

Aplicación de Métodos Multicriterio para Selección de Puntos de Análisis de Ruido

*Fit, Cintia Gabriela**; *Kolodziej, Sebastián Federico**; *Cruz, Eugenio Rubén**

* *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM) Oberá, Misiones, Argentina.
CP: 3365. cintiagabrielafit@gmail.com*

RESUMEN.

En el presente trabajo se propone una metodología para la selección de los establecimientos educativos de la ciudad de Oberá en los que posteriormente se llevarán a cabo un análisis detallado para determinar los niveles de ruido a los que están expuestos los usuarios de dichas instalaciones. Para llevar a cabo la selección se aplicaron dos métodos que permiten realizar un análisis con criterios múltiples, tales como los que se necesitan para este análisis; el método de los Factores Ponderados, y el método AHP (Analytic Hierarchie Procesess) o Proceso de Análisis Jerárquico. A partir de la aplicación de los métodos se seleccionaron los establecimientos a ser analizados. Ambos métodos coinciden en los primeros dos establecimientos en nivel de prioridad, pero se presentan variaciones a partir del tercero. En función de ello se considera a los dos primeros como los que pueden verse más perjudicados por el ruido en la ciudad de Oberá. A partir de esta selección se propone realizar mediciones *in situ* en los establecimientos seleccionados a fin de verificar la incidencia del ruido.

Palabras Claves: Establecimientos educativos, Ruido ambiental, Análisis multicriterio

ABSTRACT

This paper proposes a methodology for the selection of educational establishments in the city of Oberá in which a detailed analysis will then be carried out to determine the noise levels to which users of these facilities are exposed. In order to carry out the selection, two methods were applied that allow an analysis with multiple criteria, such as those needed for this analysis; the Weighted Factors method, and the AHP (Analytic Hierarchie Processess) or Hierarchical Analysis Process method. From the application of the methods, the establishments to be analyzed were selected. Both methods coincide in the first two establishments at priority level, but there are variations from the third. Based on this, the first two are considered to be the ones most affected by noise in the city of Oberá. From this selection it is proposed to carry out measurements *in situ* in the selected establishments in order to verify the incidence of noise.

1. INTRODUCCIÓN

El ruido es aquel sonido no deseable o nocivo, y en la actualidad es uno de los principales contaminantes más invasivos. El ruido ambiental puede derivarse principalmente de las siguientes fuentes, construcciones de obras, espacios de esparcimiento, automóviles, industrias, entre otras y estas forman parte de la vida cotidiana de las personas.

La exposición a los diferentes niveles de ruidos puede provocar efectos adversos en la salud y también afectar el bienestar de las personas. La Organización Mundial de la Salud y otros organismos, afirman que los daños que puede ocasionar niveles de ruidos elevados son: discapacidad auditiva incluyendo tinnitus, dolor y fatiga auditiva, perturbación del sueño, efectos cardiovasculares, respuestas hormonales (hormonas del estrés, molestias, y un punto muy importante a tener en cuenta es que puede llegar a afectar al rendimiento de las personas en la escuela o en el trabajo. Además, puede generar interferencia en la comunicación oral y en el comportamiento social. Si bien el ruido perturba a las personas de todas las edades, los niños y jóvenes que se encuentran en la edad de crecimiento, son los más afectados por los niveles de ruido, además el mismo puede ser una barrera para el aprendizaje.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) [1], 466 millones de personas en el mundo padecen de pérdida de la audición discapacitante, de los cuales 34 millones son niños. La OMS sostiene que la exposición al ruido excesivo es una de las causas y advierte que los niños son uno de los colectivos más vulnerables ante los efectos nocivos del ruido.

El presente trabajo se llevó a cabo en la ciudad de Oberá, la cual se localiza aproximadamente en el centro de la Provincia de Misiones, en las coordenadas 27°29'12"S y 55°07'13"O (Plaza San Martín) [2]. Oberá cuenta con más de 35 establecimientos educativos, tanto de gestión pública como privada y posee distintos niveles de enseñanza, los cuales son: enseñanza nivel inicial, primaria, secundarias, terciaria y nivel universitario.

