



Monitoreo y Modelación 3D en Línea en Acopios de Mineral



Aldo Castro
Automatización Procesos Industriales
(2) 4108132
Aldo.castro@c2mining.com

CONTENIDO

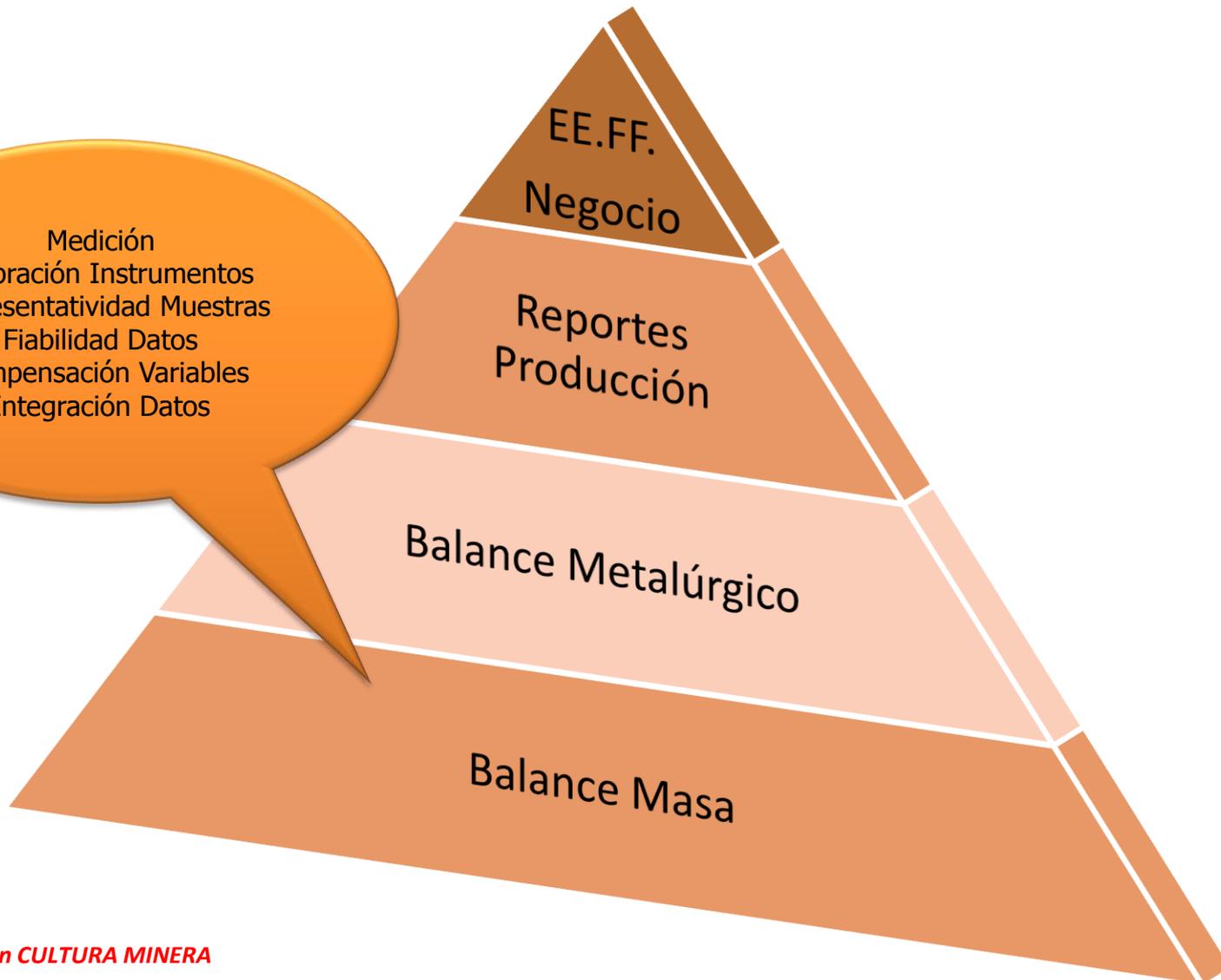
1. *Desafíos Operacionales*
2. *Tecnologías Actuales*
3. *Tecnología Dual Range*
4. *Aplicación en Acopios*
5. *Consideraciones Generales*
6. *Beneficios*



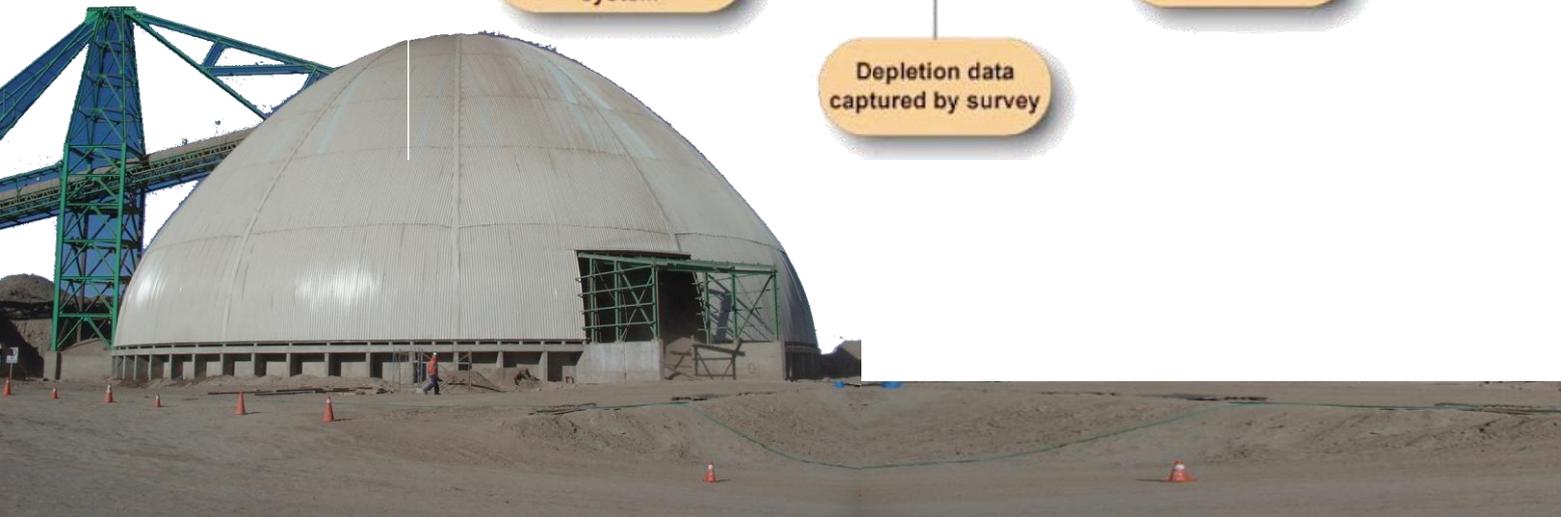
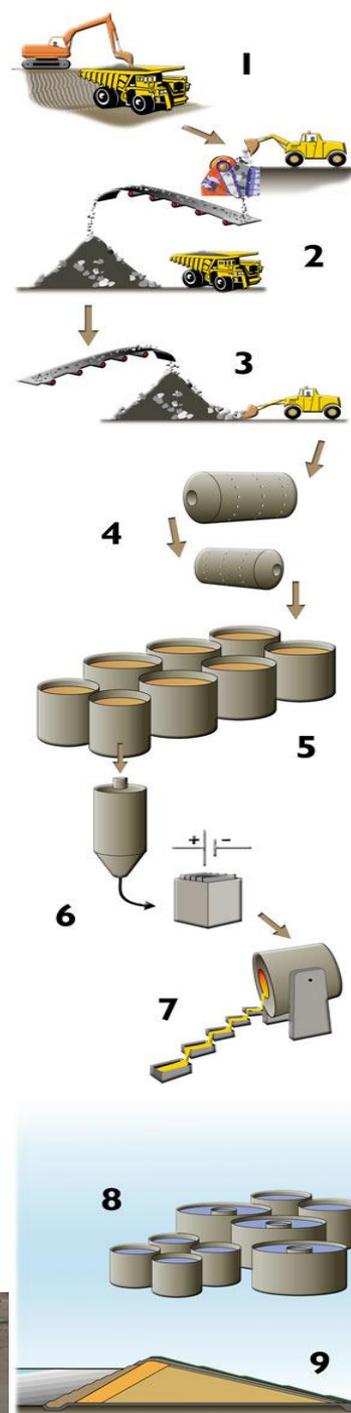
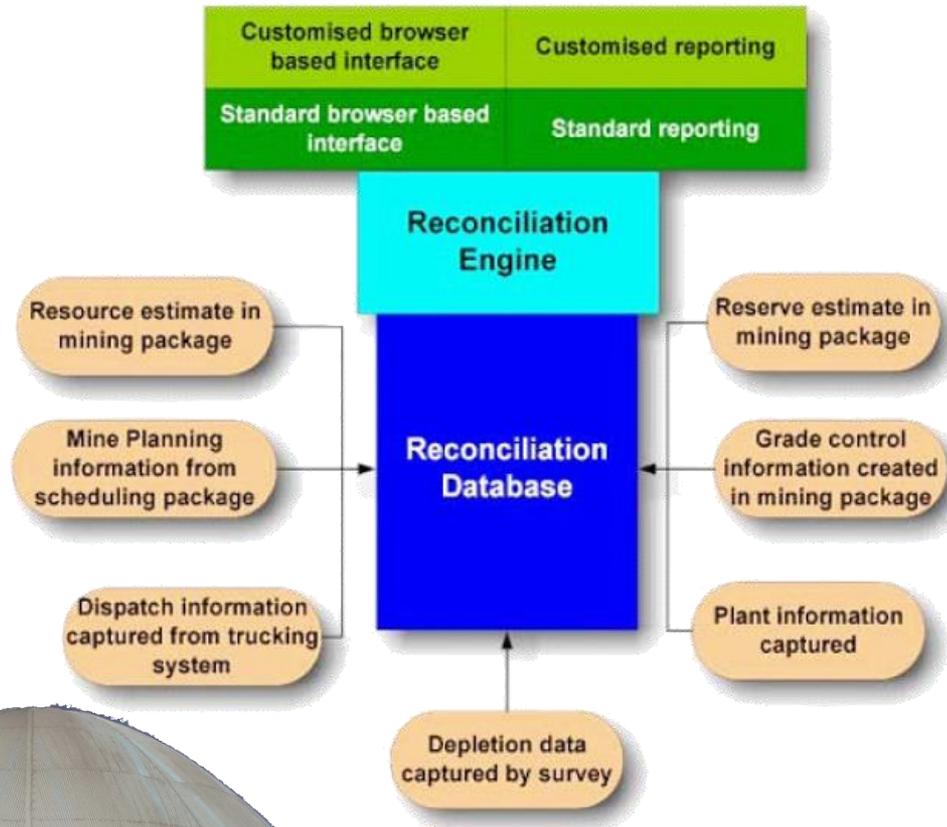
DESAFÍOS EN LA OPERACIÓN DE ACOPIOS



Contabilidad Productiva



Reconciliación



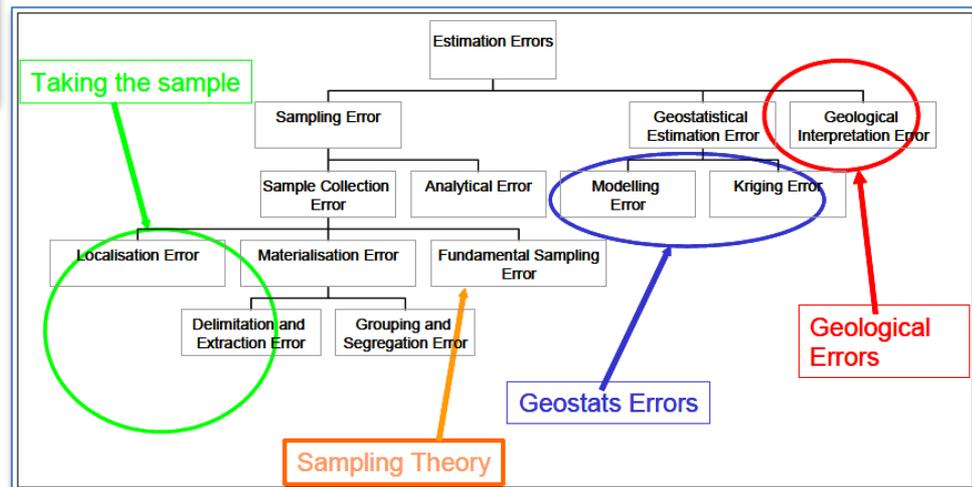
Fuentes de Error

Geological model causes
True *in situ* nugget effect
Sampling and subsampling errors
Analytical errors
Estimation errors
Excessive rejection of outliers
Estimation methodology issues
Ore density assumptions
Definition of ore boundaries

Mining causes
Mining model parallel to cross mineralisation in open pit
Displacement of mineralization boundaries upon blasting
Survey inaccuracies
Truck dispatch inaccuracies
Loss of fines
Estimation of tonnes
Dilution

Grade control causes
In situ nugget effect
Sampling and subsampling errors
Analytical errors
Blast holes parallel to mineralisation
Averaging or Kriging methodology issues
Ore grade contouring
Survey inaccuracies

Mill and flotation plant causes
Retention of metal within the Mill
Analytical inaccuracy
Process cycles either unknown or misunderstood
Calibration of weightometers and flowmeters
Poor laboratory subsampling
Reconciliation calculated over too short a timeframe



Proyecto AMIRA P754

“Metal Accounting and Reconciliation”



Origen Cape Town Ago-2001
South African Institute of Mining and Metallurgy

“...necesidad de contar con procedimientos estandarizados para la contabilidad metalúrgica...”

Proyecto AMIRA P-754

“Metal Accounting and Reconciliation”, Abr-2003

Release 1, Oct-2005

Release 2, Dic-2005

Release 3, Feb-2007

Release 4, Jul-2009

A screenshot of the AMIRA International website. The header features the AMIRA International logo on the left and navigation links for 'Home', 'About AMIRA International', and 'Membership' on the right. The main content area displays the project title 'P754' in orange, followed by 'Status : Management' in blue. Below this is the project name 'METAL ACCOUNTING & RECONCILIATION' in orange. A 'Sponsors' section lists five companies, each preceded by a blue circular icon: Anglo American Corporation of South Africa Ltd, Anglo Platinum (Rustenburg Platinum Mines Ltd), BHP Billiton Limited, Namakwa Sands Ltd, Rio Tinto Limited, and Zincor (Zinc Corporation of South Africa Ltd).

