendiente de acuerdo a los planos elaborados. En cada una de las etapas se hizo la comparación de los valores de campo con los teóricos, buscando verificar y contrastar lo siguiente:

- Alturas absolutas y relativas de cada losa. Buscando evitar las diferencias significativas para que no hubiese daño estructural con el paso del tiempo.
- Desniveles y deformaciones propias de la ejecución. Especialmente en el área de losas con grandes claros o cargas que pudieran resultar variables.
- Niveles de terreno construido. Que constitúan la base sobre la que los niveles subsecuentes se estaban ejecutando, por lo que su importancia radicaba en evitar variaciones significativas.

Esta verificación permitió evitar desviaciones ocasionados por colados, asentamientos de la cimbra, deformaciones por factores ambientales o posibles errores de referencia, y de ser así, poder hacer los ajustes oportunos en obra.



Figura 22. Control de losas. (Imagen propia)

4.4 Verificación de ejes y niveles en interior de planta.

La verificación de ejes y niveles dentro de cada planta del edificio correspondió a la alineación del trabajo ejecutado con el diseño arquitectónico y estructural de la obra. Una vez que se realizó el montaje de la estructura metálica y se hizo el colado de losas, fue necesario verificar que todos los elementos proyectados tales como muros, trabes, instalaciones, etc. Se encontrarán definidos dentro de cada piso y se encontrarán en el edificio de acuerdo a la disposición indicada en los planos arquitectónicos.

El equipo topográfico fue colocado de manera estratégica en el área para materializar en el interior los puntos de referencia. Durante este paso, se verificó de manera principal la proyección de los ejes a los espacios interiores, el control

de los niveles de piso y sus repellados y se ajustaron las áreas de división interior para corroborar que pudieran encajar con los planos que se dieron y los espacios pudieran ser conservados sin mayor detalle.

La **Figura 23** muestra la disposición de la estación en estas tareas, así como el ordenamiento de algunos puntos.



Figura SEQ Figura * ARABIC 23. Ejecución de elementos interiores. (Imagen propia)

4.5 Resultados finales

Tras la ejecución completa del proceso de levantamiento, control y supervisión, se obtuvieron resultados favorables que confirman la realización correcta del proyecto respecto a los planos otorgados y las tolerancias dadas por normas.

Los elementos de tipo estructural fueron montados conforme a las cotas de diseño mostradas en los planos y analizadas por el equipo de ingenieros, logrando asegurar la estabilidad del sistema portante, además de que las desviaciones planimétricas y altimétricas que lograron registrarse se mantuvieron dentro del rango permitido por norma, lo que evidencio un correcto proceso de verificación durante el trabajo de campo, una correcta instrumentación y un uso exitoso de los elementos auxiliares colocados. La estructura logro concluir su etapa de montaje sin incidencias mayores para dar paso a la instalación de elementos interiores y acabados.

Se logro ejecutar de forma correcta el montaje y construcción del edificio UPII con todas las áreas destinadas a biblioteca y a la zona de gobierno en la segunda planta del mismo, junto a las instalaciones de servicio, detalles de muros interiores, de piso, instalación de inmobiliario y se respetaron las áreas previstas para lo que se convertiría en área verde.

A su vez, cuando la etapa de pruebas de carga e inspecciones finales fueron terminadas, el proyecto se entregó para su inauguración a la empresa encargada y a las autoridades correspondientes.

En la **Figura 24** se muestra la imagen del edificio UPII una vez que se terminó, y en la **Figura 25** se muestra la imagen general de las instalaciones con los demás edificios planificados para el campus en la ciudad de Puebla.



Figura 24. Edificio UPII terminado. (Imagen propia)



Figura 25. Campus CECyT20 y edificio UPII en su apertura (Fuente: Pulso saludable)

4.5.1 Inauguración oficial

La inauguración de los centros educativos del IPN que corresponden a la UPII “Alejo Peralta” y al CECyT no. 20 “Natalia Serdán Alatríste” se llevó a cabo el día 11 de diciembre del año 2024 en la ciudad de Puebla, representando un logro representativo a la comunidad estudiantil y al desarrollo económico y social del estado al ser considerado uno de los proyectos de infraestructura académica mas relevante de los últimos años.

La ceremonia, como se muestra en la **Figura 26** conto con la participación de figuras de autoridad federal y estatal y con la presencia de la presidenta de México Claudia Sheinbaum Pardo que encabezó el acto protocolario e hizo énfasis en la importancia de ampliar la cobertura educativa y científica del país.

La inauguración marcó el cierre formal del proyecto constructivo y el inicio de las operaciones académicas de ambas instituciones, reflejando el esfuerzo conjunto entre instancias gubernamentales, el sector educativo y los equipos técnicos encargados de la obra, incluyendo el control topográfico que permitió garantizar la precisión y calidad en cada etapa del desarrollo.



Figura 26. Ceremonia de inauguración. (Fuente: Gobierno de México)

CONCLUSIÓN

La topografía ha sido por años una de las ciencias más importantes dentro del área de la construcción al proporcionar datos precisos e importantes de elementos que intervienen en las obras desde los primeros pasos de la misma. No solo se trata de una herramienta que nos da áreas o volúmenes, sino que por el contrario se trata de una serie de pasos clave para poder asegurar la obtención de información que contemple características físicas del lugar, posibles dificultades y otros que puedan ser de ayuda en el diseño y ejecución de la infraestructura.

