

RELACIÓN 9/9

UN FACTOR DE SEGURIDAD PARA

INTERSECCIONES VIALES MINERAS

Autor: Milivoj Jordas Cruz Cerda.

INNOVACIONESMILIVOJ SPA

www.innovacionesmilivoj.cl

Abril 2021.

RESUMEN EJECUTIVO

El accidente vehicular y/o de tránsito genera grandes pérdidas socio-económicas, con un costo anual en el mundo de sobre US\$500 billones (OMS, 2015; Moreira *et al.*, 2016) e inmensurables sufrimientos a las víctimas y familiares. En la industria minera chilena, uno de los rubros con los más altos estándares de seguridad en Chile, velar por la seguridad vial es imperativo, ya que un incidente vehicular o de tránsito es de alto potencial con riesgo material¹.

Por ello, bogar por establecer normas, criterios, métodos, entre otras medidas de control administrativas, es una práctica habitual en la industria que nos permite contribuir a minimizar el riesgo de incidentes y potenciar la seguridad. Ahora, basado en el análisis de diversos estudios vinculados con seguridad vial desde la década del 60 a la fecha, en donde destaca en concordancia con las “barreras blandas” la aplicación de la regresión cuantílica, método capaz de proveer una más específica selección discriminatoria de las partes del camino, identificando de forma coherente y segura tramos del camino susceptibles a accidentes, y luego de variadas observaciones realizadas en secciones de caminos por este autor en diversas compañías mineras de Chile, se establece la denominada “Relación 9/9” para intersecciones de caminos mineros, el cual opera como un factor de seguridad. A continuación se detalla dicha relación:

¹ Riesgo material es un término que se aplica en la compañía minera BHP para indicar riesgo de fatalidad.

$$FS_{IVM} = \frac{\angle GCP}{\angle CA} = \frac{\text{Ángulo de giro del cuello piloto}}{\text{Ángulo del camino adyacente}}$$

En donde:

FS_{IVM} = Factor Seguridad Intersección Vial Minera.

$\angle GCP$ = Ángulo de giro del cuello del piloto o chofer.

$\angle CA$ = Ángulo del camino adyacente más cercano.

Dado los ángulos señalados, respecto al numerador, se debe considerar que el ángulo máximo de torsión del cuello de una persona es de 90°, sobre-esfuerzos pueden generar una lesión muscular, de hecho, las lesiones de cuello son altamente frecuentes en accidentes de tránsito (Minoyama & Tsuchida, 2004; ACHS, 2010; Muñoz *et al.*, 2012; Cruz Roja Chilena, 2017), movimiento de cuello que se ve aún más reducido por el uso del cinturón de seguridad, que limita el apoyo auxiliar de la columna y/o cadera, entre otros aspectos.

Para el denominador, si bien el ángulo del camino más adyacente al vehículo puede aumentar o disminuir de 90°, el hecho que disminuya este ángulo (Ángulo agudo), implica una menor opción de visualización de la vía y por ende, de quien o quienes transitan por este carril, si en caso contrario aumenta el ángulo a más de 90° (Ángulo obtuso), si bien la visualización de quien viene por este carril se incrementa, existe el riesgo real de impacto dada la trayectoria del vehículo en movimiento, riesgo que se puede aumentar exponencialmente si se consideran desniveles o inclinaciones del camino.

Basado en la Tercera Ley de Newton, conocida como principio de acción y reacción, la cual expone que por cada fuerza que actúa sobre un cuerpo, éste realiza una fuerza de igual intensidad y dirección pero en sentido contrario sobre el cuerpo que la produjo, por lo que las fuerzas siempre se presentan en pares de igual magnitud ($F_1=F_2$), sentido opuesto ($\leftrightarrow$) y están situadas en la misma recta, no anulándose entre sí al actuar sobre distintos cuerpos, diferencias de masas entre dichos cuerpos que pueden generar distintas aceleraciones. Por lo tanto, cada una de estas fuerzas, obedece por separado a la segunda ley de Newton que es representada en esta ecuación:

$$F = ma = m \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} (mv)$$

En donde la aceleración (a) experimentada por un objeto, es directamente proporcional a la fuerza ejercida (F) e inversamente proporcional a su masa (m). Así, un evento con resultados fatales o gravísimos ocurre generalmente entre vehículos de gran diferencia de tamaño y peso.