El objetivo del presente trabajo es seleccionar cuáles de los establecimientos educativos de la ciudad de Oberá se ven afectados en mayor proporción a los niveles de ruido. Para la selección se tuvo en cuenta diferentes factores, los cuales se consideran generadores de los ruidos y se utilizó dos métodos para proceder a la elección. Se tuvo en cuenta para el análisis que las instituciones cuenten con nivel de enseñanza primaria, ya que los niños de esas edades son los más afectados a la exposición de este contaminante, no se realizó discrepancia entre instituciones públicas o privadas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Para comenzar con el estudio primeramente se realizó una búsqueda de los establecimientos educativos de la ciudad de Oberá a través del sitio web oficial del Consejo General de Educación de la Provincia de Misiones [3]. Con los datos obtenidos se clasificaron las instituciones de acuerdo a sus diferentes niveles de enseñanza, los cuales son: nivel inicial, primario, secundario, terciario y universitario. Conjuntamente se identificó cuáles de los establecimientos pertenecen al sector de enseñanza pública o privada.

Como la ciudad de Oberá cuenta con más de 35 establecimientos escolares es difícil hacer un análisis de todos, por lo tanto, se procedió a utilizar dos tipos de métodos para poder seleccionar las instituciones que se encuentran más afectadas por el ruido y a partir de la selección, evaluar, registrar y analizar los valores obtenidos.

Se destaca que el primer criterio que se toma en cuenta antes de aplicar los métodos es que para el análisis se elegirán las escuelas que posean nivel inicial y primario ya que los niños de estas edades son los más afectados por los niveles elevados de ruido. En cada uno de los métodos que se presentan se pueden observar que se analizan diferentes factores, los cuales intervienen en distintas proporciones con la generación del ruido. Para el análisis se utilizó el método de los factores ponderados y el método AHP (Analytic Hierarchy Processes).

2.1 Primer método: Factores Ponderados.

Una de las técnicas a utilizar es la de los factores ponderados el cual se basa en desarrollar una lista con los factores relevantes, luego asignar un peso a cada factor para indicar la importancia relativa, teniendo en cuenta que la suma de los pesos debe ser igual a 1 (uno). A continuación, con la utilización de una escala numérica se califica a cada factor con la puntuación deseada y luego se multiplica la misma por los pesos relativos. Se sumarán los valores y se seleccionará el factor con mayor puntuación.

Tabla 1 Escala numérica de Saaty.

Puntuación	Descripción
1	Igualmente importante
3	Ligeramente más importante
5	Notablemente más importante
7	Demostablemente más importante
9	Absolutamente más importante

Fuente: El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad en la provincia de Chaco. Ramírez Mirta Liliana

En este método cada factor posee un peso y para poder calcular estos valores existen diversos métodos de asignaciones de pesos. Se utiliza el Análisis Jerárquico de Saaty (1980). Este método se basa en la comparación por pares de criterios que parte de una matriz cuadrada que se puede observar como ejemplo, en la figura 1 [4] en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de criterios a ponderar [5]. Por lo tanto, se establece una matriz en la cual se compara la importancia de cada uno con los demás. A continuación, se establece el procedimiento de este método: en primer lugar, se determina la importancia relativa de la variable de cada fila en relación a la variable de su columna correspondiente, así, es preciso primero, completar toda la matriz introduciendo en el triángulo superior-derecho el inverso del valor de la celda correspondiente de triángulo inferior-izquierdo. Luego se deberá sumar cada columna para obtener un marginal de columna, a continuación, generar una nueva matriz mediante la división de cada celda entre el marginal de su columna. Por último, calcular la media de los pesos de cada línea.

