

# “ESTUDIO DE CAMPO DE DISPOSITIVOS PARA EVITAR EL RIESGO DE ATROPELLO MEDIANTE LA DETECCIÓN DE PERSONAS EN EL ÁREA DE INFLUENCIA DE MAQUINARIA MÓVIL PESADA”



**Salvo, Víctor**

Jefe del Área de Seguridad y Salud/Financiera y Minera-Grupo Italcementi / Ctra. de Almería, km8 / 29720 Málaga, España  
+34 952 20 92 00 / [v.salvo@fym.es](mailto:v.salvo@fym.es)

## INTRODUCCIÓN

El sector de la minería ha sido tradicionalmente considerado como peligroso desde el punto de vista de la seguridad de los trabajadores. Aún hoy en día la legislación española de seguridad cataloga los trabajos mineros como “actividades o procesos peligrosos o con riesgos especiales” en el Reglamento de los Servicios de Prevención (RD 39/1997).

El atropello o golpe con vehículos es la segunda causa de accidente mortal en la minería española en el periodo comprendido entre los años 1995 y 2002 como reflejan los datos de la Comisión de Seguridad Minera.

FORMAS DE PRODUCIRSE LOS ACCIDENTES LEVES, GRAVES Y MORTALES TOTAL MINERÍA 1995-2002			
	LEVES	GRAVES	MORTALES
CAÍDA DE PERSONAS A DISTINTO NIVEL. (CAÍDAS POR TALUD)	4,4	19,0	3,6
CAÍDA DE PERSONAS AL MISMO NIVEL	8,7	7,4	0,9
CAÍDA DE OBJETOS POR DESPLOME O DERRUMBAMIENTO (ROCAS)	18,2	11,1	30,4
CAÍDA DE OBJETOS EN MANIPULACIÓN	10,8	8,7	0,0
CAÍDA DE OBJETOS DESPRENDIDOS	6,1	2,1	0,9
PISADAS SOBRE OBJETOS	1,2	0,8	0,0
CHOQUES CONTRA OBJETOS INMÓVILES	3,5	1,3	0,0
CHOQUES CONTRA OBJETOS MÓVILES	2,5	2,4	0,0
GOLPES, CORTES Y EROSIONES PRODUCIDOS POR OBJETOS Y HERRAMIENTAS	31,9	14,5	0,9
PROYECCIÓN DE FRAGMENTOS O PARTÍCULAS	1,0	0,5	0,9
ATRAPAMIENTO POR Y ENTRE OBJETOS	7,6	19,8	15,2
ATRAPAMIENTO POR VUELCO O CAÍDA DE MÁQUINAS O VEHÍCULOS	0,6	4,5	9,8
SOBRESFUERZOS	1,9	0,3	0,9
EXPLOSIONES	0,0	1,1	13,4
ATROPELLOS O GOLPES CON VEHÍCULOS	1,6	6,6	23,2

De la tabla se desprende que los accidentes leves (1,6%) y graves (6,6%) ocasionados por atropellos o golpes con vehículos son relativamente bajos en relación a los mortales (23,2%) por lo que podemos concluir que ocurren en pocas ocasiones pero que **las consecuencias suelen ser graves o mortales**. Ello es debido a múltiples factores tales como la indefensión del peatón ante un atropello, el tiempo de frenado de la máquina, la enorme potencia de la máquina, etc.

Por otro lado los estudios estadísticos realizados en Estados Unidos por la Mine Safety and Health Administration (autoridad minera en temas relacionados con seguridad y salud) entre los años 2000 a 2006 revelan que hasta un total de 12 de los accidentes mortales ocurridos en minería de exterior en ese periodo estaban

relacionados con la existencia de ángulos muertos de visión que inhabilitaba al operador de la máquina para reaccionar ocasionando el atropello.

