

As-Built Elevations Builder's Level · Laser Auto Level · Turning Points

BM · BS · HI · FS · Elevation — Complete Field Manual

Level	Beginner	Format	PDF Guide
Topic	As-Built Elevations	Series	Module 3

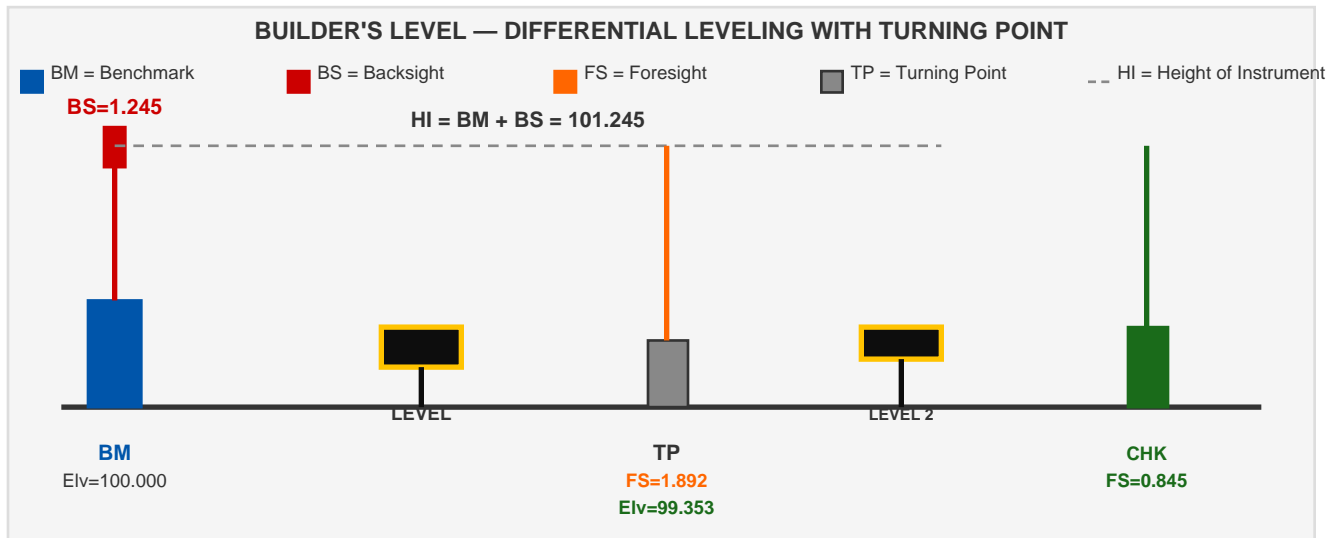


Figure 1: Differential leveling with turning point — BM, BS, HI, FS, TP and calculated elevations

KEY TERMS & FORMULAS

BM · BS · HI · FS · Elv · TP — Defined

These six terms are the foundation of all elevation work in construction. Master these and you can perform differential leveling with any instrument — builder's level, laser auto level, or total station.

TERM	FULL NAME	FORMULA	DESCRIPTION
BM	Benchmark	—	A known fixed elevation used as the starting reference point.
BS	Backsight	—	First rod reading taken on the BM or TP to establish the HI.
HI	Height of Instrument	$HI = BM\ Elv + BS$	The elevation of the line of sight through the level instrument.
FS	Foresight	—	Rod reading taken on any unknown point or Turning Point.
Elv	Elevation	$Elv = HI - FS$	The calculated elevation of any point from FS reading.
TP	Turning Point	—	Temporary point used to extend the leveling run beyond instrument range.

■ KEY FORMULAS

$$HI = BM\ Elevation + BS$$

The height of your instrument's line of sight.

$$Point\ Elevation = HI - FS$$

The elevation of any point you read with a foresight.

$$Closure\ Error = Final\ BM\ Reading\ Elevation - Known\ BM\ Elevation$$

Always close back to the BM to verify accuracy.