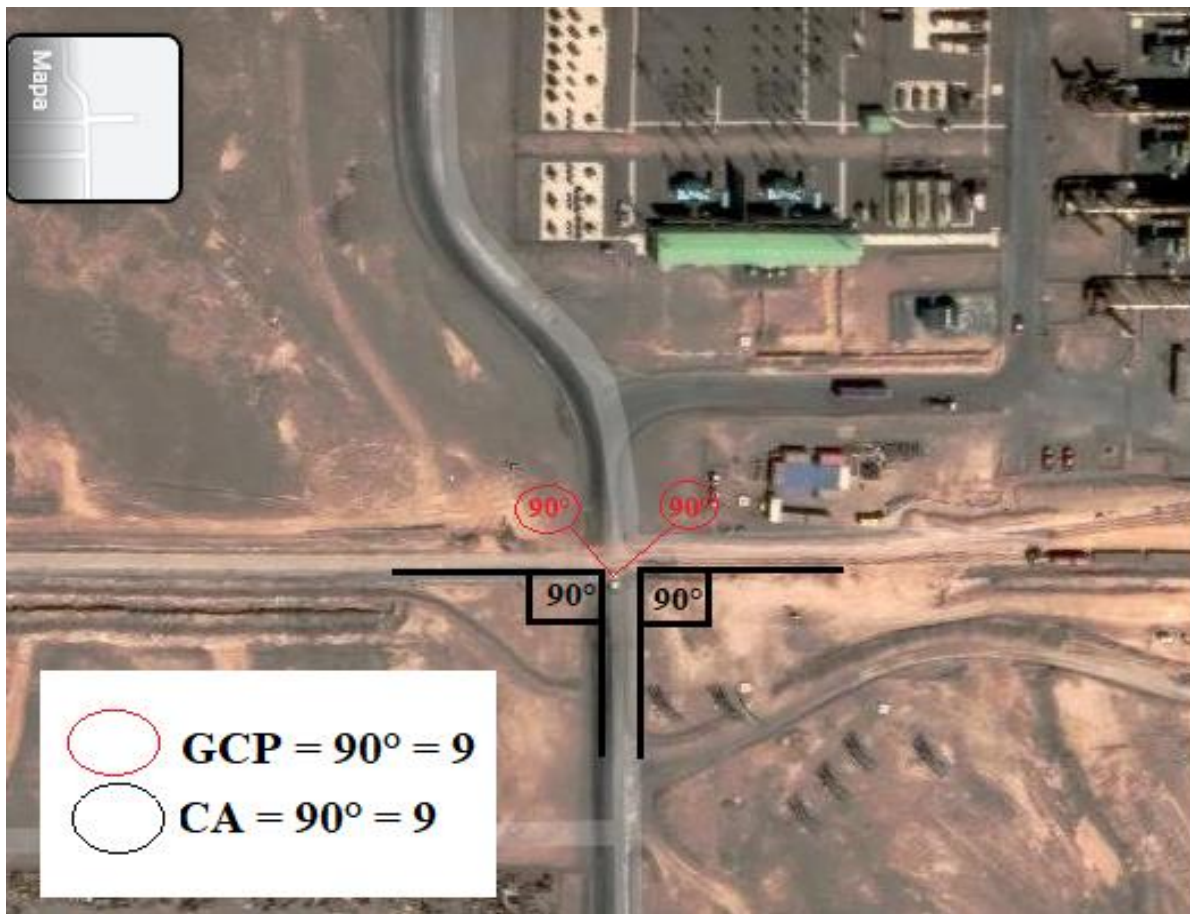
Dado estos aspectos, el hecho de que a los 90° sea el óptimo para ambas variables, se procede a establecer en este estudio la relación 9/9, la cual es una herramienta práctica a la hora de evaluar una intersección de camino minero, esto se puede apreciar más claramente en las siguientes imágenes.