Requerimientos

Código P754 – 10 Factores Críticos



1. *Mediciones Exactas (Masa & Metal)*
2. *Consistente & Transparente*
3. *Procedimientos Documentados*
4. *Auditorías Internas & Externas*
5. *Resultados en Tiempo*
6. *Procedimiento para Provisiones*
7. *Validación Estadística de Datos*
8. *Definición de Exactitud*
9. *Levantamiento Inventarios*
10. *Detección & Corrección de "Bias" (Sesgo)*



Desafíos Operacionales



- ✘ Alimentadores Descarga
- ✘ Sobrellenado
- ✘ Falla Sensores de Límite
- ✘ Nivel Insuficiente Tolvas
- ✘ Desmoronamientos
- ✘ Sin Control de Descarga
- ✘ Visibilidad en Sala Control
- ✘ Carguío Secuencial



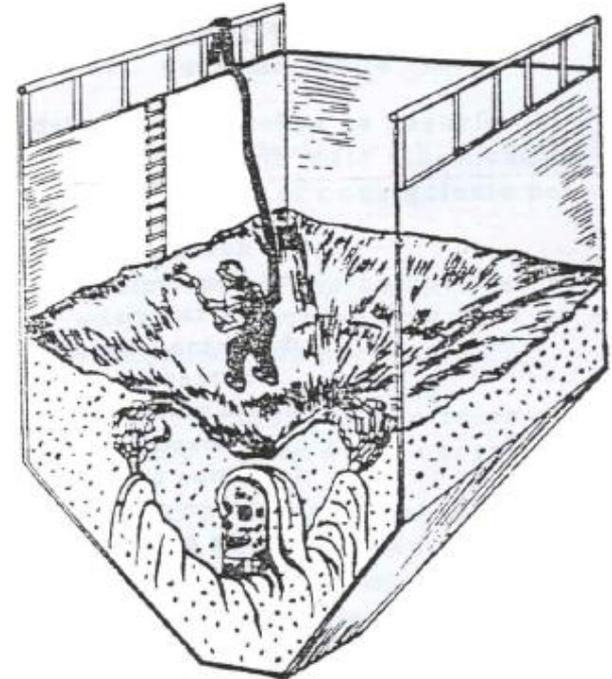


TECNOLOGÍAS ACTUALES



Tilt Switches

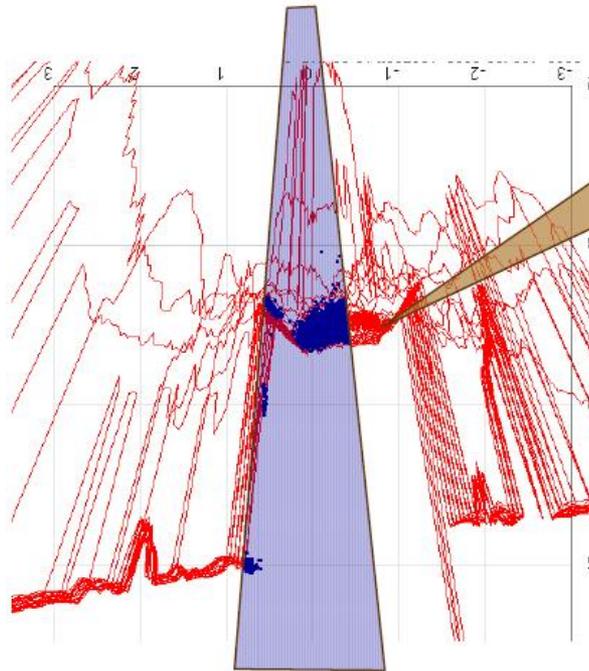
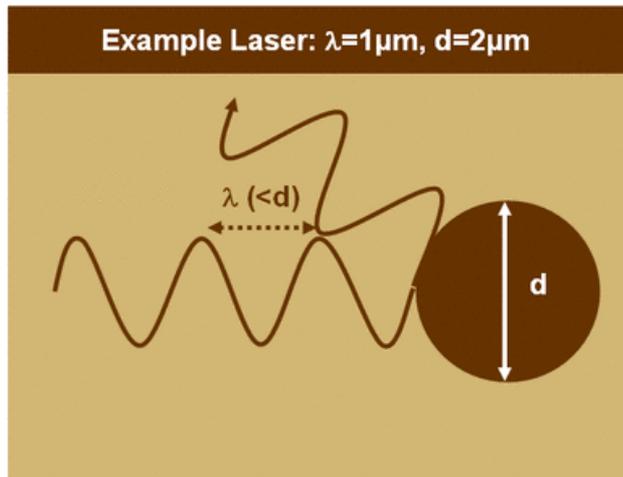
- Operan por Inclinación Mecánica
- Sólo detección ON/OFF
- Alarmas Sobrellenado/Vaciado
- Frecuentemente atrapados
- No operan



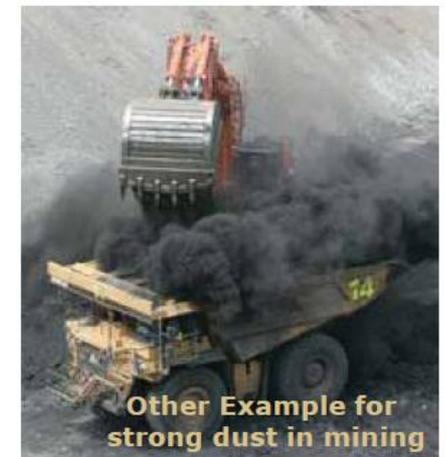
Láser



- ❑ Alta Resolución
- ❑ Sensible a Polvo, Neblina, Gases, Lluvia, Nieve



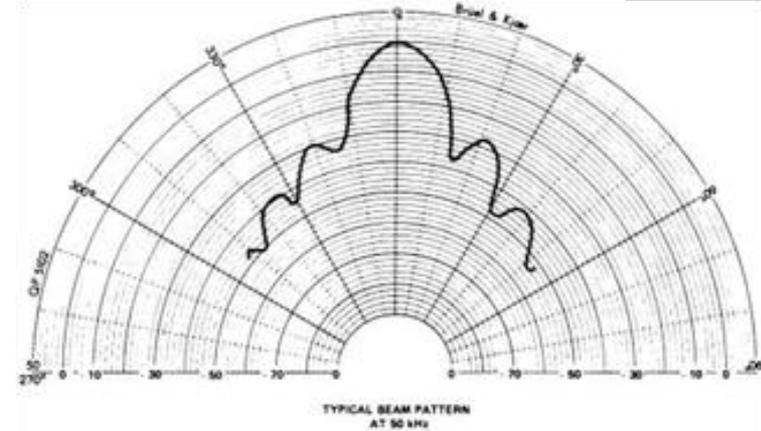
Red=Laser (180°) Blue=Radar (17°)



Other Example for strong dust in mining

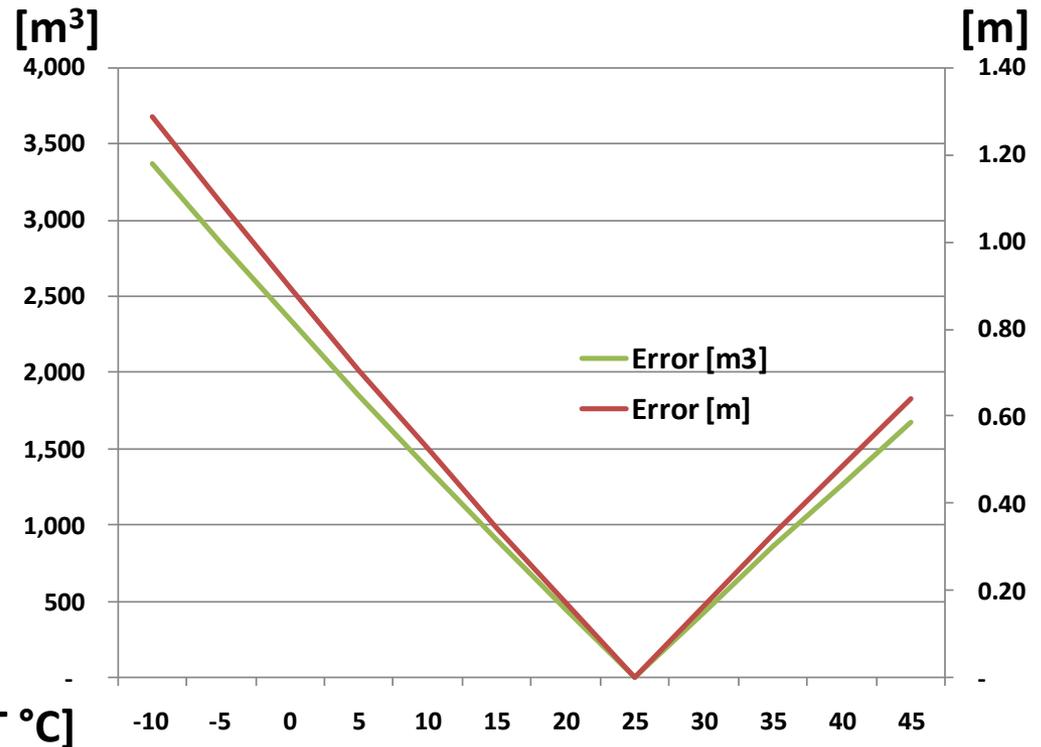
Ultrasonido

- Pulso Sonido 40 Khz
- Afectado por
 - Temperatura
 - Humedad Relativa
 - Características del Material
 - Ruido Ambiente
- Patrón Difuso (Ecos)



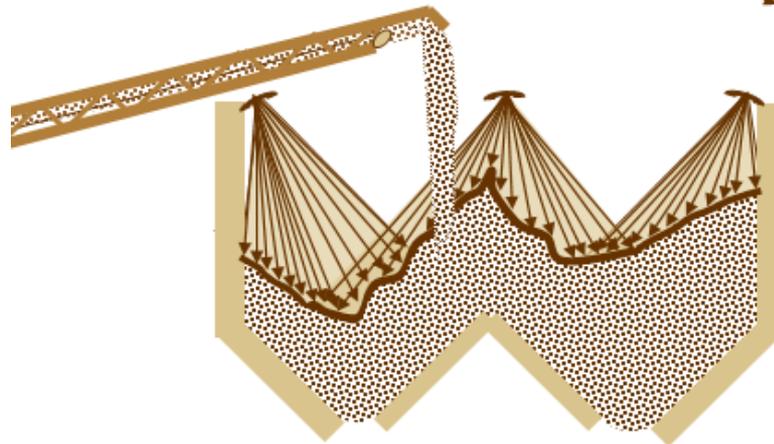
$$c = 331.4 \sqrt{1 + T_c / 273}$$

Ejemplo pila cónica 90 m x 50 m

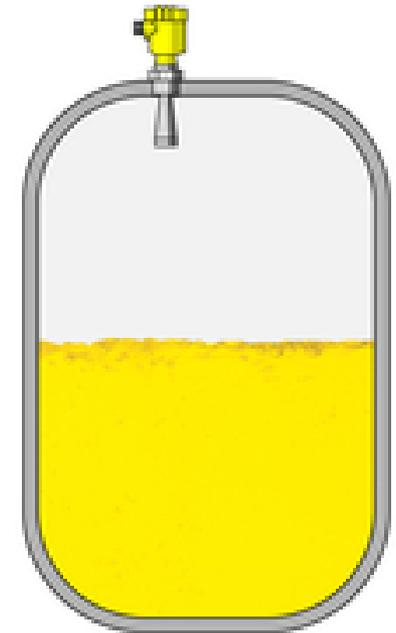


Radar

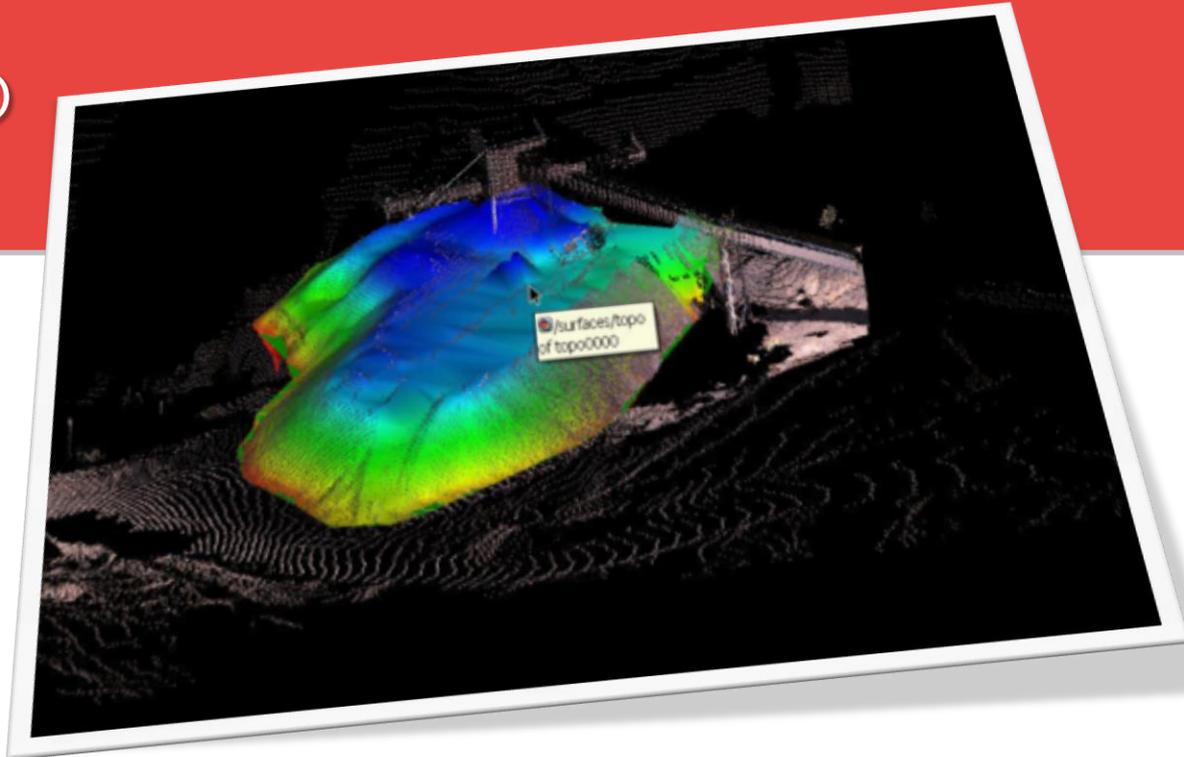
- ❑ Pulso Electromagnético 12 – 25 Ghz
- ❑ Longitud Onda 12 – 30 mm
- ❑ Medición 1D (Distancia a un Punto)
- ❑ Dificultad en Ambientes Dinámicos
- ❑ Rango Ciego
- ❑ Dificultad Medición Perfiles