Los datos expuestos justifican que se realicen los esfuerzos necesarios para eliminar los ángulos muertos de la maquinaria móvil pesada y que se implanten las medidas de prevención que faciliten la localización de las personas que puedan estar en el radio de acción de las máquinas evitando de esa manera los accidentes mortales por atropello o golpe.

El presente estudio analiza la efectividad en campo de algunos de los dispositivos de seguridad disponibles en el mercado que se pueden utilizar para detectar la presencia de personas en el radio de acción de la maquinaria móvil pesada utilizada en las canteras y otras actividades tales como movimiento de tierras y construcción de carreteras, cementeras, plantas de hormigón, obras de construcción, etc. La detección a tiempo de personas a pie o en vehículos ligeros por parte del operador de la máquina facilita la puesta en funcionamiento de los dispositivos de parada con la consiguiente disminución de los accidentes por atropello y minimización de los posibles daños irreparables a las personas.

## DEFINICIONES

*Maquinaria móvil pesada.* Maquinaria de movimiento de tierras de gran tonelaje y dimensiones que se puede desplazar mediante ruedas y/o cadenas. Se incluyen en esta definición máquinas tales como palas cargadoras, volquetes, retroexcavadoras, buldócer, motoniveladoras, compactadoras, etc. En este estudio se denominarán como máquinas.

*Dispositivo para evitar el riesgo de atropello.* Aquel que ayuda al operador de una máquina a detectar peatones o vehículos en el radio de acción de esta.

*Obstáculo.* Un objeto que puede estar en el radio de acción de la máquina. Para este estudio se considerarán los peatones y los vehículos de transporte de personas.

*Radio de acción de una máquina.* Espacio de influencia de una máquina móvil pesada o de partes de esta (cucharas, brazos, etc.) en la que la presencia de personas pueda ocasionar un accidente por atropello o golpe.

*Ángulo muerto de visión.* Aquellas zonas dentro del radio de acción de la máquina que no son visibles para el operador mediante los dispositivos que incorporan de fábrica.

*Distancia de seguridad.* Distancia en la que un obstáculo no va a ser atropellado o golpeado por elementos de la máquina en su funcionamiento normal. Depende de la velocidad de la máquina, eje de giro, elementos móviles, etc.

## ACCIDENTES

Podemos tipificar varios accidentes debidos a atropellos o golpes con vehículos:

- Peatón o vehículo de transporte de personas que se encuentra en el radio de acción de la máquina con esta parada y que no siendo detectado por el operador de la máquina sufre atropello o golpe cuando se pone en marcha. Por ejemplo mecánico realizando tareas

de mantenimiento en la máquina o vehículo estacionado detrás de un dumper.

- Peatón o vehículo de transporte de personas que entra en el radio de acción de la máquina con esta en marcha y es atropellado al no respetar la distancia de seguridad. Como ejemplo podemos mencionar un conductor de camión que se baja de la cabina durante la carga y es atropellado por la pala o golpeado por la cuchara de la retroexcavadora o vehículo que se cruza con una pala en una zona de carga.
- Máquina que invade el espacio ocupado por un peatón o vehículo de transporte de personas ocasionando un atropello o golpe al no detectarlo. Un caso típico es una máquina maniobrando marcha atrás en una zona de escasa visibilidad en la que se encuentran peatones o vehículos.

## DISPOSITIVOS ANALIZADOS

Para el presente estudio se han instalado y probado tres diferentes dispositivos para detectar peatones o vehículos en las proximidades de las máquinas.