Builder's Level vs Laser Auto Level

BUILDER'S LEVEL	LASER AUTO LEVEL
<ul style="list-style-type: none"> • Manual optical level — you look through the eyepiece • Requires a rod person and a shooter • Very accurate for precise elevation work • Best for: slab checks, benchmark runs, column elevations • Typical accuracy: $\pm 1-2\text{mm}$ per setup 	<ul style="list-style-type: none"> • Emits a rotating laser beam — rod person reads the detector • Can work with one person (self-reading detector) • Faster for large areas — one setup covers the whole floor • Best for: formwork setting, large slab areas, quick checks • Typical accuracy: $\pm 3-5\text{mm}$ per setup
<p>When to use: As-Built documentation, precise elevation records, quality control reports, benchmark runs.</p>	<p>When to use: Setting formwork grades, rough checks across large floor plates, daily progress monitoring.</p>

■ **PRO TIP**

For As-Built documentation, always use a **Builder's Level or Total Station** — NOT a laser level. Laser levels are great for setting grades but are not precise enough for official quality control records.

TURNING POINTS

What They Are and When to Use Them

A **Turning Point (TP)** is a temporary point used when the instrument needs to be moved because the next measurement point is out of range or sight. The TP acts as a temporary benchmark — you take a Foresight (FS) on it to calculate its elevation, then move the instrument and take a Backsight (BS) on the same TP to re-establish the HI.

Rules for Turning Points

- ✓ Use a firm, stable object — a steel pin, a concrete nail, or a turning point plate
- ✓ Never move the TP between the FS and BS readings — it must stay in exactly the same position
- ✓ Take both FS (old setup) and BS (new setup) on the SAME point
- ✓ Calculate the new HI from the TP elevation + new BS reading
- ✓ Use as many TPs as needed — there is no limit
- ✗ Never use a soft or unstable surface as a TP — it will sink between readings
- ✗ Never use a vertical surface as a TP — the rod must sit flat

Turning Point Example Calculation

Step	Description	Formula	Value
1	Start at BM-1 — known elevation	BM Elv =	100.000 m
2	Read BS on BM-1	BS =	1.245 m
3	Calculate HI	HI = BM + BS	101.245 m
4	Read FS on Turning Point TP-1	FS =	1.892 m
5	Calculate TP-1 elevation	Elv TP-1 = HI - FS	99.353 m
6	MOVE INSTRUMENT — set up new position	—	—
7	Read BS on TP-1 (same point!)	New BS =	1.632 m
8	Calculate new HI	New HI = TP-1 + BS	100.985 m
9	Now read FS on any new points	Continue leveling	—

How to Run Differential Leveling

STEP 1 Set Up on a Stable Position

- Set up your level instrument on firm, level ground
- Level the instrument carefully (check the bubble)
- For laser auto level: turn on and confirm the beam is rotating
- Choose a position with clear sight lines to both BM and your target points

STEP 2 Take Backsight (BS) on the Benchmark

- Have your rod person hold the rod on the BM
- Read the rod (builder's level: read crosshair; laser: read detector)
- Record BS in your field book
- Calculate: $HI = BM \text{ Elevation} + BS$

STEP 3 Take Foresights (FS) on All Target Points

- Move rod to each point you want to check
- Read the rod and record FS for each point
- Calculate: $\text{Point Elevation} = HI - FS$
- Compare to design elevation and calculate deviation

STEP-BY-STEP FIELD PROCEDURE (CONTINUED)

STEP 4 Use Turning Points When Needed

- If a point is out of range, take FS on a stable Turning Point
- Record TP elevation: $TP\ Elv = HI - FS$ (on TP)
- Move instrument to new position
- Take BS on same TP: $New\ HI = TP\ Elv + New\ BS$
- Continue taking readings from new HI

STEP 5 Close Back to the Benchmark

- After all readings, return to BM-1 and take final FS
- Calculate closure elevation: $Final\ Elv = Last\ HI - Final\ FS$
- Closure Error = Final Elevation - Known BM Elevation
- Acceptable closure: $\pm 0.050m$ for construction, $\pm 0.010m$ for precise work

STEP 6 Record and Report

- Fill in your level book table: BM, BS, HI, FS, Elevation for every point
- Flag any elevations outside tolerance ($\pm 6mm$ from design)
- Note date, time, instrument, weather, and surveyor name
- Submit report to GC within 24 hours

FIELD EXAMPLE

Sample Level Book — Slab Elevation Survey

The following is a complete level book for a slab elevation survey. BM elevation = 100.000m. Design slab elevation = 100.500m. Tolerance = ± 6 mm.