2D Level Gauge for Bins and Stockpiles



TECNOLOGÍA DUAL RANGE®



Radar Dual Range

Visión Radar Mejorada



Haz 1

Ángulo: $17^\circ \pm 0,1^\circ$

Rango: $100 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$

Haz 2

Ángulo: $60^\circ \pm 0,5^\circ$

Rango: $50 \text{ m} \pm 0,2 \text{ m}$

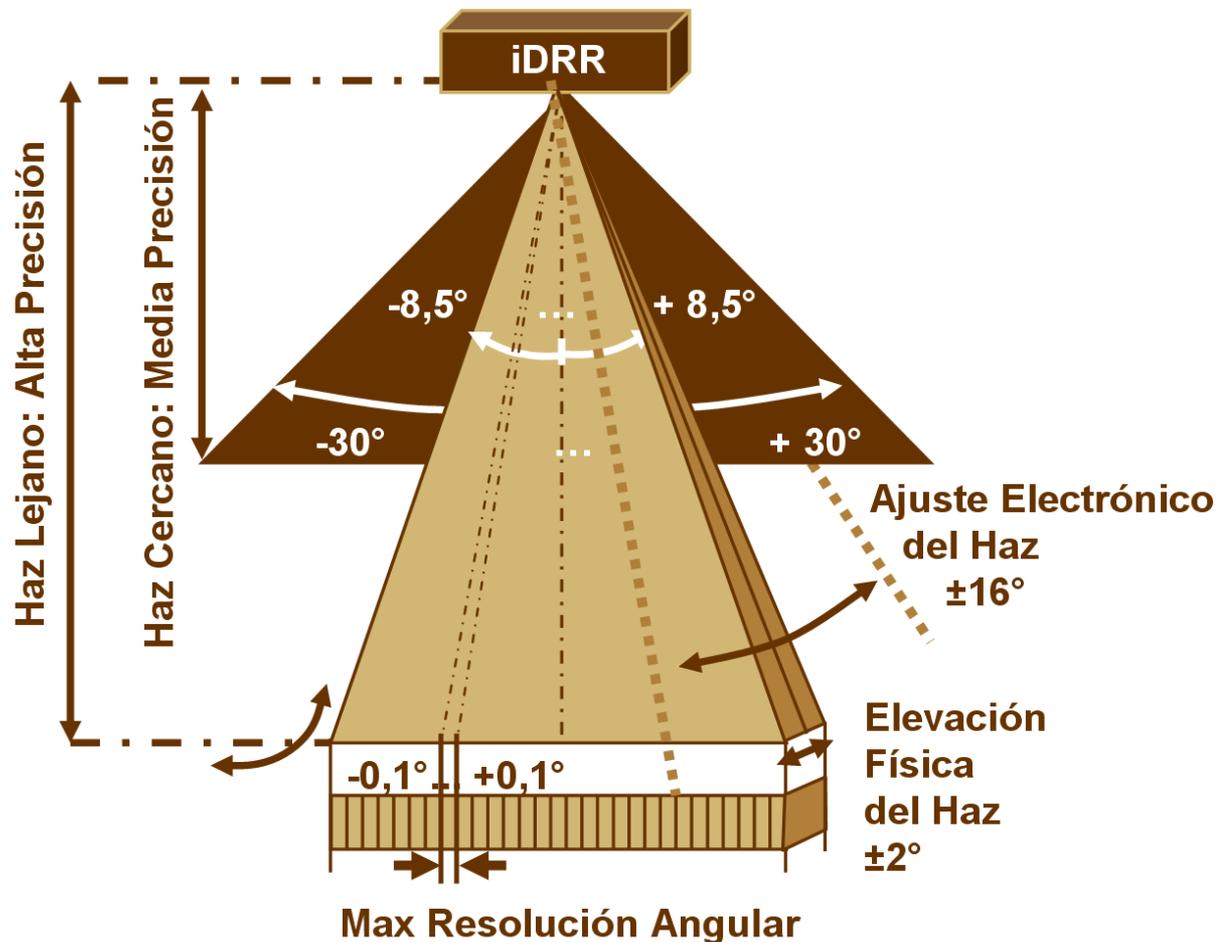
Frecuencia

77 Ghz

Tasa Muestreo

Max: 15 Hz (15 curvas/seg)

Hasta 200 puntos/curva

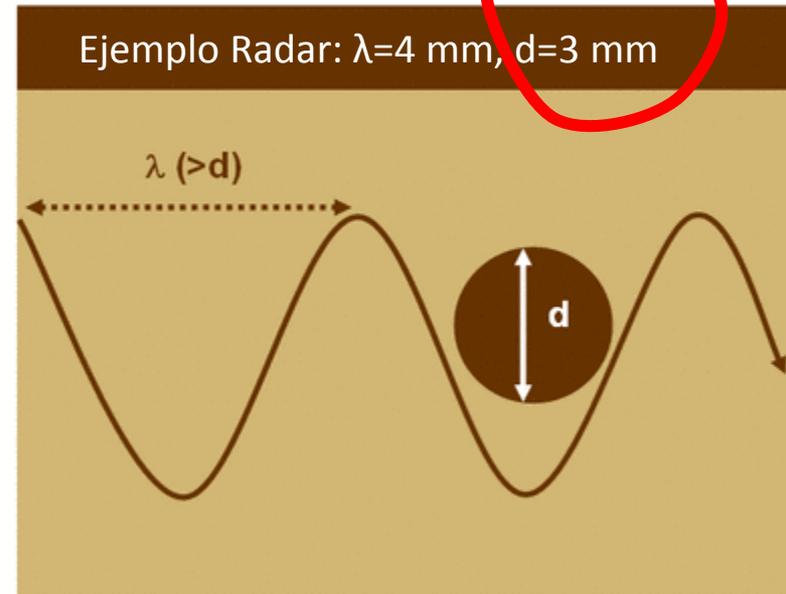
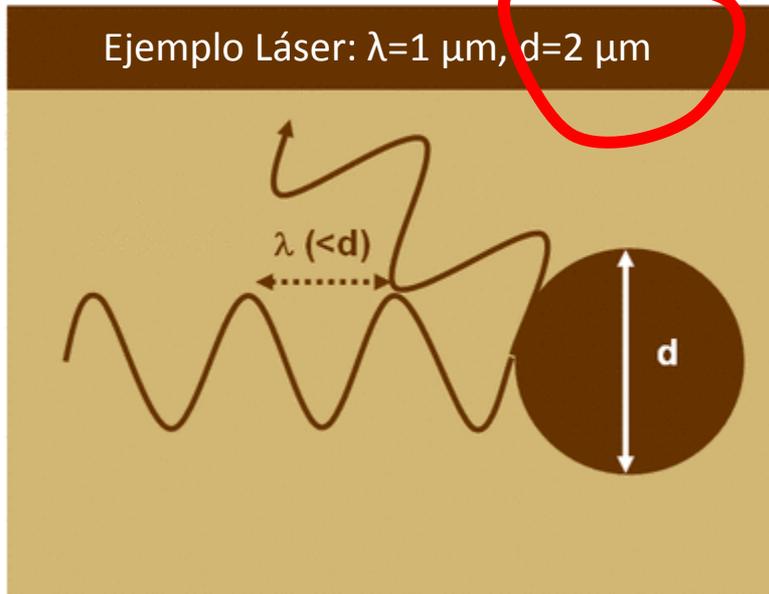


Tecnología Detección

Comparación Radar - Láser

Partículas en suspensión

Partículas precipitan



LASER

Longitud de Onda

RADAR

4000 veces

Tecnología Detección

Comparación Radar - Láser



CRITERIO RELEVANTE	LASER	RADAR
Medición de Distancia	✓ Muy Alta Precisión < 10mm	✓ Alta Precisión < 50 mm
Medición de Ángulo	✓ Muy Alta Precisión < 0,01°	✓ Alta Precisión < 0,1°
Medición de Velocidad	○ Múltiples Mediciones Algoritmo	✓ Una Sola Medición Física
Agudeza	✓ Haz Concentrado Muy Alta Precisión	○ Haz Disperso Media Precisión
Interpolación	○ Indirecta – Refleja Puntos Promediación Múltiples Datos	✓ Directa – Refleja Áreas Promediación Automática
Estimación Tamaño Objetos	○ Indirecta Algoritmos Complejos	✓ Directa Amplitud dBsm
Estructuras Pequeñas	○ Frecuencia medición reducida Sólo vía muestreo denso	✓ Frecuencia medición constante Detección de cuerdas delgadas
Oclusión	○ Sólo Primer Plano Visible Interrupción del Haz	✓ Primer Plano y Detrás Haz Rodea Objetos Pequeños
Vibración, Golpes, Mantenimiento	○ Sensibilidad Media Componentes Ópticos	✓ Sensibilidad Baja Sin Componentes Ópticos
Polvo, Neblina	✗ Alta Sensibilidad Especialmente Rango Cercano	✓ Baja Sensibilidad Rango Completo
Suciedad en Ventana Sensor	✗ Requiere Transparencia Limpieza Programada	✓ Sin Problema Capas Delgadas Bajo Requerimiento Limpieza

Tecnología Detección

Comparación Radares Convencional – Dual Range



MINING SOLUTIONS

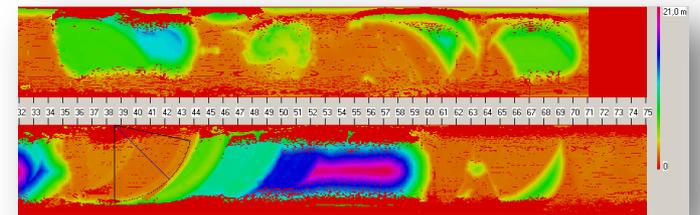
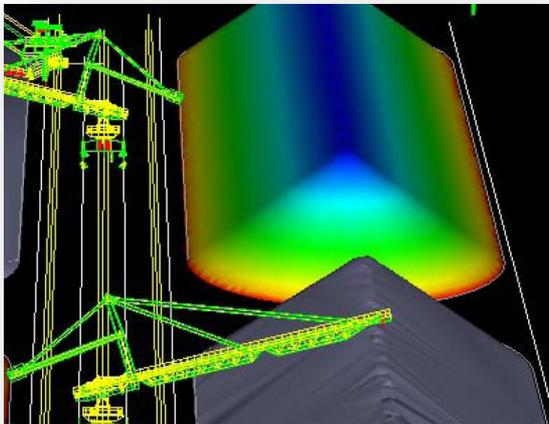
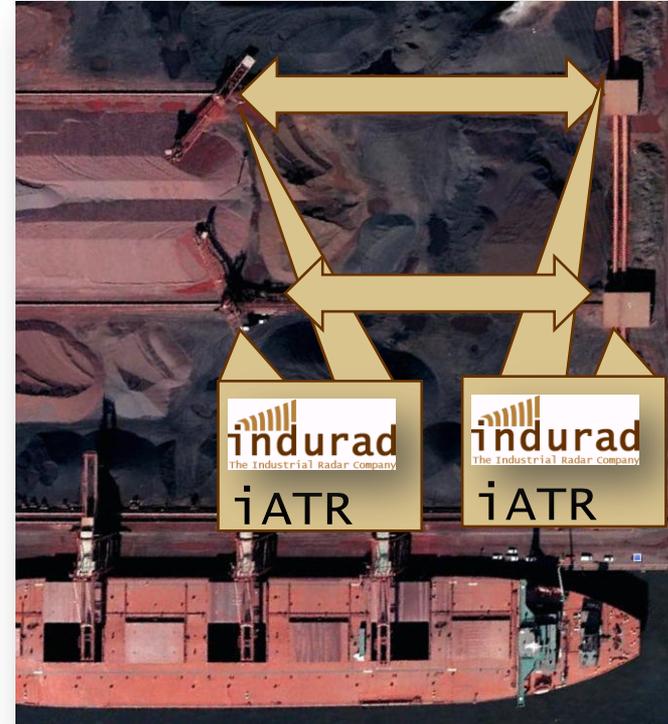
CRITERIO	Dual Range	Radar Nivel Convencional	Relevancia	Importante Para...
Frecuencia Medición	15 Hz 0,066 seg	0,2 - 1 Hz 1 - 5 seg	Alta	Ambientes Dinámicos
Filtro Ruido & Señales Fantasma	Sí	No	Alta	Espacios Confinados
Latencia / Retardo Señal	Baja	Alta	Alta	Tiempo Real
Longitud de Onda	4 mm	12 mm	Media	Material Fino
Medición 2D	Sí	No	Media	Niveles Irregulares
Ajuste Electrónico del Haz	Sí	No	Media	Perfil y Modelo 3D

APLICACIONES FLUJO & ACOPIO



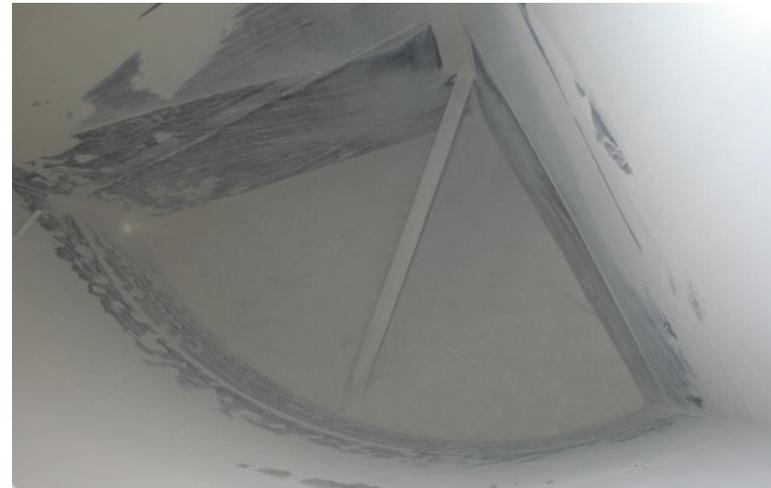
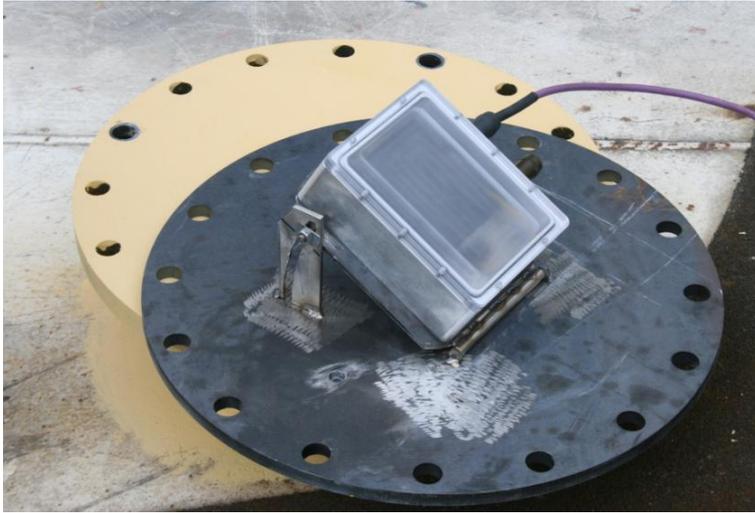
Acopio en Puerto