Se debe considerar que por más que se cuenta con una escala para asignar los valores de la matriz, las comparaciones por parejas son calificadas por el analista, por lo tanto, involucran decisiones que dependen del juicio del mismo.

(x) \ (j)	Geología	Pendiente del terreno	Geomorfología	Conflictos de usos	Σx_j	$\Sigma x_j/n$	Peso relativo $\Sigma(\Sigma x_j/n)/\Sigma x_j/n$
Geología	1						
Pendiente del terreno		1					
Geomorfología			1				
Conflictos de usos				1			
					$\Sigma x_j =$		

Figura 1 Matriz de Jerarquías.

Fuente: Estimación de pesos ponderados de variables para la generación de mapas de susceptibilidad a través de la Evaluación Espacial Multicriterio. Marcano Arismar, Cartaya Scarlet, Pacheco Henry y Méndez Williams.

Para comenzar con la aplicación del método, primeramente se detallan a continuación los factores que se tienen en cuenta para realizar la selección de los establecimientos educativos. Los mismos se pueden dividir en cinco grandes grupos en los cuales cada uno de ellos se encuentra conformado por diversos elementos. Los grupos son: vehículos, vías de circulación, delimitación por distritos, barreras naturales o artificiales y características edilicias.

2.1.1 Vehículos

- Velocidad: el motor, la transmisión, escape, rodadura y turbulencias aerodinámicas son factores que generan ruido, y dependen además de la velocidad del vehículo.
- Categoría: los diferentes vehículos se clasificarán en dos grandes categorías: pesados y livianos. El grupo de los vehículos livianos es constituido por motos, automóviles, camionetas pick up, combi o micro bus (hasta 33 pasajeros). Los vehículos pesados están constituidos por ómnibus y camiones tanto para transporte de personas como cargas. También se debe considerar las motocicletas que generan ruidos porque utilizan escapes libres.
- Flujo vehicular o intensidad del tránsito: es la cantidad de vehículos que circula por hora, y posee una incidencia directa en el ruido. Por ejemplo, cuando la vía de circulación vehicular se encuentra saturada, se hace más difícil poder maniobrar lo que hace que se disminuya la velocidad, por lo tanto, se genera menos ruido.

- Régimen: Se pueden identificar los siguientes regímenes, flujo continuo, característico de una ruta; flujo pulsante continuo, típico de una calle urbana; y el flujo interrumpido o pulsante desacelerado o acelerado, característico de calles semaforizadas, puestos de peaje, etc.
 - Flujo continuo: Situación de tráfico fluido, con intensidad de tráfico baja y velocidades altas, sólo limitadas por las condiciones físicas de la vía.
 - Flujo pulsante continuo (calle urbana): circulación estable, pero la velocidad y la maniobrabilidad están ya considerablemente condicionadas por el resto del tráfico. Los adelantamientos y cambios de carril son más difíciles.
 - Flujo interrumpido pulsante (calles semaforizadas): Las detenciones son frecuentes, siendo inestables o forzadas las condiciones de circulación. Situaciones que empiezan a ser inestables, es decir, en que se producen cambios bruscos e imprevistos en la velocidad.