Station	BS	HI	FS	Elevation	Notes
BM-1	1.245	101.245	—	100.000	Benchmark — known elevation
TP-1	1.632	100.985	0.892	99.353	Turning Point — move instrument
Slab A	—	—	0.540	100.445	Slab elevation at column A1
Slab B	—	—	0.612	100.373	Slab elevation at column B1
Slab C	—	—	0.489	100.496	Slab elevation at column C1
TP-2	1.421	101.285	1.121	99.864	Turning Point — move instrument
Slab D	—	—	0.632	100.653	Slab elevation at column A2
BM-1 Check	—	—	1.248	100.037	Close back to BM — error: +0.037m

■ Closure Error = 0.037m — Acceptable (within ± 0.050 m for construction leveling)

■ Design Slab Elevation = 100.500m — Tolerance ± 6 mm

Deviation Analysis

Station	Design Elv (m)	Actual Elv (m)	Deviation (mm)	Status
Slab A	100.500	100.445	-55 mm	FAIL
Slab B	100.500	100.373	-127 mm	FAIL
Slab C	100.500	100.496	-4 mm	PASS
Slab D	100.500	100.653	+153 mm	FAIL

FIELD TIPS

Tips & Common Mistakes

✓ BEST PRACTICES	✗ COMMON MISTAKES
Always close back to the BM to check your work.	Never skip the closure check — errors go undetected.
Use a firm, stable turning point plate or pin.	Never use a soft surface (soil, wood scrap) as a TP.
Record ALL readings — BS, HI, FS, and Elevation for every point.	Do not skip recording the HI — you cannot check your work later.
Keep the BS and FS distances roughly equal to cancel refraction errors.	Avoid very long FS shots — accuracy decreases with distance.
Check instrument level before every reading.	Do not assume the instrument stays level — always verify.
For laser level: confirm detector beeps and reads correctly before recording.	Do not record laser readings in direct sunlight without a detector — beam is invisible.

Field Checklist — Elevation Survey

- Instrument set up and leveled before starting
- BS taken on BM — HI calculated
- All FS readings recorded with station names
- Turning Points used correctly (FS then BS on same point)
- Design elevations on hand for comparison
- Closure check performed — error within acceptable limits
- All deviations calculated and flagged
- Report submitted within 24 hours

ABOUT THIS GUIDE

3D Structure Solutions Inc. — E-Training Program

This is **Module 3** of the 3DSS E-Training Series. With Modules 1, 2, and 3 you now have a complete foundation for professional construction survey work — from local control setup to As-Built reporting and elevation surveys.

Coming Next

- Module 4: Data to Field Integration — from CAD to Total Station
- Module 5: Material Take Off & Building Layout
- Video Series: watch the full process on YouTube
- ■ Podcast: Field Engineering Stories & Best Practices

3D Structure Solutions Inc.