Modelo 3D & Visualización



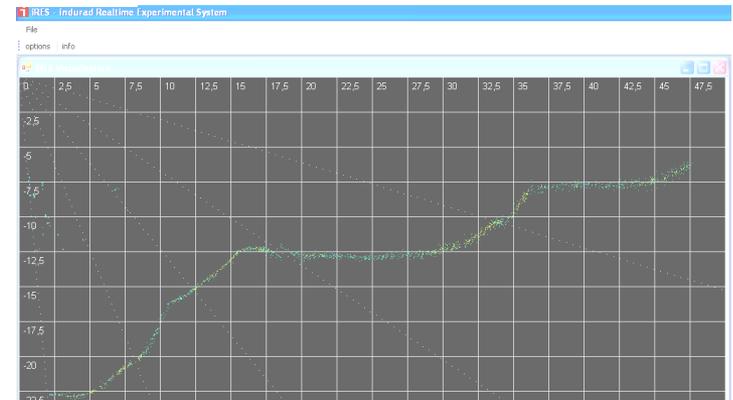
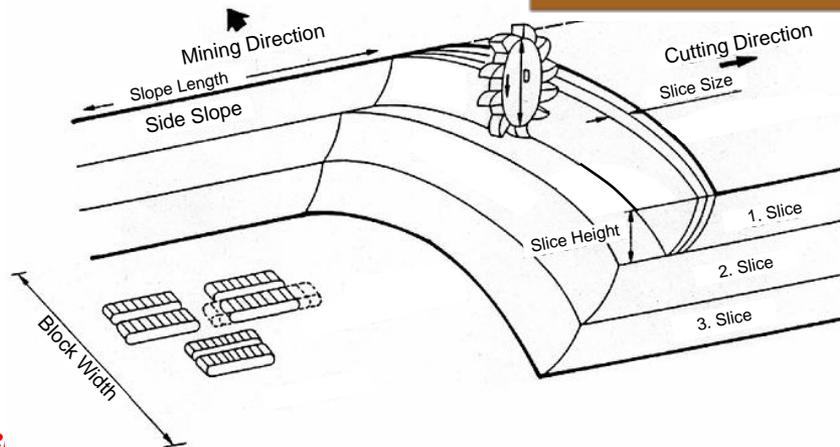
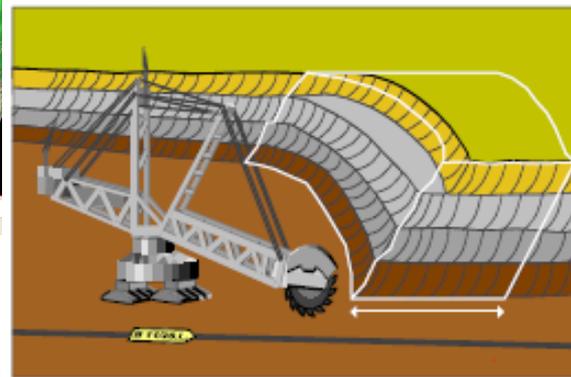
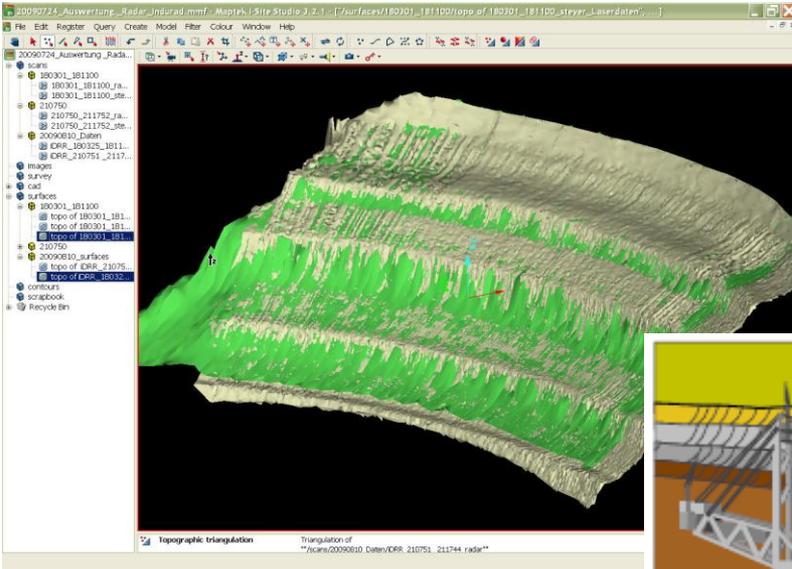
Silo Cal

Control Insumos Fiscalizados



Aplicación Rotopala

Perfil de Corte



Aplicación Apilador

Posicionamiento & Nivel



Aplicación Tolvas Chancado

Nivel & Volumen

indurad Active Transponder Radar
iATR



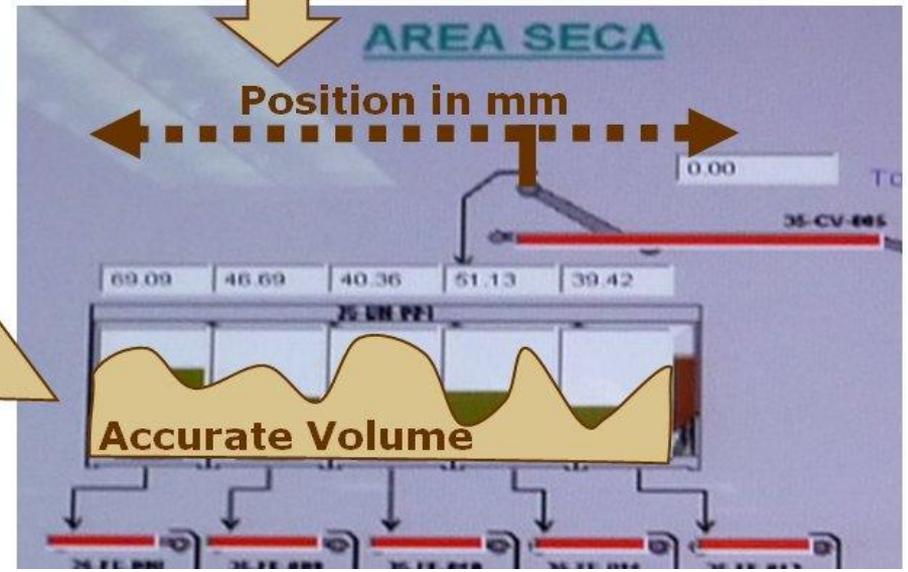
Replacement for Sick Laser



5x indurad Dual Range Radar iDRR

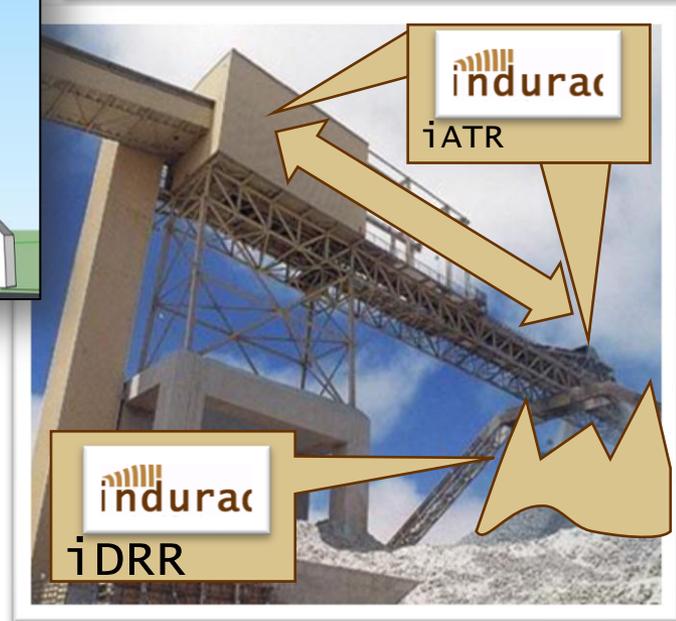
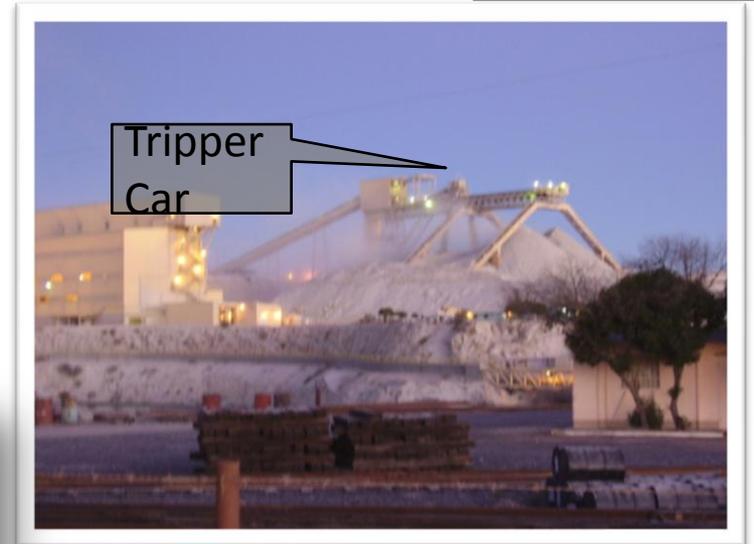
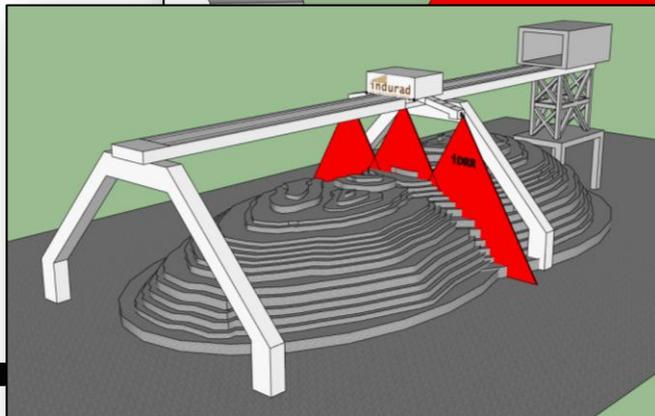
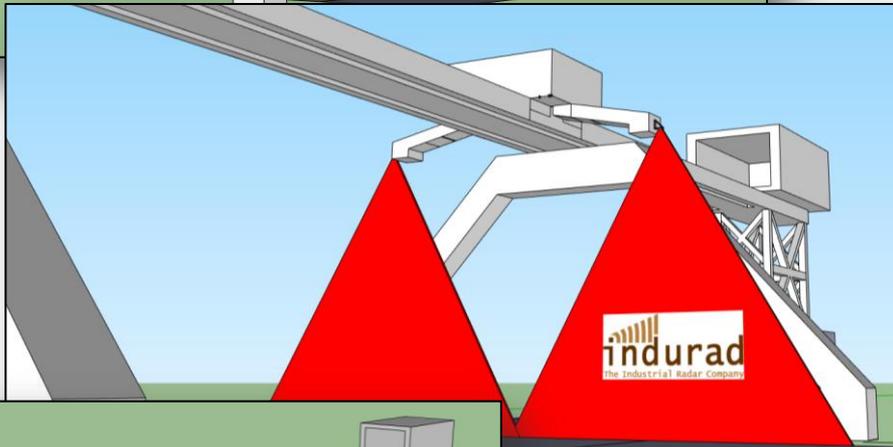
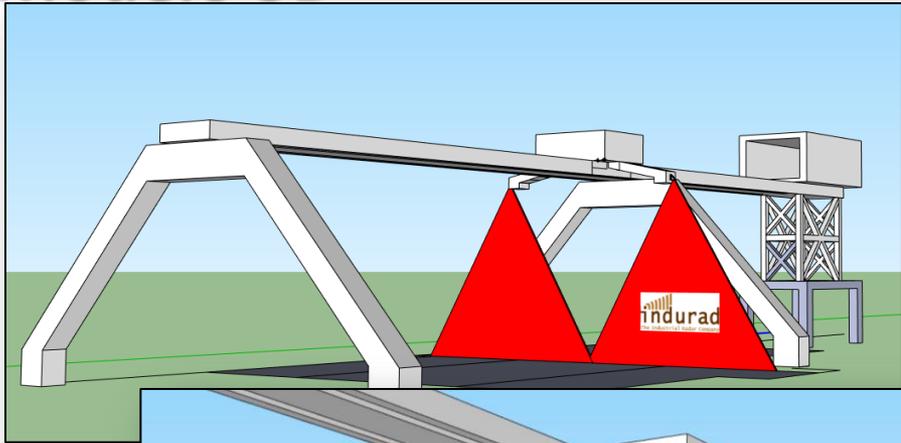