2.1.2 Vías de circulación

- Pendiente de la vía de circulación: las pendientes son características del relieve de la ciudad de Oberá, y combinado con el tráfico vehicular incrementa los niveles de ruidos, por lo tanto, si es mayor de unos pocos grados tiene una incidencia muy grande en el ruido resultante, debido a que obliga a bajar la relación de transmisión para una determinada velocidad, lo cual aumenta la velocidad angular del motor y el ruido del escape.
- Material de la vía de circulación: el tipo de material el cual está construido la vía influye en el ruido ya que en la compresión entre la cubierta y el pavimento se liberan pequeñas burbujas que quedaron atrapadas entre ambas partes y la cantidad de las mismas es mayor en pavimentos lisos que en los pavimentos más porosos.
- Perfil: el perfil de la vía puede ser abierto, en L y en U. El perfil abierto es cuando no existen superficies reflectantes cercanas. El perfil en L es cuando solo en un lado de la vía hay un plano de fachada y en el otro no, por ejemplo, en una calle con edificación en uno de sus lados y una plaza en el otro. Y el perfil en U es cuando en ambos lados de la vía hay fachada.
- Estado: las diferentes vías de circulación pueden encontrarse en diferentes estados, si las vías poseen pequeñas grietas corresponderá a un nivel de deterioro bajo. Pero si la vía posee baches profundos, el asfalto se encuentra levantado o dañado corresponderá a un nivel alto de deterioro.
- Tipo: las vías de circulación de la ciudad de Oberá se pueden clasificar de acuerdo a si se encuentran en lugares donde concurren muchas personas, además de locales y/o comercios, estos factores influyen en el flujo vehicular. Por lo tanto, la clasificación es:
 - Avenidas principales: mucha concurrencia de personas, un elevado flujo vehicular y gran mayoría de comercios.
 - Avenidas y/o calles secundarias: menor concurrencia de personas, mayor cantidad de casas y menos comercios.
 - Calles terciarias: en estas se encuentran calles de poca concurrencia de flujo vehicular y pocos comercios.
- Cantidad de carriles: la cantidad de vías de circulación influye en la generación de ruido, es decir, al tener más vías hay mayor cantidad de autos. Por lo tanto, se clasificará de acuerdo a la cantidad: una sola vía o varias vías, en el caso de la varias vías el sentido de las mismas puede ser en la misma dirección o contrarias.

2.1.3 Fuentes fijas generadoras de ruidos próximas a los establecimientos

Otro elemento a tener en cuenta es la cercanía de los establecimientos con fuentes fijas, tales como industrias generadoras de ruido, actividades comerciales, boliches, y cualquier punto con presencia de personas en actividades de ocio o deportivas. Por lo tanto, se identificarán el tipo de fuente fija de ruido y además la distancia al establecimiento educativo.

2.1.4 Delimitación por distritos

Este es un factor que queda en consideración como limitante para la selección de puntos, ya que, si bien el distrito residencial de alta densidad concentra el mayor porcentaje de establecimientos, los demás distritos se encuentran en expansión, por lo que es factible el crecimiento de instituciones en los mismos, por lo tanto, los resultados hallados podrán ser tomados en consideración para la instalación de las mismas.

2.1.5 Barreras naturales o artificiales

No se tomarán en cuenta las barreras naturales, ya que existen estudios que brindan información respecto a que arboles dispersos no cumplen un papel significativo en la disminución del ruido. Por lo tanto, para poder descender el nivel de los ruidos se deberían utilizar barreras largas, anchas y densas. Pero si se tendrán en cuenta la existencia de alguna barrera artificial, como por ejemplo un muro de mampostería perimetral, ya que de esta forma es un obstáculo para la propagación del ruido.

2.1.6 Características edilicias

Este factor se tomará en cuenta a la hora de relevar los datos, pero no en la matriz de factores ya que involucra distintas variables cualitativas de acuerdo al tipo de establecimiento que se releve. La estructura edilicia añade gravedad con respecto al ruido, ya que, si muchas calles se encuentran encajonadas entre edificios, el mismo se refleja entre fachadas opuestas y no se disipa con rapidez. Se tendrán en cuenta los siguientes aspectos de las edificaciones: material de fachada, la cantidad de plantas y la altura de la estructura edilicia, y que aulas o espacios se encuentran ubicados cerca de las vías de circulación. Además, se tendrá en cuenta si las ventanas poseen persianas ya que las mismas se comportan como barreras para el ruido. Una vez definidos los factores se detallan las escalas que se utilizan para poder asignarle valores correctos y reales a cada tipo de institución.

2.1.7 Grupo 1: Vehículos

Velocidad: según el Art. 51° de la Ley N°24.449 establece lo siguiente: “En proximidad de establecimientos escolares, deportivos y de gran afluencia de personas: la velocidad precautoria no ser mayor a 20 km/h durante su funcionamiento”.