Edmonton, Alberta, Canada

Phone: 403-714-6331

Email: info@3dssinc.com

Web: www.3dssinc.com

YOU ARE THE CONTROL

Field Engineering · Formwork

Construction Cleaning

Accounting & Bookkeeping

E-Training

Elevaciones As-Built

Nivel de Constructor · Nivel Láser · Puntos de Cambio

BM · BS · HI · FS · Elevación — Manual Completo de Campo

Nivel	Principiante	Formato	Guía PDF
Tema	Elevaciones As-Built	Serie	Módulo 3

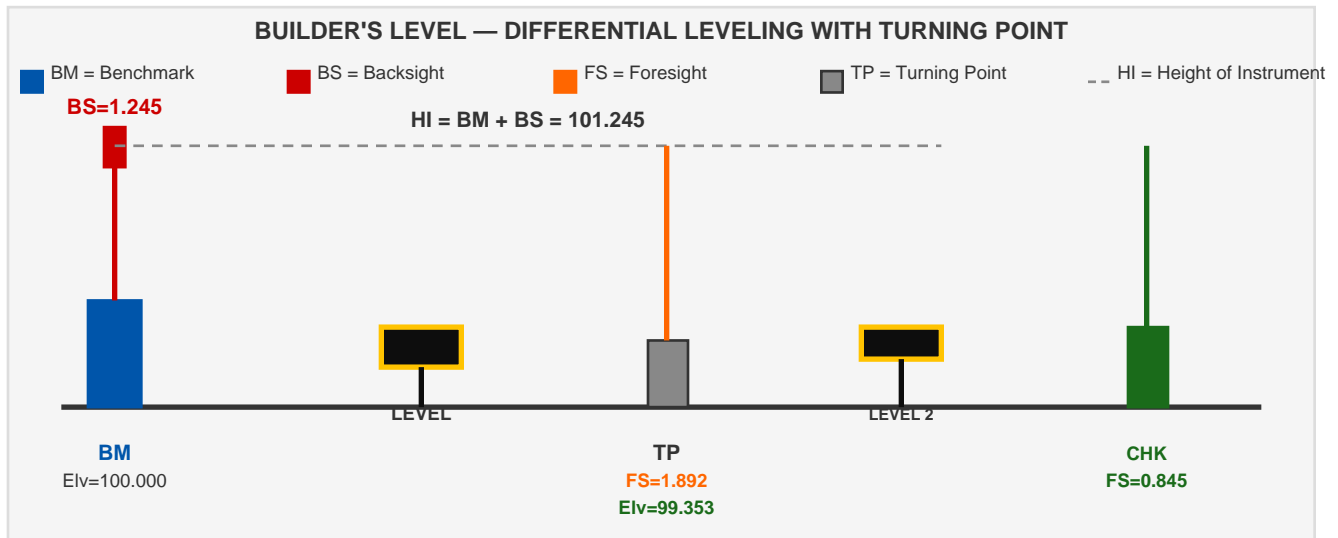


Figura 1: Nivelación diferencial con punto de cambio — BM, BS, HI, FS, TP y elevaciones calculadas

TÉRMINOS CLAVE Y FÓRMULAS

BM · BS · HI · FS · Elv · TP — Definidos

Estos seis términos son la base de todo el trabajo de elevaciones en construcción. Domínalos y podrás realizar nivelación diferencial con cualquier instrumento — nivel de constructor, nivel láser automático o estación total.

TÉRMINO	NOMBRE COMPLETO	FÓRMULA	DESCRIPCIÓN
BM	Punto de Referencia (Benchmark)	—	Elevación fija conocida usada como punto de referencia inicial.
BS	Lectura Atrás (Backsight)	—	Primera lectura de mira sobre el BM o TP para establecer el HI.
HI	Altura del Instrumento	$HI = Elv\ BM + BS$	La elevación de la línea de visión a través del nivel.
FS	Lectura Adelante (Foresight)	—	Lectura de mira sobre cualquier punto desconocido o Punto de Cambio.
Elv	Elevación	$Elv = HI - FS$	La elevación calculada de cualquier punto a partir de la lectura FS.
TP	Punto de Cambio (Turning Point)	—	Punto temporal para extender el levantamiento más allá del alcance del instrumento.

■ FÓRMULAS CLAVE

HI = Elevación BM + BS

La altura de la línea de visión de tu instrumento.

Elevación del Punto = HI - FS

La elevación de cualquier punto que leas con una lectura adelante.

Error de Cierre = Elevación Final BM - Elevación Conocida BM

Siempre cierra al BM para verificar la precisión.

Nivel de Constructor vs Nivel Láser Automático

NIVEL DE CONSTRUCTOR	NIVEL LÁSER AUTOMÁTICO
<ul style="list-style-type: none"> • Nivel óptico manual — se mira a través del ocular • Requiere un portador de mira y un observador • Muy preciso para trabajo de elevación • Ideal para: verificaciones de losa, recorridos de BM, elevaciones de columnas • Precisión típica: $\pm 1-2\text{mm}$ por configuración 	<ul style="list-style-type: none"> • Emite un rayo láser rotativo — el portador lee el detector • Puede trabajar con una sola persona (detector de auto-lectura) • Más rápido para áreas grandes — una configuración cubre todo el piso • Ideal para: colocación de encofrado, grandes losas, verificaciones rápidas • Precisión típica: $\pm 3-5\text{mm}$ por configuración
<p>Cuándo usar: Documentación As-Built, registros precisos de elevación, informes de control de calidad, recorridos de benchmark.</p>	<p>Cuándo usar: Establecer niveles de encofrado, verificaciones rápidas en grandes losas, monitoreo diario de progreso.</p>

■ CONSEJO PRO

Para documentación As-Built, siempre usa un **Nivel de Constructor** o **Estación Total** — NO un nivel láser. Los niveles láser son ideales para establecer niveles, pero no son suficientemente precisos para registros oficiales de control de calidad.