indurad
The Industrial Radar Company



Aplicación Stockpile

Modelo 3D

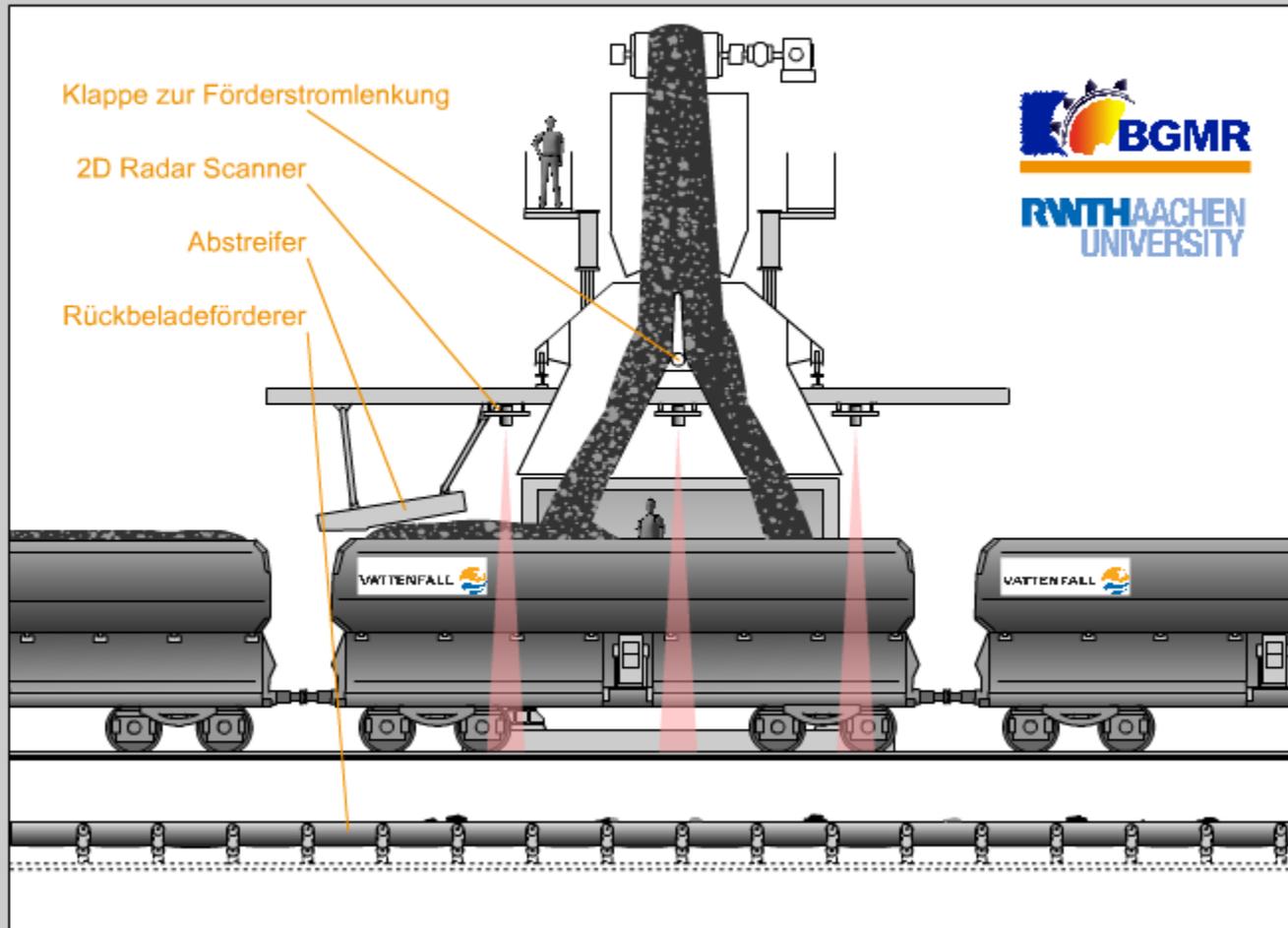


Aplicación Vagones

Mina Subterránea

Zugbeladung des Kraftwerks Boxberg

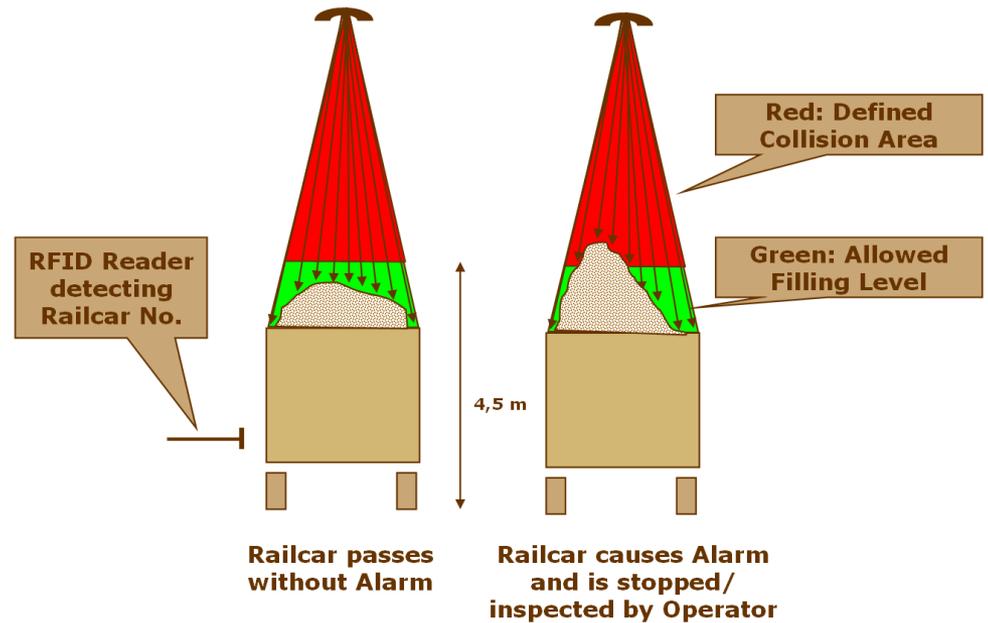
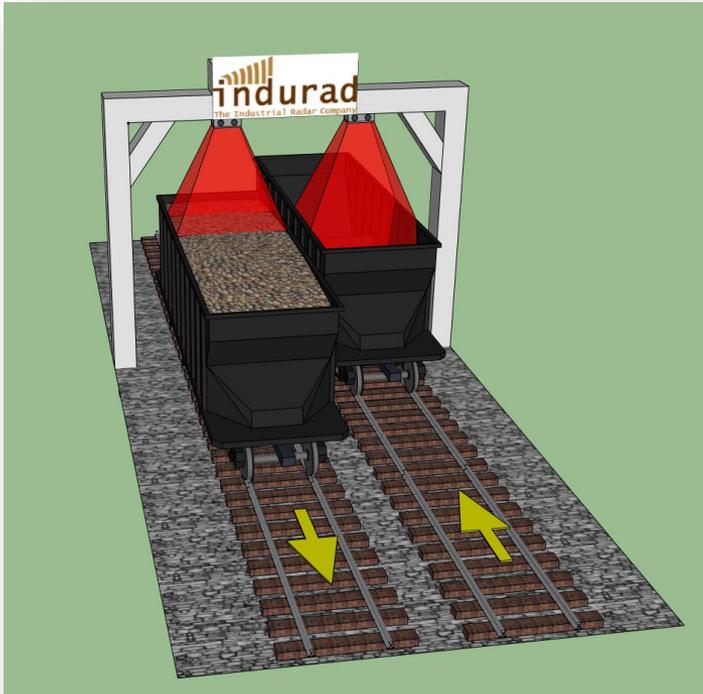
Visualisierung der Füllstandserfassung mit 2D Radar Sensoren



Animation: Achim Trommen

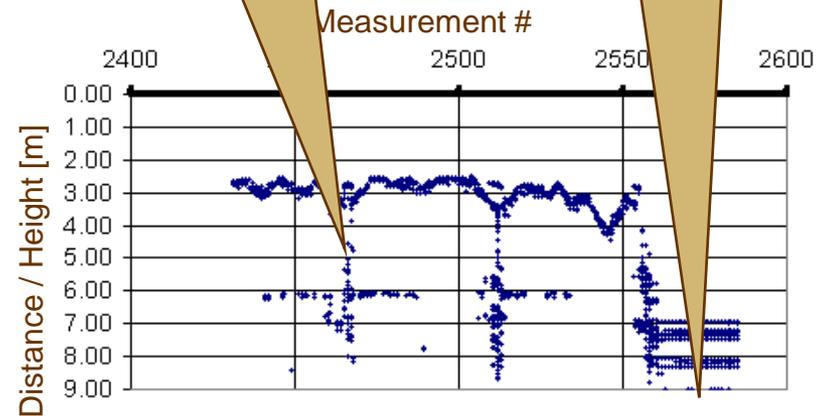
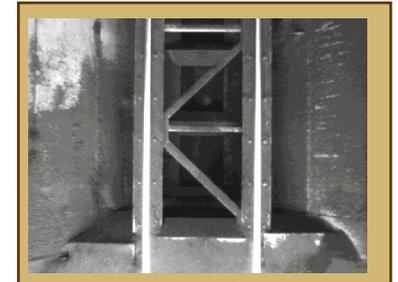
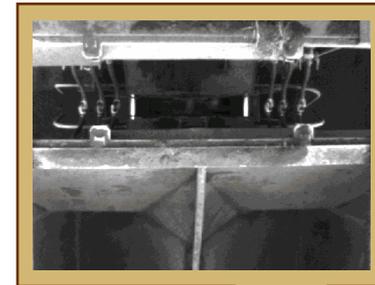
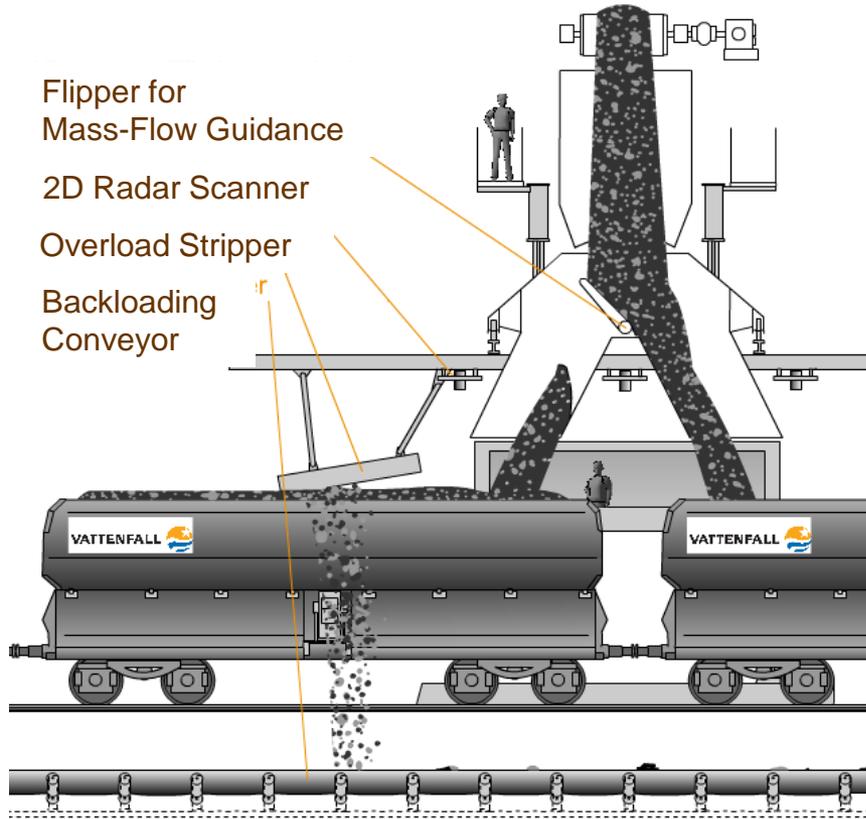
Perfil de Carga Vagones

Volumen & Alarma Llenado



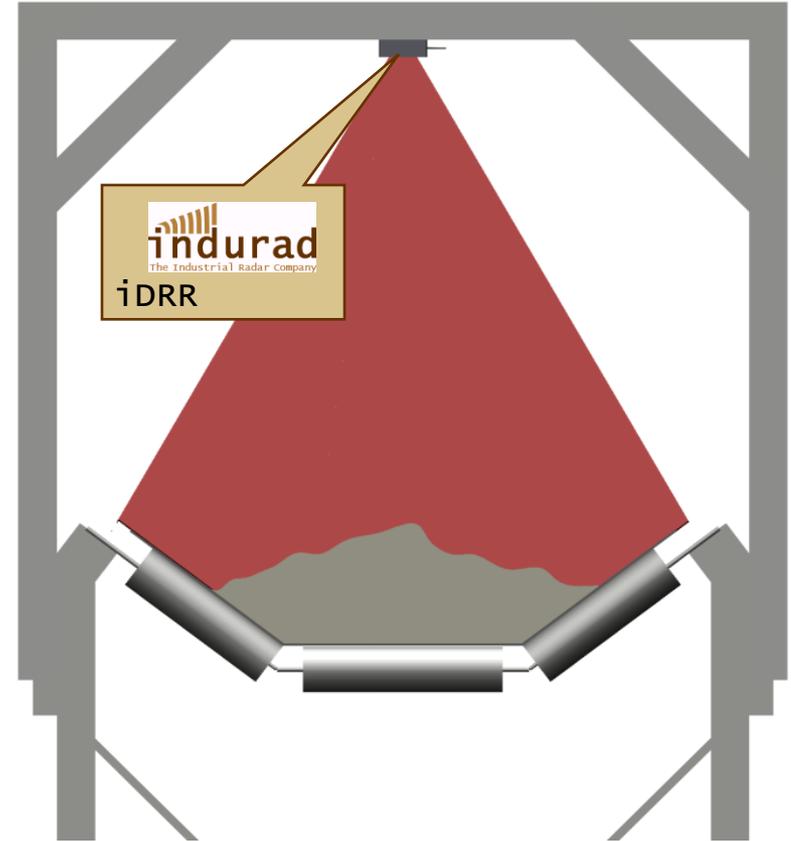
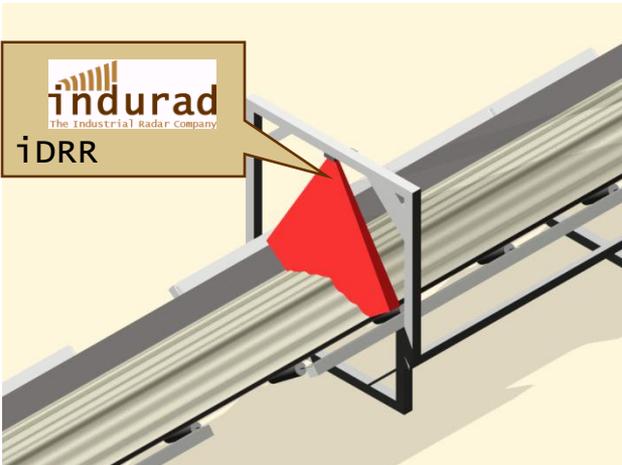
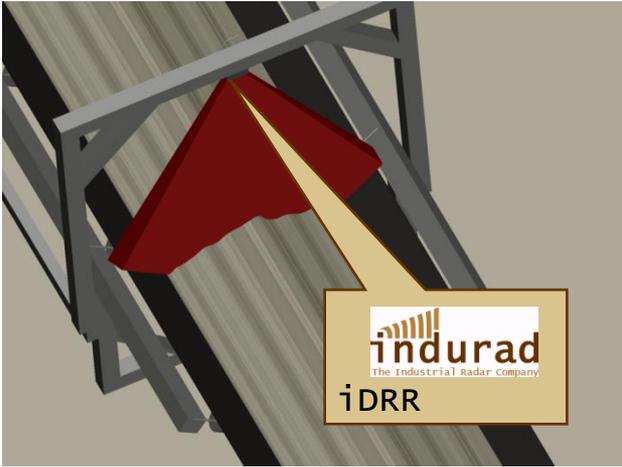
Perfil de Carga