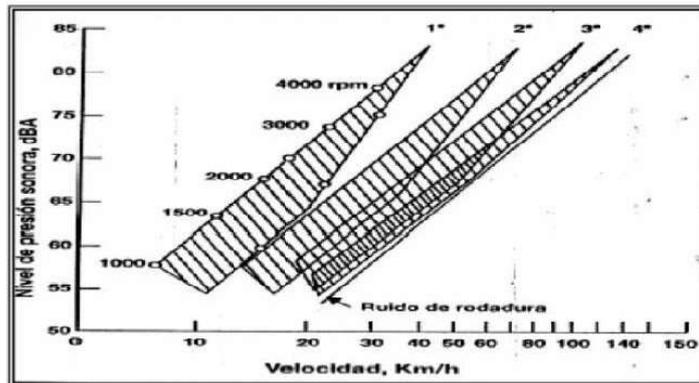


Figura 2 Velocidad en relación con el nivel sonoro.
Fuente: Sociedad Española de Acústica

Como se puede observar en la figura, depende del tipo de auto el nivel sonoro es diferente y además depende de la velocidad. Por lo tanto a partir del gráfico y teniendo en cuenta el código de tránsito de la Argentina se obtiene los valores límites teniendo en consideración la categoría.

Tabla 2 Puntaje en función de la velocidad y categoría.

Velocidad	Categoría	Puntaje
<40km	Ligeros/Pesados	1 a 5
>40km	Ligeros/Pesados	6 a 9

Flujo vehicular: con respecto a la intensidad del tránsito se considera que el mismo produce una modificación del nivel de fondo por lo tanto a mayor intensidad de tráfico mayor será el nivel sonoro de fondo. Una calle con mucho tráfico alcanza los 75 dB.

Tabla 3 Puntaje en función al flujo vehicular.

Cantidad de vehículos	Puntaje
0 - 50	1 a 3
50 - 200	4 a 6
>200	7 a 9

Fuente: Elaboración propia.

Régimen: para evaluar este factor se definen los regímenes y se le asigna el puntaje de acuerdo a cuál de estos afecta en mayor proporción al ruido.

Tabla 4 Puntaje según el régimen.

Régimen de tráfico	Puntaje
Flujo Esporádico	1 a 3
Flujo continuo	3 a 5
Flujo pulsante continuo:	5 a 7
Flujo interrumpido pulsante	7 a 9

Fuente: Elaboración propia.

Categoría: la categoría no se evaluará ya que no se cuenta con la suficiente cantidad de datos, pero se puede observar en la figura como varía los decibeles de acuerdo a la categoría del vehículo y de la frecuencia.

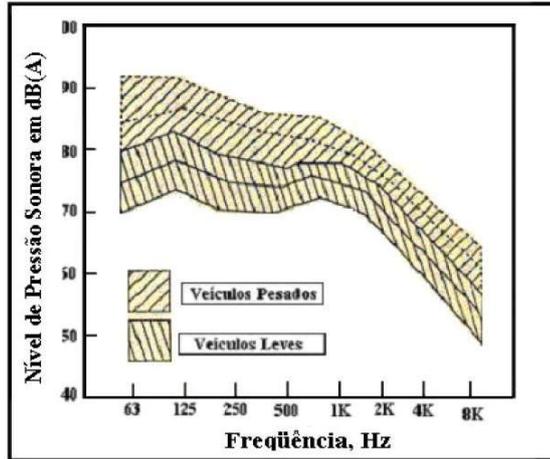


Figura 3 Nivel de ruido según la categoría del vehículo.
Fuente: Tarrío 1992

2.1.8 Grupo 2: Material de la vía de circulación

A velocidades superiores a 50 km/h aproximadamente, el ruido es producido por la interacción entre la banda de rodadura de los neumáticos y la superficie de la vía de circulación. A continuación, se clasifican los tipos de pavimentos que se pueden encontrar:

- Pavimentos Asfálticos o Flexibles: aquéllos construidos con materiales asfálticos y materiales granulares.
- Pavimentos de Concreto o Rígidos: construidos con hormigón de cemento portland y materiales granulares.
- Otros: Adoquines, empedrados, suelo cemento.