**Sonar de presencia.** Se ha probado un sonar Greensight Basic de la marca Groeneveld sobre una pala cargadora CAT 966E. Este dispositivo emite una señal de ultrasonido a través de sendos sensores instalados en la parte trasera de la máquina recibiendo el eco de los objetos inmóviles o en movimiento situados en las proximidades y emitiendo una señal sonora y visual mediante diodos leds a un emisor de señales instalado en el interior de la máquina que se incrementa en tipo y frecuencia cuando el objeto se aproxima según el siguiente patrón:

Zona* (conforme a DIN)	Distancia hasta objeto	Señal en el monitor	
		Señal luminosa	Señal acústica
Ningún objeto en zona de aviso		verde	ninguna
Primera zona de aviso	9 m	amarillo intermitente	2 x por seg.
Segunda zona de aviso	1,7 - 0,7 m	rojo intermitente	4 x por seg.
Zona de colisión	0,7 - 0 m	rojo continuo	señal acústica continua

**Espejos convexos.** Se ha probado el modelo NC100 de Spillard Safety System montado sobre una pala cargadora CAT 980C. Los espejos están realizados en material acrílico con una capa aluminizada al vacío de gran resistencia a los impactos y a la abrasión montados sobre brazos de aluminio. Están diseñados con un perfil de radios no uniformes que producen una mínima distorsión. Este tipo de espejos están específicamente diseñados para cada marca y modelo de máquina y se disponen de diferentes referencias para colocar en la parte delantera o laterales derecho e izquierdo lográndose una gran adaptación.

**Circuito cerrado de TV.** Se ha probado un CCTV modelo Brigade BE 455 compuesto por una cámara de gran ángulo con un elevado grado de estanqueidad frente al polvo y el agua (IP 68) resistente a los impactos instalada en la parte trasera de una pala cargadora CAT 980C y un monitor B/N de 5,5" en la cabina. El monitor tiene la posibilidad de permanecer siempre encendido o de activarse únicamente cuando se inicia la marcha atrás de la máquina.

## PRUEBAS REALIZADAS Y DIAGRAMA DE DETECCIÓN OBTENIDO

El área de pruebas ha consistido en un espacio horizontal allanado de tierra que presentaba ligeras discontinuidades así como pequeñas piedras en las pruebas del sonar y de una superficie asfaltada durante las pruebas con los espejos y la cámara, completamente libres de vegetación. No existía ningún objeto de mediano o gran tamaño a menos de 50 metros del área de pruebas. Se restringió la presencia de personas a las dos que realizaban las medidas y además servían una como objeto y la otra simulaba ser el operador de la máquina.

**Pruebas con el sonar de presencia.** Se instalaron sendos dispositivos emisores sobre el contrapeso de la pala (fotografía 1) a una altura sobre el suelo de 1,35 cm y el equipo receptor de señales en la cabina (fotografía 2). Se utilizaron dos objetos inmóviles, en el caso 1 el objeto era una persona de 1,75cm de altura con casco de protección, en el caso 2 se utilizó como objeto un vehículo utilitario Peugeot 307 en la misma dirección que la pala y en el caso tres el mismo vehículo en una dirección perpendicular a la de la pala. En todos los casos la pala permanecía parada siendo los objetos los que se desplazaban.



Fotografía 1. Colocación de emisores del equipo sonar



Fotografía 2. Instalación del receptor en la cabina

Fotografía 3. Pruebas con el vehículo perpendicular

Caso 1. Detección de persona a pie mediante sonar. En la figura 1 se muestra el diagrama de detección de una persona a pie que se encuentre en el radio de acción de la máquina por su parte trasera.