Vagones Mina Subterránea



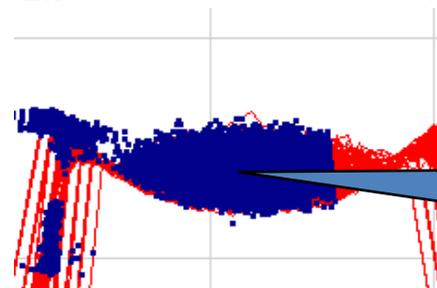
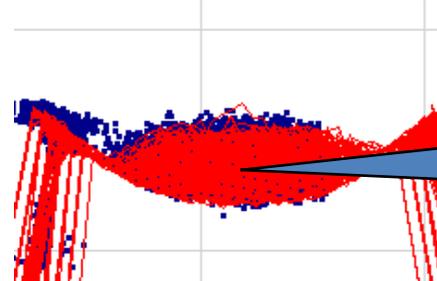
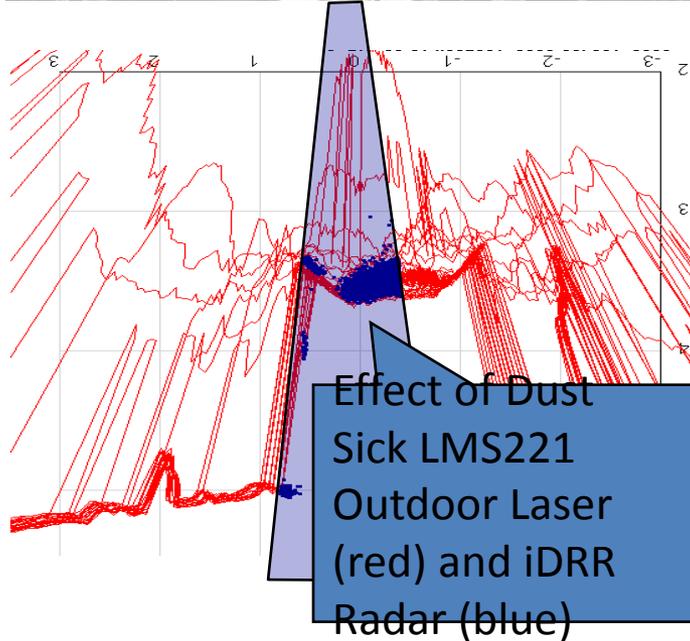
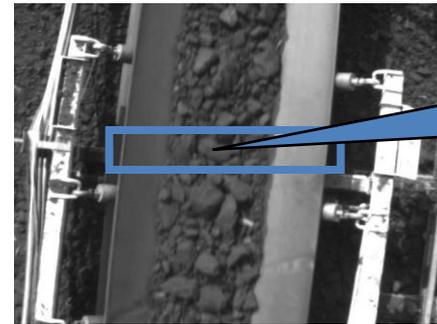
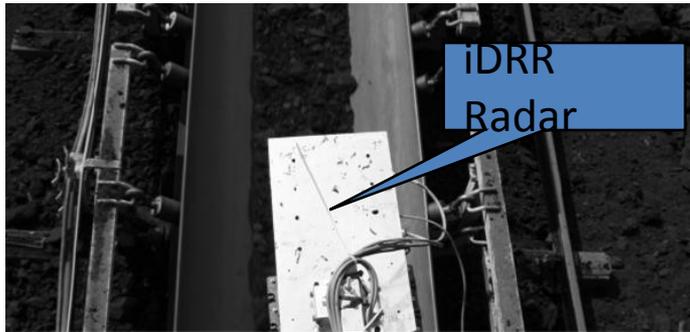
Flujo Correas

Volumétrico



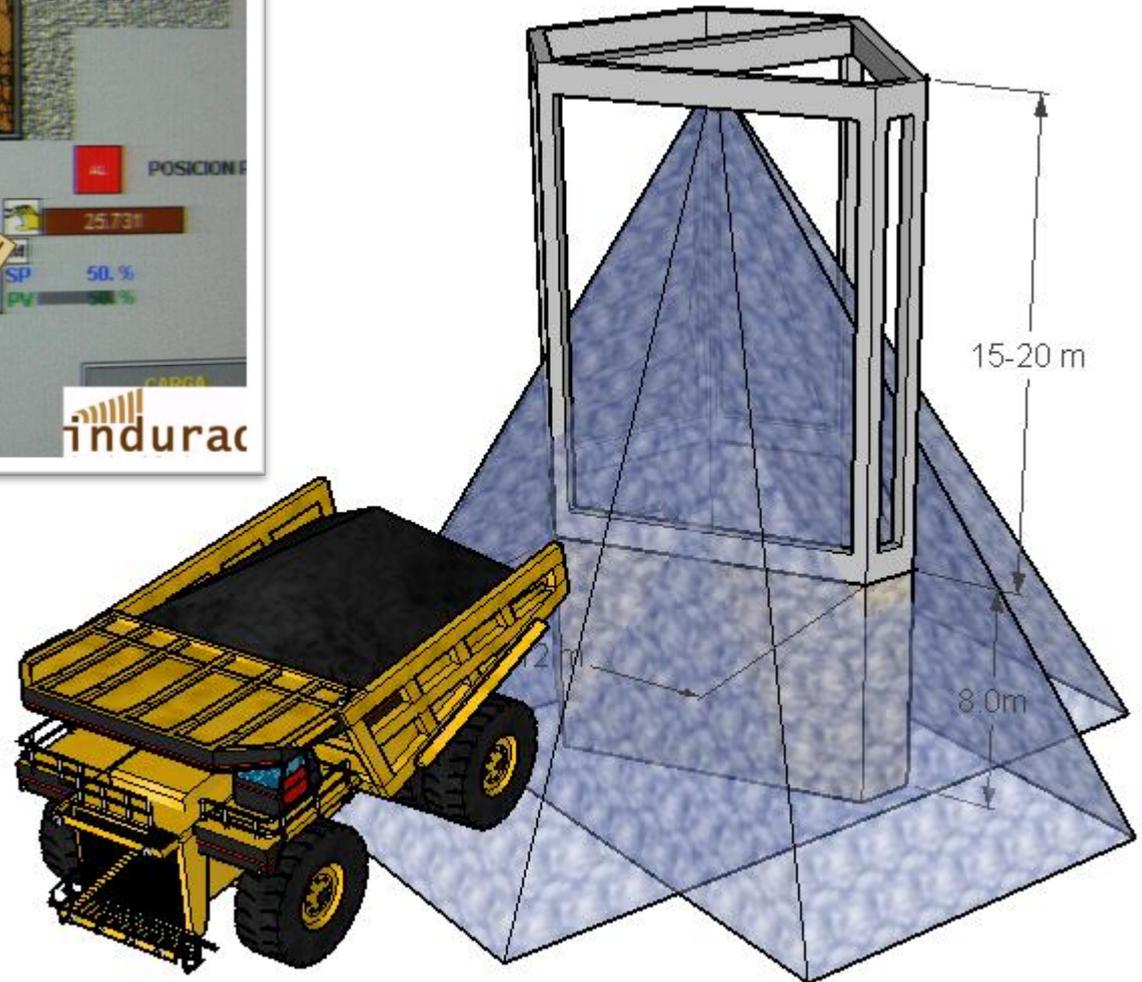
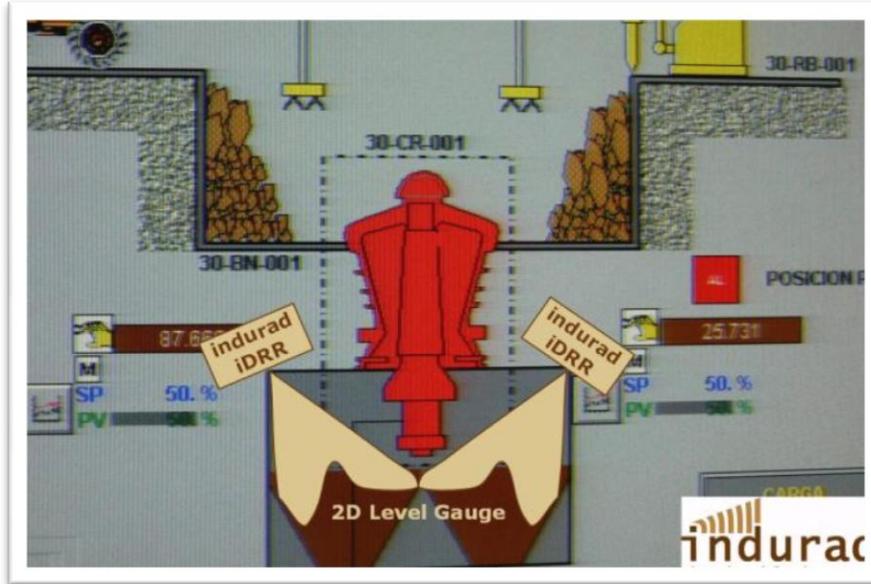
Flujo Correas

Comparación Radar - Láser

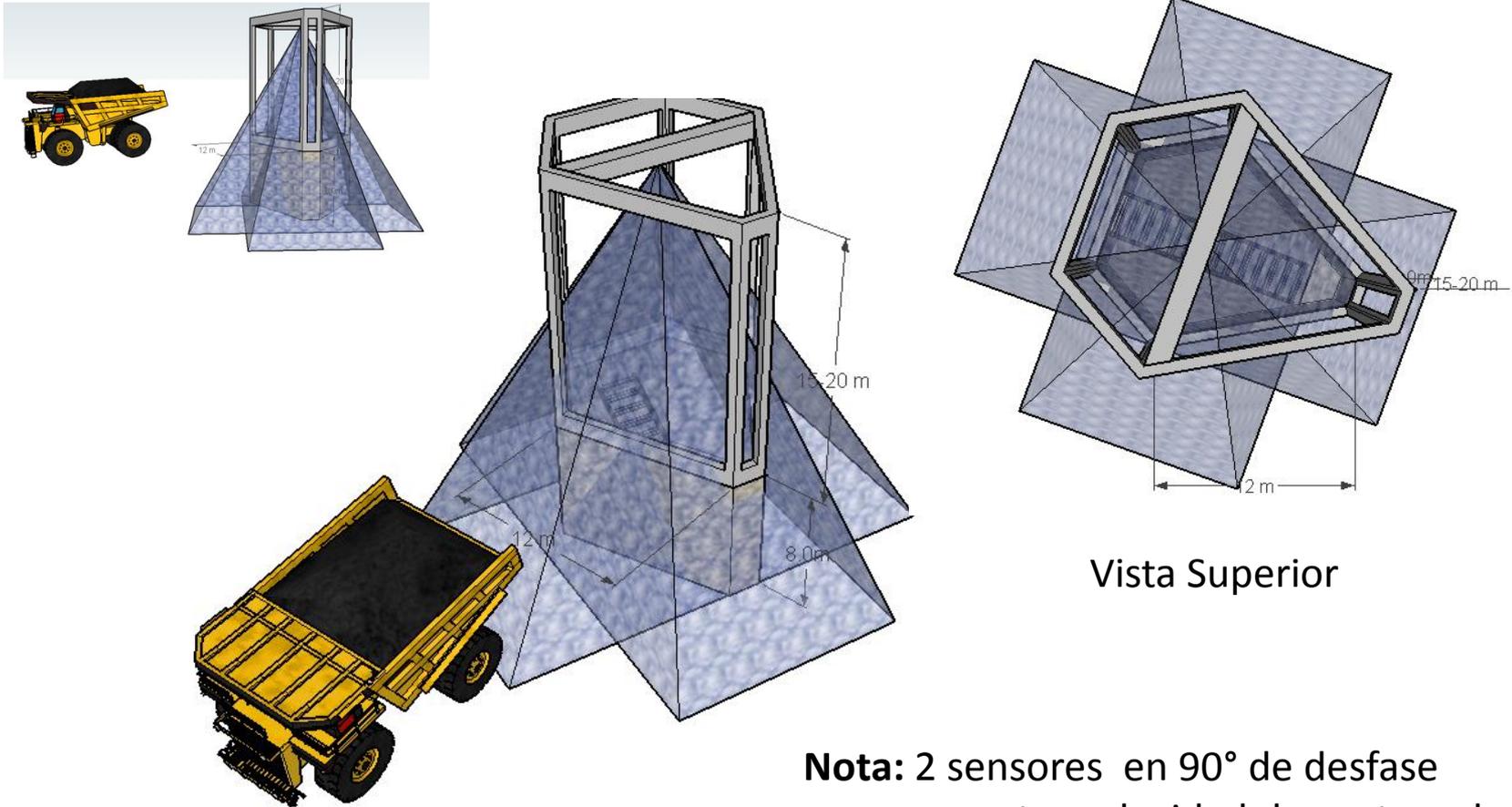


Tolvas Chancador

Nivel



Montaje Sensores



Nota: 2 sensores en 90° de desfase para aumentar velocidad de captura de datos y visualización.

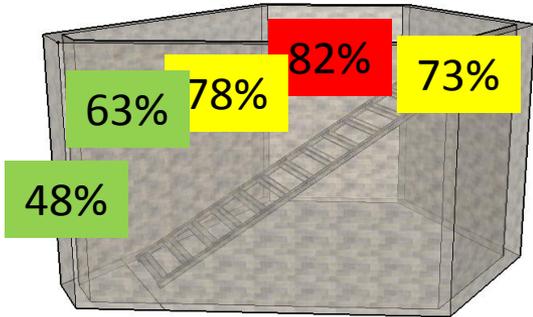
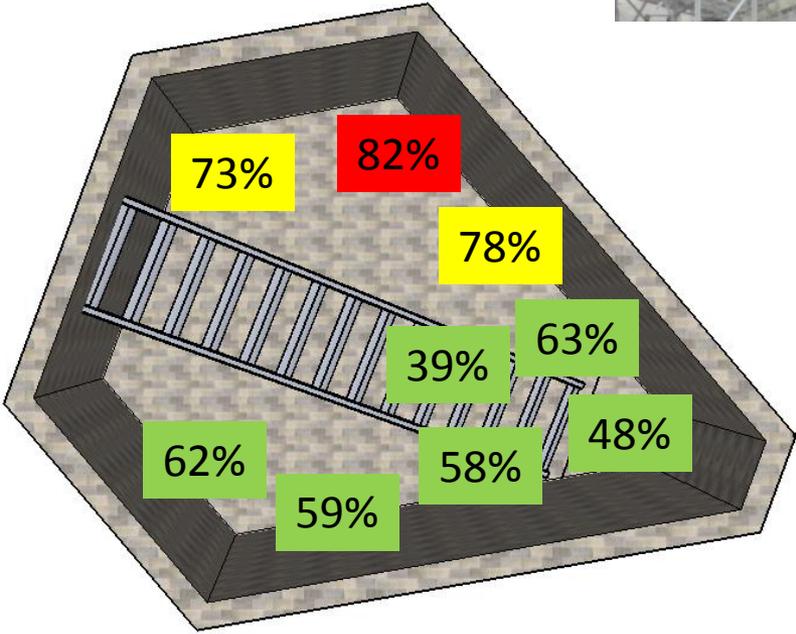
Visualización