En la ciudad de Oberá se puede encontrar pavimentos asfálticos, empedrados, adoquines y calles de tierra. Según la bibliografía consultada los pavimentos producen menos ruido que los adoquines o empedrados. Por lo tanto, se puntuará con valores más altos al material que produce más ruido.

Tabla 5 Puntaje en función del material de la vía.

Material	Puntaje
Tierra	1 a 3
Empadrado, adoquines	4 a 6
Pavimento	7 a 9

Fuente: Elaboración propia.

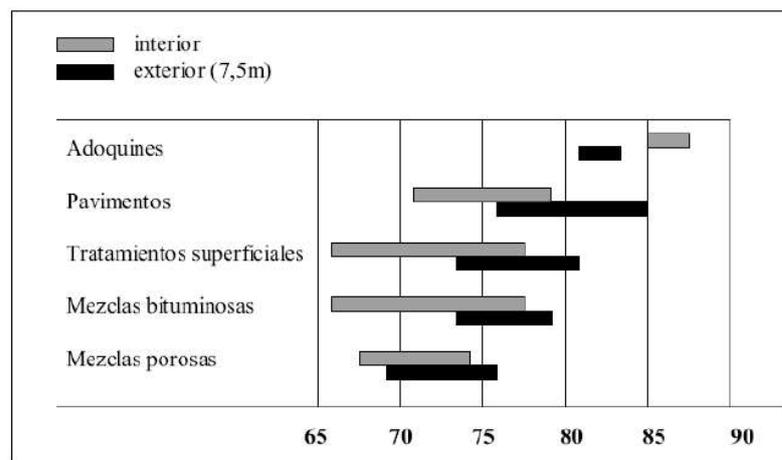


Figura 4. Efectos de los distintos suelos.

Fuente: Tesis sobre el estudio de la influencia de determinadas variables en el ruido urbano producido por el tráfico de vehículos. Javier Morales.

Pendiente: Según la tesis de Javier Morales la existencia de pendientes origina elevaciones en los niveles sonoros, sobre todo a los vehículos pesados ya que estos tienen una mala relación potencia/peso y obliga aumentar esta para poder mantener la velocidad. El signo de la pendiente no influye del todo, ya que si la misma es positiva o negativa, si los vehículos circulan correctamente

deben tener igual marcha e igual número de vueltas del motor, pero si hay que tener en cuenta el ruido producido por las frenadas. Según un estudio realizado que se presenta en la tesis antes mencionada, el resultado que se dedujo es que cuanto mayor es la pendiente mayor es el ruido producido por el tráfico. A continuación, se puede observar una ilustración la cual relaciona la pendiente con la emisión de ruido producido por los vehículos.

Para pendientes inferiores del 3% la incidencia del ruido no es significativa ya que es menor a 1dBA. Para pendientes superiores al 3%, a cada incremento de un punto en la pendiente el nivel de ruido se incrementa en 2dBA. Por lo tanto, el rango de valores a considerar para evaluar es el siguiente:

Tabla 6. Puntaje en función de la pendiente.

Pendiente	Nivel	Puntaje
0° – 2°	Leve	1 a 5
>2°	Elevada	5 a 9

Fuente: Elaboración propia

Perfil: el perfil de la vía puede ser de tres tipos: abierto, en L y en U. El perfil abierto se tiene cuando no hay superficies reflectantes cercanas. El perfil en L, cuando sólo hay un plano de fachadas (por ejemplo, en una calle con edificación en uno de sus lados y una plaza en el otro). El perfil en U corresponde a dos planos de fachadas y es el típico de las calles urbanas. El perfil en L puede aumentar en hasta 3 dB el nivel cercano a la fachada.