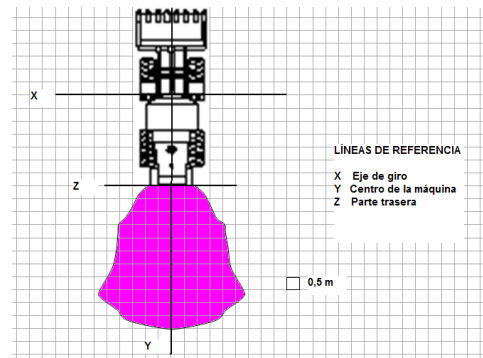


Figura 1

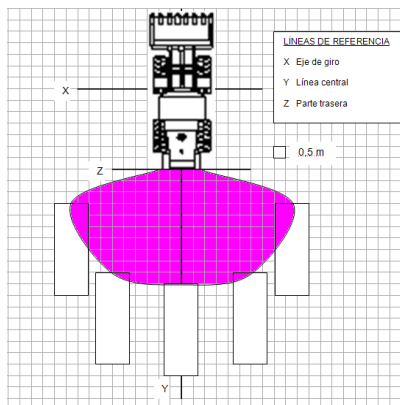


Figura 2

Caso 2. Detección de vehículo en la misma dirección mediante sonar. En la figura 2 se muestra el diagrama de detección de un vehículo estacionado en el radio de acción de la máquina por su parte trasera.

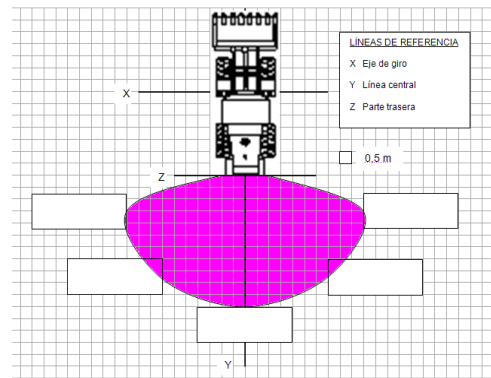


Figura 3

Caso 3. Detección de vehículo perpendicular mediante sonar. En la figura 3 se muestra el diagrama de detección de un vehículo estacionado en el radio de acción de la máquina por su parte trasera.

**Pruebas con los espejos convexos.** Se instalaron sendos espejos convexos en ambos laterales de la máquina junto a los espejos normales que esta

trae instalados de fábrica como se observa en la fotografía 4. Se utilizó como objeto una persona de 1,80cm de altura con casco de protección y chaleco de alta visibilidad con bandas reflectantes. En el caso 4 se instalaron los espejos en posición vertical como indica el fabricante, en el caso 5 se instalaron los espejos en posición horizontal. En ambos casos la pala permanecía parada siendo los objetos los que se desplazaban, se marcaban las posiciones detectadas mediante cono de señalización.



Fotografía 4. Montaje del espejo



Fotografía 5. Mediciones con espejo

Caso 4. Detección de persona a pié mediante espejos convexos bien instalados. En la figura 4 se observa el diagrama de detección de una persona que invade el radio de acción de una máquina por los laterales y la parte trasera. Los espejos se han instalado conforme a las indicaciones del fabricante.

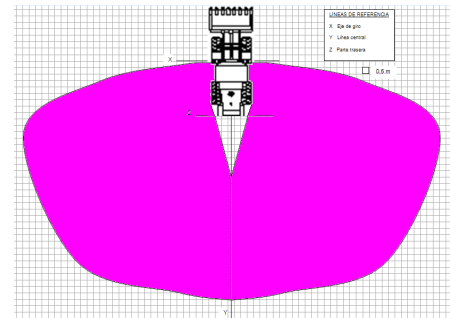


Figura 4

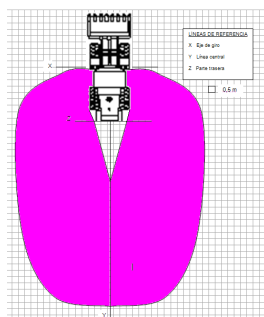


Figura 5

Caso 5. Detección de persona a pié mediante espejos convexos mal instalados. En la figura 5 se observa el diagrama de detección de una persona que invade el radio de acción de una máquina por los laterales y la parte trasera por los laterales y la parte trasera. Los espejos se han instalado girados 90° con respecto a las indicaciones del fabricante.

**Pruebas con circuito cerrado de TV.** En esta última pala se instaló un sistema CCTV en su parte posterior (fotografías 6 y 7) que se mostró muy eficaz para detectar personas muy próximas a ésta. La instalación de la cámara se realizó posteriormente a las pruebas y se utilizó para cubrir el ángulo muerto de visión que se observa en los diagramas de detección de los espejos.