Blank Page - Windows Internet Explorer
220.32.74.101
Google
Favorites
Blank Page

Tolva Chancador Primario



Nivel Actual Max: 82%
Nivel Actual Min: 39%
ALARMA TOLVA LLENA : ON
ALARMA TOLVA VACIA : OFF



Done
Internet 100%

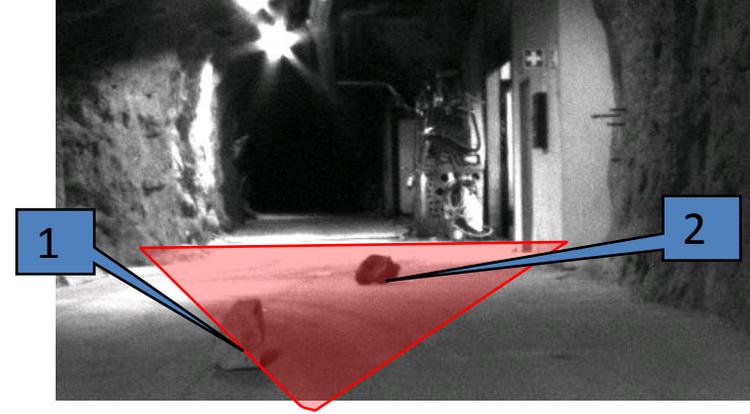
Otras Aplicaciones

Anticolisión Camión - Pala



Otras Aplicaciones

Autonomía LHDs

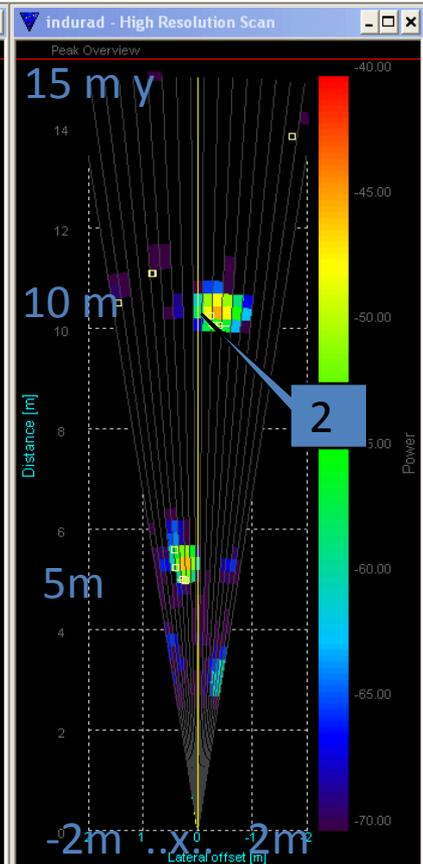
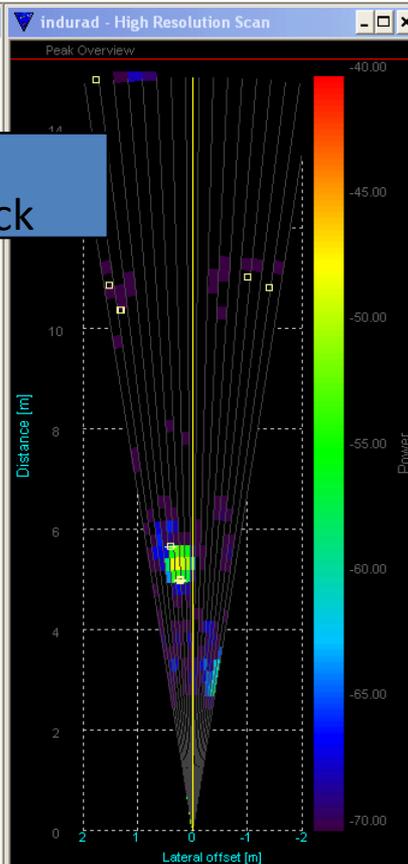
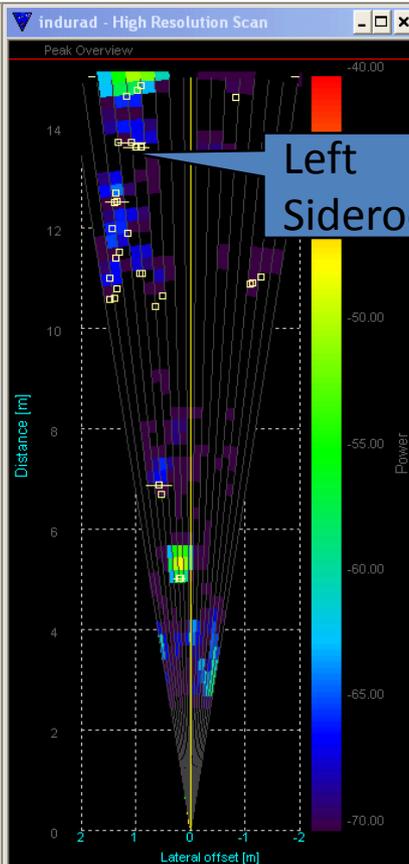
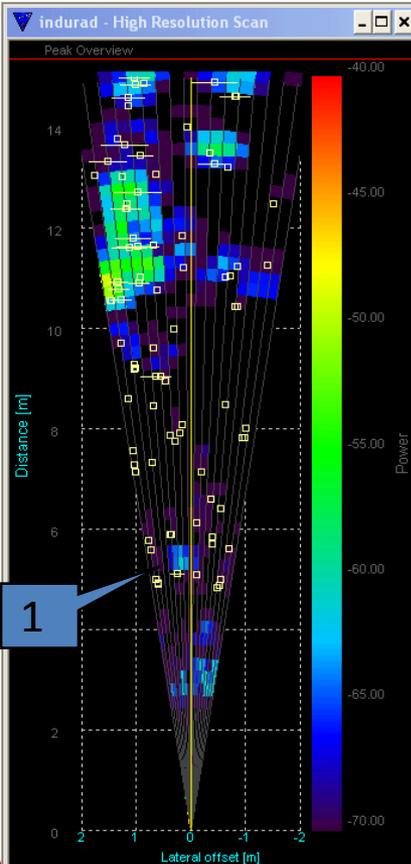


16° down

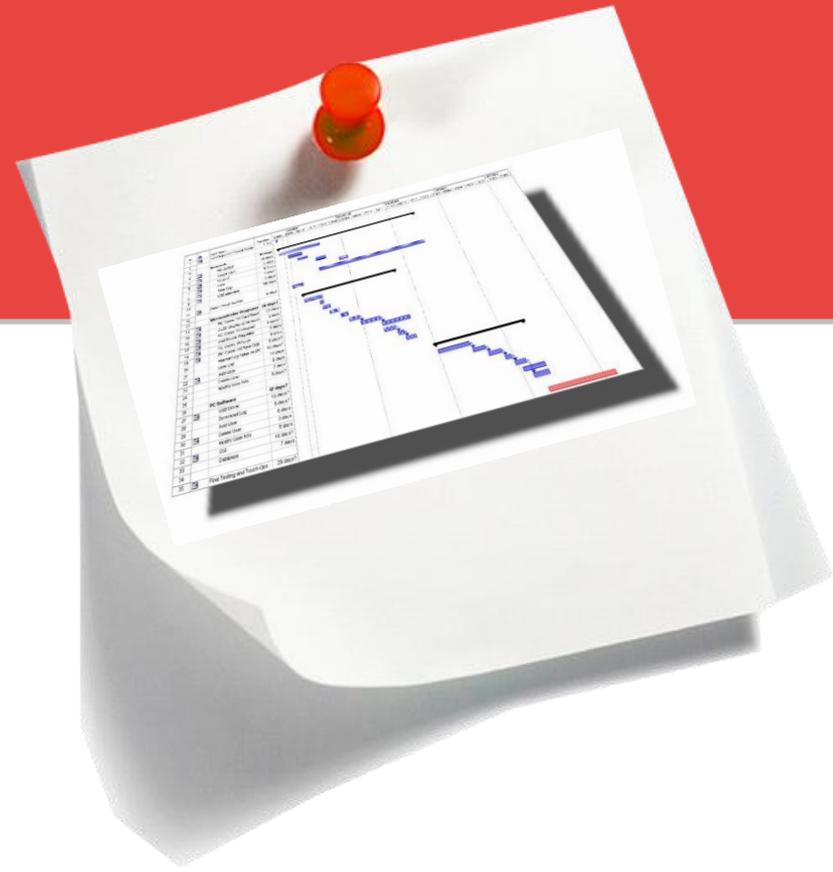
12° down

8° down

4° down



CONSIDERACIONES GENERALES



Aplicación

Estimación de Capacidad (m³ v/s Tons)

Var	Descripción	Valor	Unidades
h	Altura Acopio	15	mts
D	Densidad Aparente	1.6	Tons/m ³
R	Radio	15	mts
β	Angulo Reposo Mineral	45	°
L	Longitud Sección Central	85	mts
Q1	Capacidad Pila Cónica	8,836	Tons
Q2	Capacidad Sección Central	47,813	Tons
Q1+Q2	Capacidad Total Acopio	56,648	Tons
V1	Volumen Pila Cónica	3,534	m ³
V2	Volumen Sección Central	19,125	m ³
V1+V2	Volumen Total Acopio	22,659	m ³

Densidad Aparente

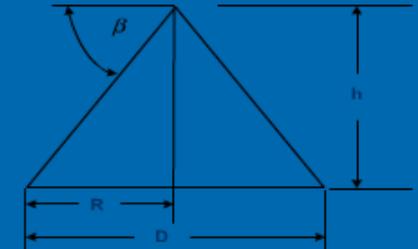
CAPACIDAD DE UNA PILA

- Si la pila es cónica, la capacidad total está dada por:

$$Q_1 = \frac{3,14 \tan(\beta) R^2 D}{3000}$$

Donde:

- Q₁ = Capacidad de almacenamiento en toneladas métricas.
- R = Radio de la pila en metros.
- β = Angulo de reposo del mineral.
- D = Densidad del mineral en kg/m³.



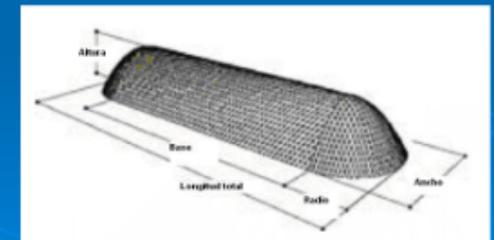
- Si la pila es alargada, la capacidad de la sección central de dicha pila está dada por:

$$Q_2 = \frac{R^2 L D \tan(\beta)}{1000}$$

Por lo que la capacidad total de esta pila estará dada por la suma de Q₁ + Q₂

Donde:

- L = Es la longitud de la sección central de la pila en m.
- R = Es el radio del medio cono final, en m.
- D = Es la densidad del mineral en kg/m³.