Cuando esta disciplina se aplica en obras verticales, como lo son edificios, su rigor incrementa de manera considerable gracias a todas las implicaciones técnicas que conlleva. En estos casos los elementos geométricos se vuelven más específicos y precisos pues de ellos depende el correcto funcionamiento del proyecto. La topografía se integra entonces a diversas áreas de trabajo para garantizar la colocación milimétrica de estructuras metálicas, la correcta alineación de elementos estructurales, la ubicación exacta de columnas y ejes y la fiel materialización de los espacios que se proyectan en los planos.

Por ello la topografía se convierte en una herramienta indispensable desde la ingeniería preliminar hasta los últimos ajustes previos a la entrega del proyecto. Contar con un dominio sólido tanto de conocimientos teóricos como de habilidades prácticas representa una responsabilidad esencial para el ingeniero topógrafo a lo largo de toda su participación en obra.

La ejecución del edificio UPII del IPN demuestra como la correcta aplicación de la topografía, junto con el cumplimiento de las normas de construcción constituye no solo un requisito obligatorio si no también un componente crítico de análisis en cada fase del proceso. Es importante reconocer que debido a la magnitud y complejidad de cada proyecto de este tipo es prácticamente inevitable la presencia de errores que pueden ser por el equipo o por equivocación del operador. Sin embargo, lo verdaderamente relevante es la capacidad de identificar, corregir y mitigar estos de forma oportuna para asegurar que no haya repercusiones significativas en el desarrollo de la misma.

Asimismo, el caso del edificio UPII refleja cómo la topografía contribuye directamente a la seguridad estructural y a la eficiencia constructiva. Un error aparentemente mínimo en la colocación de un eje, en la verticalidad de una columna o en la nivelación de una losa podría generar repercusiones acumulativas que afecten la estabilidad del edificio, el desempeño de los sistemas constructivos e incluso la vida útil de la infraestructura. Por ello la precisión en cada etapa desde los controles iniciales hasta los ajustes finales garantiza no solo la fidelidad del proyecto sino también la confiabilidad de la obra terminada.

Este proyecto ejemplifica cómo la topografía es un elemento integrador entre la planificación y la ejecución. Su correcta implementación influye en la optimización de recursos, la reducción de retrabajos, la mejora en los tiempos de construcción y la entrega final de un producto de calidad. En última instancia reafirma que la labor del ingeniero topógrafo no es complementaria sino fundamental para el éxito de cualquier obra, especialmente en edificaciones de gran envergadura donde la precisión es el cimiento principal sobre el cual se sostiene todo el desarrollo constructivo. La topografía no es solo una guía de materialización para representar físicamente un proyecto, es una ingeniería que contribuye a la calidad, seguridad y funcionalidad del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

ECONOMÍA, S. D. (OCTUBRE DE 2021). *DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN*. OBTENIDO DE DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN: [HTTPS://WWW.DOF.GOB.MX/NOTA_DETALLE.PHP?CODIGO=5713228&FECHA=29/12/2023#GSC.TAB=0](https://www.dof.gob.mx/NOTA_DETALLE.PHP?CODIGO=5713228&FECHA=29/12/2023#GSC.TAB=0)

ET.AL, Z. (2018). GNSS-BASED VERTICALITY MONITORING OF SUPER-TALL BUILDINGS. *APPLIED SCIENCES*, 6.

FERNANDO, G. M. (1994). *CURSO BÁSICO DE TOPOGRAFÍA*. MÉXICO: ÁRBOL EDITORIAL S.A DE C.V.

HERNANDEZ, J. E. (2025). *SUPERVISIÓN Y CONTROL TOPOGRÁFICO APLICADO EN EL PROYECTO VERTICAL TORRE CORPORATIVA NIBA, EN EL MUNICIPIO DE GU A DALAJARA, JALISCO*. GUADALAJARA: UDEG.

IPN. (28 DE FEBRERO DE 2024). *INICIA CONSTRUCCIÓN DEL CECYT 20 Y LA UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA EN PUEBLA*. OBTENIDO DE INICIA CONSTRUCCIÓN DEL CECYT 20 Y LA UNIDAD PROFESIONAL INTERDISCIPLINARIA EN PUEBLA: [HTTPS://WWW.IPN.MX/IMAGENINSTITUCIONAL/COMUNICADOS/VER-COMUNICADO.HTML?Y=2024&N=11&T=6](https://www.ipn.mx/imageninstitucional/comunicados/ver-comunicado.html?Y=2024&N=11&T=6)

MIGUEL, M. D. (1989). *TOPOGRAFÍA*. MÉXICO: ALFAOMEGA.

QS. (2025). *QS WORLD UNIVERSITY RANKINGS: LATIN AMERICA & THE CARIBBEAN 2026*. OBTENIDO DE QS WORLD UNIVERSITY RANKINGS: LATIN AMERICA & THE CARIBBEAN 2026: [HTTPS://WWW.TOPUNIVERSITIES.COM/LATIN-AMERICA-CARIBBEAN-OVERALL?SEARCH=IPN](https://www.topuniversities.com/latin-america-caribbean-overall?search=ipn)

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2024). *RAE*. OBTENIDO DE RAE: [HTTPS://DLE.RAE.ES/ERROR](https://dle.rae.es/error)

REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES PARA EL DISTRITO FEDERAL. (2024). CDMX.

RÍOS, A. S. (2001). LOS LEVANTAMIENTOS Y PROCESOS TOPOGRÁFICOS EN LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN E INGENIERÍA CIVIL. *DEPARTAMENTO DE EXPRESIÓN GRÁFICA. UEX*, 8.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS. (2013). *ENGINEER MANUAL EM 1110-1-1005*. US.