Fotografía 6. Colocación de la cámara



Fotografía 7. Instalación del monitor

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

**Sonar de detección.** Los diagramas muestran una zona de detección no superior a 5,5 metros tanto para personas a pie como para personas en un vehículo. En el caso de una pala cargadora sobre ruedas como la utilizada en el estudio, esta distancia de detección puede ser insuficiente, ya que no podemos garantizar la reacción y accionamiento del sistema de frenos a tiempo de evitar el atropello o golpe. Además hay que considerar que los ángulos muertos de visión laterales se deberían cubrir mediante otro dispositivo adicional que podrían ser sendos emisores de sonar o bien espejos convexos o cámaras CCTV.

Con posterioridad a las pruebas realizadas el sistema de sonar se dejó instalado en la pala que realizaba tareas de carga en la planta de tratamiento de áridos de la cantera. Según los comentarios del propio operador el sistema le provocó un exceso de estímulos auditivos ya que, al maniobrar en una zona en la que estaba presente un elevado número de estructuras metálicas y maquinaria fija, se producían continuamente falsas alarmas al detectar el dispositivo estas estructuras fijas. Esto provocó en primer lugar la saturación del operador que posteriormente ignoraba la señal de alarma proveniente del dispositivo dando por sobre entendido que se trataba de otra falsa alarma.

Por otra parte la disposición de los sensores debido a su tamaño y forma obligó a colocarlos sobre el contrapeso trasero de la pala. En esta posición pronto recibió pequeños golpes que ocasionaron un deficiente funcionamiento del sistema.

Por lo anteriormente expuesto consideramos que el uso de sonar de detección se muestra como una solución no adecuada para vehículos que desarrollen más de 20 km/h (el tiempo de reacción del operador sería inferior a 1 segundo en el mejor de los casos) o que tengan que realizar las tareas en un medio con presencia habitual de objetos cercanos (provocan muchas falsas alarmas) o personas (como en el caso de algunas máquinas utilizadas en construcción de carreteras, por ejemplo). La localización del equipo deberá ser cuidadosamente elegida y se recomienda que se cubra mediante una carcasa metálica que no interfiera en la señal emitida para evitar golpes fortuitos.

**Espejos convexos.** La solución de colocar espejos convexos junto a los espejos normales se ha mostrado como muy eficaz para detectar a personas en un área muy extensa por la parte trasera y laterales como se puede comprobar en los diagramas de los casos 4 y 5. Esto proporciona al operador un área de visión ampliada lateral y posterior que le facilita la localización de una persona a pie o de un vehículo, especialmente si estos portan una prenda de alta visibilidad o una luz destellante en el techo respectivamente. El área de detección se muestra suficientemente extensa como para garantizar un tiempo de reacción que permita al operador tomar una decisión y accionar los frenos de la máquina en condiciones de seguridad para ambos trabajadores.

A pesar de esto existen ángulos muertos de visión justo en la parte trasera de la máquina así como en la parte delantera muy próximos a la máquina que aconsejan el uso de espejos convexos en la parte delantera así como un sistema CCTV en la parte trasera para garantizar la eliminación total de los ángulos muertos de visión.

Hay que destacar la pérdida de área de visión (comparar diagramas de detección de los casos 4 y 5) que se produce cuando se instalan los espejos deficientemente por lo que es recomendable dar instrucciones de montaje precisas a los montadores.

**Circuito cerrado de TV.** El CCTV se ha mostrado como un eficaz medio de visualizar personas y objetos en la parte posterior más cercana a las máquinas por lo que cubre perfectamente el ángulo muerto de visión que se produce con el uso de los espejos convexos justo detrás de la máquina o bien acompañando al sistema de sonar para discriminar entre una falsa alarma o una alarma real.