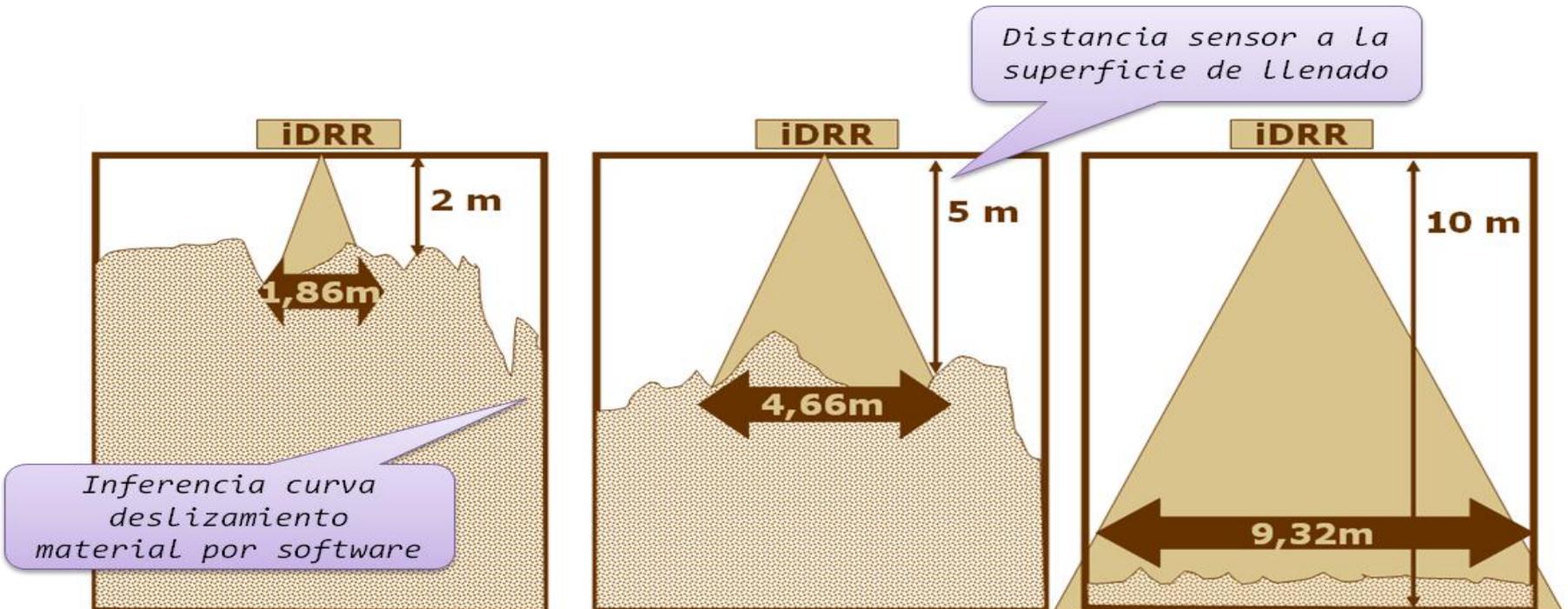


Diseño & Implementación

Precisión

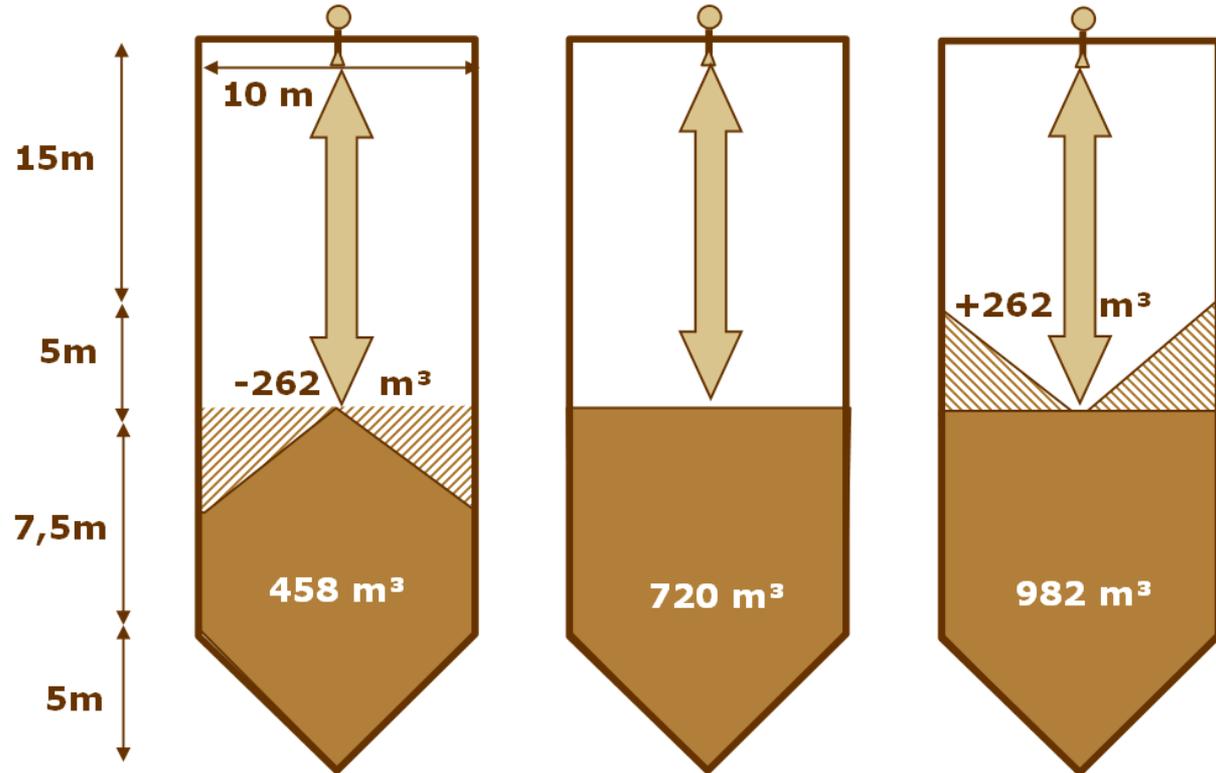


- ❑ Error de Medición del Sensor : $\pm 5\text{cm}$
- ❑ Visibilidad del Sensor: $2x \text{ altura} \times \tan(30)$



Aplicación Silo

Precisión



**m³ Füllstand
IST | MESSUNG**

458 m³ | 720m³

720 m³ | 720m³

982m³ | 720m³

**Δ Füllstand m³
% | LKWs**

-262m³
- 36 % | - 10 LKW

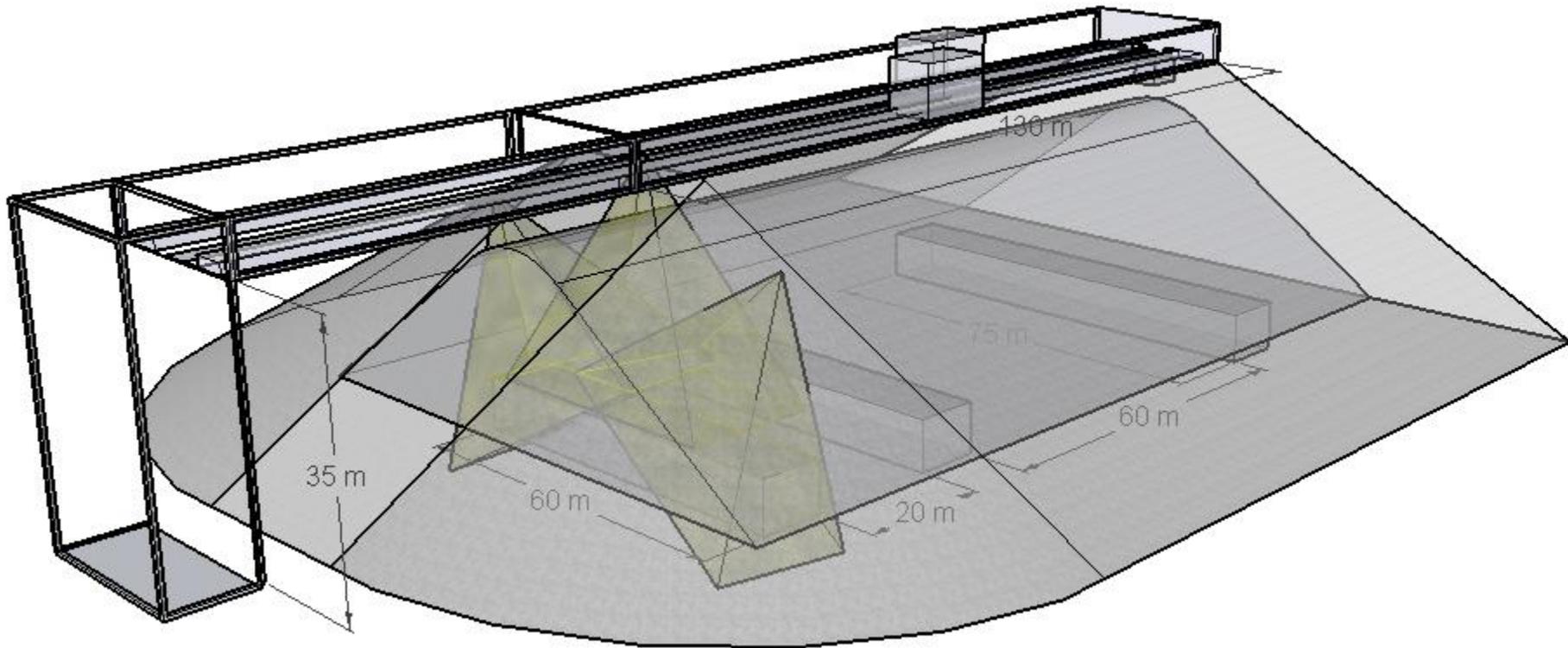
±0m³

+262m³
+ 36 % | + 10 LKW

Diseño & Implementación

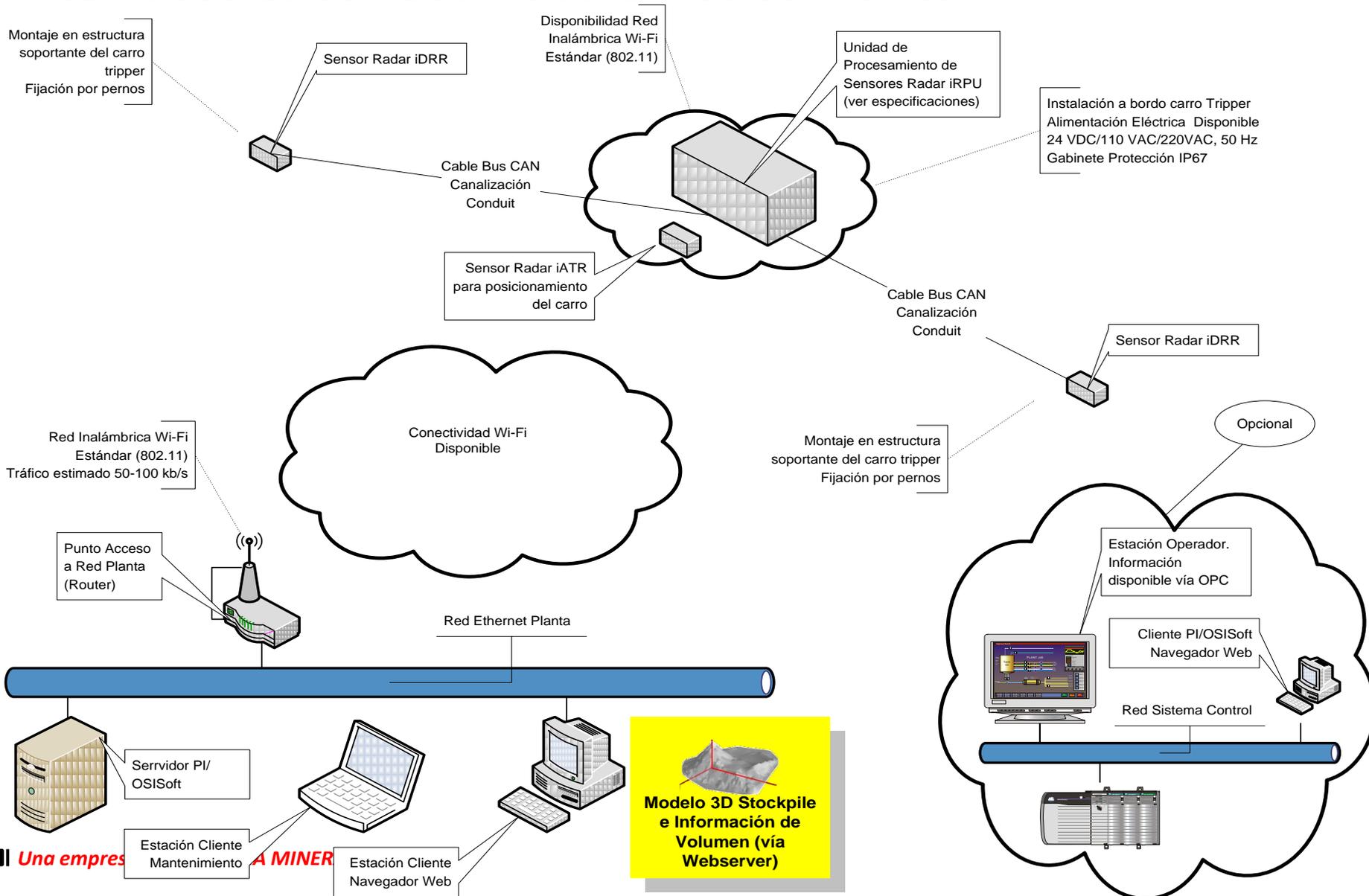
Montaje de Sensores

- ✓ Haz perpendicular a la superficie
- ✓ Vibraciones
- ✓ Polvo
- ✓ Geometría
- ✓ Punto Red & Alimentación Eléctrica



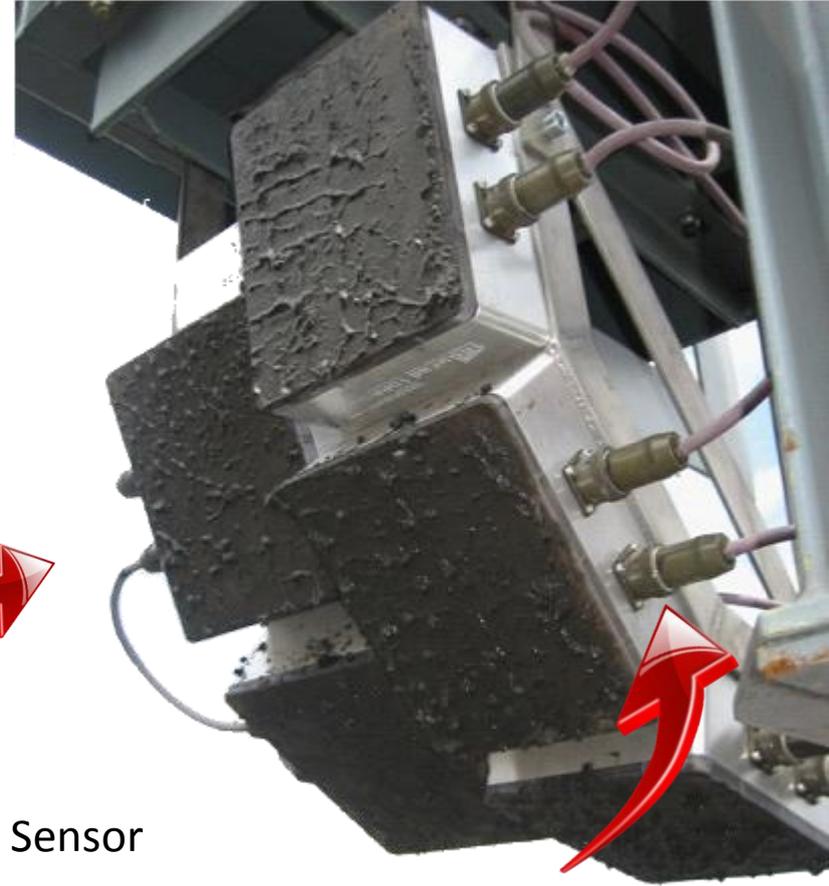
Diseño & Implementación

Interfaces & Conectividad a Redes Planta



Diseño & Implementación

Mantenimiento



Suciedad en
Ventanilla del Sensor

Acceso Remoto

Aplicación

Factores Claves



Criticidad de falla

- Impacto de la detención del acopio en el proceso. Costo económico de la detención y reparaciones.

Balance Metalúrgico / Reconciliación

- Inventarios en proceso base para el cálculo de balance metalúrgico.
- Producto recibido desde otra área de planta (ej. mina – chancado, chancado – molienda, planta filtros – fundición).

Seguridad a Personas

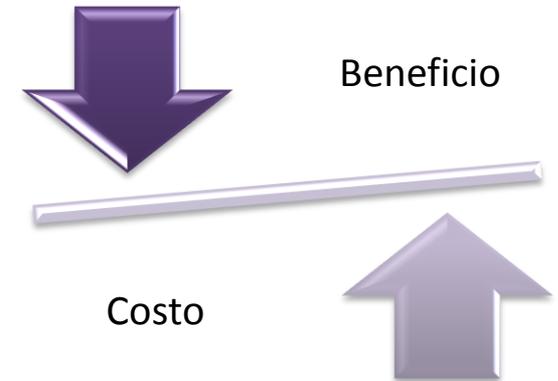
- Trabajos en altura (arneses) para realizar levantamiento, espacios confinados (tolvas, silos) con baja visibilidad y riesgo de caída a su interior.

Medioambiente

- Operación de carga y descarga que genera alto impacto medioambiental.

Falla Tecnologías

- Dónde otros medios de sensado (láser, ultrasonido, radar, etc.) no han tenido éxito.



BENEFICIOS



Beneficios

- ✓ **Maximizar utilización de instalaciones**
- ✓ **Automatización de carros repartidores**
- ✓ **Mejorar prácticas de operación**
- ✓ **Reducir detenciones no planificadas**
- ✓ **Reconciliación automatizada**
- ✓ **Contabilización en Línea**
- ✓ **Medir productividad diaria, por turno, área y línea de proceso**
- ✓ **Desarrollar estrategias de control integrado**
- ✓ **Controlar insumos fiscalizados (cal)**



CHILE - ARGENTINA - COSTA RICA - PERÚ - CANADA

Casa Matriz: Av. Presidente Riesco #5335,
Oficina 2104, Las Condes.
Fono: (56-2)4108160 Fax: (56-2)4108002.
www.c2mining.com