PUNTOS DE CAMBIO

Qué Son y Cuándo Usarlos

Un **Punto de Cambio (TP)** es un punto temporal que se usa cuando el instrumento necesita moverse porque el siguiente punto de medición está fuera del alcance o la línea de visión. El TP actúa como un benchmark temporal — tomas una Lectura Adelante (FS) sobre él para calcular su elevación, luego mueves el instrumento y tomas una Lectura Atrás (BS) sobre el mismo TP para reestablecer el HI.

Reglas para los Puntos de Cambio

- ✓ Usa un objeto firme y estable — un pin de acero, un clavo de concreto, o una placa de punto de cambio
- ✓ Nunca muevas el TP entre las lecturas FS y BS — debe permanecer en exactamente la misma posición
- ✓ Toma tanto la FS (configuración antigua) como la BS (nueva configuración) sobre el MISMO punto
- ✓ Calcula el nuevo HI a partir de la elevación del TP + nueva lectura BS
- ✓ Usa tantos TPs como necesites — no hay límite
- ✗ Nunca uses una superficie blanda o inestable como TP — se hundirá entre lecturas
- ✗ Nunca uses una superficie vertical como TP — la mira debe descansar plana

Ejemplo de Cálculo con Punto de Cambio

Paso	Descripción	Fórmula	Valor
1	Empezar en BM-1 — elevación conocida	Elv BM =	100.000 m
2	Leer BS en BM-1	BS =	1.245 m
3	Calcular HI	HI = BM + BS	101.245 m
4	Leer FS en Punto de Cambio TP-1	FS =	1.892 m
5	Calcular elevación de TP-1	Elv TP-1 = HI - FS	99.353 m
6	MOVER INSTRUMENTO — nueva posición	—	—
7	Leer BS en TP-1 (¡mismo punto!)	Nueva BS =	1.632 m
8	Calcular nuevo HI	Nuevo HI = TP-1 + BS	100.985 m
9	Ahora leer FS en nuevos puntos	Continuar nivelación	—

Cómo Realizar la Nivelación Diferencial

PASO 1 Configurar en una Posición Estable

- Configura el nivel en terreno firme y nivelado
- Nivelas el instrumento cuidadosamente (verifica la burbuja)
- Para nivel láser automático: enciende y confirma que el rayo rota
- Elige una posición con líneas de visión despejadas al BM y los puntos objetivo

PASO 2 Tomar Lectura Atrás (BS) en el Benchmark

- El portador de mira sostiene la mira sobre el BM
- Lee la mira (nivel de constructor: lee retículo; láser: lee detector)
- Registra BS en tu cuaderno de campo
- Calcula: $HI = \text{Elevación BM} + BS$

PASO 3 Tomar Lecturas Adelante (FS) en Todos los Puntos

- Mueve la mira a cada punto que quieras verificar
- Lee la mira y registra FS para cada punto
- Calcula: $\text{Elevación del Punto} = HI - FS$
- Compara con la elevación de diseño y calcula la desviación

PROCEDIMIENTO DE CAMPO PASO A PASO (CONTINUACIÓN)

PASO 4 Usar Puntos de Cambio Cuando Sea Necesario

- Si un punto está fuera del alcance, toma FS en un Punto de Cambio estable
- Registra elevación del TP: $\text{Elv TP} = \text{HI} - \text{FS}$ (sobre TP)
- Mueve el instrumento a nueva posición
- Toma BS en el mismo TP: $\text{Nuevo HI} = \text{Elv TP} + \text{Nueva BS}$
- Continúa tomando lecturas desde el nuevo HI