La localización del monitor debe ser elegida teniendo en cuenta la opinión del operador de la máquina ya que se trata de un espacio reducido. Se debe asegurar que el monitor se instala en un lugar conveniente, como puede ser un lugar donde el conductor mira para comprobar los espejos y en todo caso donde no provoque nuevos ángulos muertos. Por otra parte se procurará no montar el monitor en lugares con elevada vibración que puede afectar a la vida útil de este. Si esto último no se puede evitar se instalarán con elementos que amortigüen las vibraciones.

En el caso de optar por un sistema combinado de sonar y cámara CCTV se debería procurar que el primero emitiera una señal única de alarma (tres pitidos seguidos o bien una señal de voz) a la vez que se enciende el monitor. De esta manera el operador podrá decidir si acciona los frenos para detener la marcha completamente o reducir la velocidad o bien ignora la alarma si decide que el obstáculo no puede llegar a ser un problema de seguridad.

## CONCLUSIONES

Los resultados positivos obtenidos en el presente estudio a partir de las mediciones realizadas sobre palas cargadoras en un ambiente minero son, a nuestro entender, perfectamente extrapolables al resto de maquinaria móvil pesada en cualquier entorno laboral si bien es cierto que en cada caso se hace necesario seguir las indicaciones de los fabricantes en cuanto a la instalación de los dispositivos, número de estos, etc. para lograr unos óptimos resultados que compensen el esfuerzo económico necesario para implementarlos.

Por todo lo anteriormente expuesto consideramos que la instalación de dispositivos que eliminen los ángulos muertos de la maquinaria móvil pesada unido al uso de prendas de alta visibilidad por parte de los trabajadores y de luminosos rotatorios en los vehículos constituye una herramienta preventiva de primer orden para evitar los accidentes mortales por atropello o golpes con estas máquinas. Una adecuada organización de los trabajos evitando los trabajadores a pie en las zonas de maniobra de estas máquinas, sumado a unas normas bien definidas por parte de la empresa que prohíban permanecer en sus proximidades cuando están en marcha y una formación adecuada de los trabajadores propios y externos en este sentido lograrán una adecuada integración de las medidas técnicas en el día a día del centro de trabajo.

Además de lo dicho la instalación de dispositivos para eliminar los ángulos muertos pueden ayudar de manera muy eficiente al operador a maniobrar en las cercanías de los bordes de taludes, terraplenes y otras discontinuidades del terreno



evitando el vuelco de la máquina que es otra de las principales causas de accidentes mortales operando maquinaria móvil pesada.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a D. Rafael Salado de la empresa Compañía General de Canteras y a D. Francisco García De la Torre de la empresa Eurosealand por su inestimable ayuda durante la realización de las pruebas.

## REFERENCIAS

1. Ruff, T. (2007). Evaluating Proximity Warning Systems on Surface Mining Equipment. DHHS (NIOSH) Publication No. 2007-146. Cincinnati, OH: National Institute for occupational Safety and Health.
2. Ruff, T. and Steele, J. (2004). Recent advances in proximity warning technology for surface mining equipment. *Mining Engineering*, 56 (12), 68-72.
3. Ruff, T. (2002). *Recommendations for testing radar-based collision warning systems on heavy equipment*. (DHHS NIOSH Publication No. 2002-135 (Report of Investigations 9657)). Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health.
4. Ruff, T. (2000). *Test results of collision warning systems for surface mining dump trucks*. (DHHS NIOSH Publication No. 2000-120 (Report of Investigations 9652)). Pittsburgh, PA: National Institute for Occupational Safety and Health.
5. Asociación Nacional de Empresas Fabricantes de Áridos. Estadísticas de Seguridad 2005-2006. Número 3, Junio de 2006.
6. Dirección General de Política Energética y Minas. Comisión de Seguridad Minera. Estadísticas de seguridad 1995-2002
7. Eurosealand. Catálogo de productos