Ejemplo 1: Relación 1/9 o 9/1 o $\neq$ 9/9



Nótese que en la vista hacia la derecha del chofer, el giro del cuello debe ser necesariamente superior a la torsión normal de 90°, lo que puede acarrear una lesión de cuello o una mala visualización de la vía a ingresar. Si bien, se han diseñado para estas situaciones por ejemplo “espejos viales”, dada la condición del área minera, el polvo rápidamente puede dejar deshabilitada esta opción. Recordar que para la otra opción en cuestión, existe el riesgo de impacto por trayectoria entre vehículos.

Ejemplo 2: Relación 9/9



En esta imagen se aprecia una condición óptima, en donde claramente el chofer puede visualizar la vía, sin exponerse a la trayectoria de otro vehículo, siendo en primera instancia protegido por un pretil u otra barrera dura.

CONCLUSIÓN

La relación 9/9, es un método práctico de aunar criterios al momento de definir la geometría de una intersección de camino minero, permitiendo reducir el riesgo de impacto, choque, colisión, volcamiento, atropello, entre otros tipos de incidentes, diseño que debiera ser siempre alcanzado, mediante la ampliación de dicha sección de camino, aspecto que ha demostrado minimizar el riesgo de accidente de tránsito en estudios con regresión cuantílica, siendo uno de los factores o parámetros limitantes de dicho diseño, aspectos tales como los topográficos (i.e. presencia de roca dura o primitiva).

BIBLIOGRAFÍA

- ACHS, 2010. Primeros auxilios en emergencias infantiles. En: <https://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitacion/CentrodeFichas/Documentos/primeros-auxilios-en-emergencias-infantiles.pdf>
- Cruz Roja Chilena, 2017. Guía de Primeros Auxilios Comunitarios. En: http://www.cruzroja.cl/publicaciones/descarga/GUIA_PRIMEROS_AUXILIOS_SPAC.pdf
- Guerrero, T.E.B., Santiago, S.Y.P., 2016. Determination of accident-prone road sections using quantile regression. Revista de Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia. Vol. 79. Pág. 130-137.
- Liu, X., Saat, M., Qin, X., Barkan, C., 2013. Analysis of U.S. freight-train derailment severity using zero-truncated negative binomial regression and quantile regression. Accident Analysis and Prevention. Vol(59). Pág. 87– 93.
- Minoyama, O., Tsuchida, H., 2004. Injuries in professional motor car racing drivers at a racing circuit between 1996 and 2000. Br. J. Sports Med.. Vol. 38. Pág. 613–616.
- Moreira, C.A., Alves, C.B., Constantino, P., 2016. Analysis of factors associated with traffic accidents of cyclists attended in Brazilian state capitals. En: DOI: 10.1590/1413-812320152112.24152016
- Muñoz, M.A.S., Egea, J.J.G., Murillo, F.C., 2012. Crash 3. Un nuevo esfuerzo internacional para el manejo de la lesión cerebral hemorrágica traumática. Med Intensiva. Vol. 36(8). Pág. 527-528.

- Organización Mundial de la Salud (OMS), 2014. Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial 2013. [Online]. Washigton: OMS, Bloomberg Philanthropies. [date of reference July 25th of 2014]. Disponible en: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/83798/1/WHO_NMH_VIP_13.01_spa.pdf
- Qin, X., Ng, M., Reyes, P., 2010. Identifying crash-prone locations with quantile regression. *Accident Analysis and Prevention*. Vol. 42(6). Pág. 1531-1537.
- Qin, X., Reyes, P., 2011. Conditional quantile analysis for crash count data. *Journal of Transportation Engineering*. Vol. 137(9). Pág. 601-607.
- Washington, S., Haqueeb, M., Oh, J., Lee, D., 2014. Applying quantile regression for modeling equivalent property damage only crashes to identify accident blackspots. *Accident Analysis and Prevention*. Vol. 66. Pág. 136– 146.
- Wu, H., Gao, L., Zhang, Z., 2014. Analysis of crash data using quantile regression for counts. *Journal of Transportation Engineering*. Vol. 140(4).