PASO 5 Cerrar al Benchmark

- Después de todas las lecturas, regresa al BM-1 y toma FS final
- Calcula elevación de cierre: $\text{Elv Final} = \text{Último HI} - \text{FS Final}$
- Error de cierre = Elevación Final - Elevación Conocida BM
- Cierre aceptable: $\pm 0.050\text{m}$ para construcción, $\pm 0.010\text{m}$ para trabajo preciso

PASO 6 Registrar y Reportar

- Llena tu tabla de libreta de nivelación: BM, BS, HI, FS, Elevación para cada punto
- Marca las elevaciones fuera de tolerancia ($\pm 6\text{mm}$ del diseño)
- Anota fecha, hora, instrumento, clima y nombre del topógrafo
- Envía el reporte al GC dentro de las 24 horas

EJEMPLO DE CAMPO

Libreta de Nivelación — Levantamiento de Elevaciones de Losa

A continuación se muestra una libreta de nivelación completa para un levantamiento de elevaciones de losa. Elevación BM = 100.000m. Elevación de diseño de losa = 100.500m. Tolerancia = ± 6 mm.

Estación	BS	HI	FS	Elevación	Notas
BM-1	1.245	101.245	—	100.000	Benchmark — elevación conocida
TP-1	1.632	100.985	0.892	99.353	Punto de Cambio — mover instrumento
Losa A	—	—	0.540	100.445	Elevación de losa en columna A1
Losa B	—	—	0.612	100.373	Elevación de losa en columna B1
Losa C	—	—	0.489	100.496	Elevación de losa en columna C1
TP-2	1.421	101.285	1.121	99.864	Punto de Cambio — mover instrumento
Losa D	—	—	0.632	100.653	Elevación de losa en columna A2
BM-1 Cierre	—	—	1.248	100.037	Cierre al BM — error: +0.037m

■ **Error de Cierre = 0.037m — Aceptable (dentro de ± 0.050 m para nivelación de construcción)**

■ **Elevación de Diseño de Losa = 100.500m — Tolerancia ± 6 mm**

Consejos y Errores Comunes

✓ MEJORES PRÁCTICAS	✗ ERRORES COMUNES
Siempre cierra al BM para verificar tu trabajo.	Nunca omitas la verificación de cierre — los errores no se detectan.
Usa una placa o pin de punto de cambio firme y estable.	Nunca uses una superficie blanda (tierra, madera) como TP.
Registra TODAS las lecturas — BS, HI, FS y Elevación para cada punto.	No omitas registrar el HI — no podrás verificar tu trabajo después.
Mantén las distancias BS y FS aproximadamente iguales para cancelar errores de refracción.	Evita lecturas FS muy largas — la precisión disminuye con la distancia.
Verifica el nivel del instrumento antes de cada lectura.	No asumas que el instrumento permanece nivelado — siempre verifica.

Lista de Verificación — Levantamiento de Elevaciones

- Instrumento configurado y nivelado antes de comenzar
- BS tomada en BM — HI calculado
- Todas las lecturas FS registradas con nombres de estación
- Puntos de Cambio usados correctamente (FS luego BS en el mismo punto)
- Elevaciones de diseño disponibles para comparación
- Verificación de cierre realizada — error dentro de los límites aceptables
- Todas las desviaciones calculadas y marcadas
- Reporte enviado dentro de las 24 horas

3D Structure Solutions Inc. — Programa E-Training

Este es el **Módulo 3** de la Serie E-Training de 3DSS. Con los Módulos 1, 2 y 3 ahora tienes una base completa para el trabajo profesional de topografía de construcción — desde la configuración de control local hasta reportes As-Built y levantamientos de elevación.

Próximamente

- Módulo 4: Integración de Datos al Campo — de CAD a Estación Total
- Módulo 5: Cómputo de Materiales y Replanteo de Edificios
- Serie de Videos: mira el proceso completo en YouTube
- Podcast: Historias e Ingeniería de Campo — Mejores Prácticas

3D Structure Solutions Inc.

Edmonton, Alberta, Canada

Teléfono: 403-714-6331

Email: info@3dssinc.com

Web: www.3dssinc.com

YOU ARE THE CONTROL

Ingeniería de Campo · Encofrado

Limpieza de Obra

Contabilidad y Bookkeeping

E-Training