El perfil en U puede aumentar algo más inclusive, produciendo además un efecto reverberante. Cuando las superficies son irregulares, con presencia de balcones, porches, etc. (reflexión difusa), el ruido se puede ver algo reducido con respecto al caso en que el plano de fachadas es uniforme (reflexión especular).

Tabla 7 Puntaje con respecto al perfil de la vía.

Tipo de perfil de la vía de circulación	Puntaje
Abierto	1 a 3
En L	4 a 6
En U	7 a 9

Fuente: Elaboración propia.

Estado: si el estado en que se encuentra la vía de circulación es malo se puntuará con un valor elevado de lo contrario si el estado es regular o bueno, el puntaje será bajo.

Tabla 8 Puntaje en función del estado de la vía.

Estado de la vía de circulación	Puntaje
Bajo	1 a 5
Alto	6 a 9

Fuente: Elaboración propia

Tipo de vía de circulación: se puntuará de acuerdo a la clasificación del tipo de vía, si es una avenida principal tendrá un valor elevado, ya que son vías que hay más flujo vehicular. Y si son avenidas secundarias el puntaje será menor.

Tabla 9 Puntaje en función al tipo de vía.

Tipo de vía de circulación	Puntaje
Vía Terciaria	1 a 3
Vía Secundaria	4 a 6
Vía Principal	7 a 9

Fuente: Elaboración propia

Cantidad de carriles para la circulación: se considera que una calle que tiene un mayor número de carriles, produce más ruido por lo tanto el valor del puntaje será más elevado.

Tabla 10 Puntaje en función a la cantidad de carriles.

Cantidad de carriles	Puntaje
1 carril	1 a 5
2 carriles	6 a 9

Fuente: Elaboración propia

2.1.9 Grupo 5: Fuentes fijas generadoras de ruidos próximas a los establecimientos

Tipo de actividad: se puede observar de acuerdo a las mediciones realizadas, para actividades industriales y construcciones civiles, se registran los valores más altos de ruido con respecto a la actividades comerciales y recreativas, por lo tanto, se puntuarán con valores más altos las actividades que poseen valores de ruidos elevados, el rango de valores a considerar será:

Tabla 11. *Puntaje en función del tipo de actividad*

Tipo de Actividad	Puntaje
Comercial y recreativa	1 al 5
Industrial y construcciones civiles	6 al 9

Fuente: Elaboración propia.

Proximidad con los establecimientos: las fuentes fijas que se localicen en las áreas cercanas a centros hospitalarios, guarderías, escuelas, asilos y otros lugares de descanso, no deben rebasar el límite máximo permisible de emisión de ruido de 55 dB(A). Además, según la bibliografía consultada las mediciones se realizan a una distancia entre 1,50 a 3 m por lo tanto este será el valor crítico y tendrá el puntaje mayor.

Tabla 12. *Puntaje con respecto a la proximidad del ruido con los establecimientos.*

Proximidad a los establecimientos	Puntaje
>3m	1 a 5
<3m	a 9

Fuente: Elaboración propia.

Una vez establecido todos los factores y la puntuación de cada uno de ellos, mediante la herramienta Microsoft Excel se procede a cargar todas las puntuaciones y a aplicar el método de los factores ponderados.

2.1.10 Grupo 3: Delimitación por distritos

De acuerdo al distrito en donde se encuentra la escuela, se realizará el puntaje. Por lo tanto, los distritos que poseen mayor densidad de población se considera que tendrá un valor más alto de ruido por lo tanto el valor del puntaje será más alto.

Tabla 13 *Puntaje con respecto al distrito.*

Distritos	Puntaje
Residencial Baja Densidad	1 a 2
Residencial Media Densidad	3 a 4
Residencial Alta Densidad	5 a 6
Central	7 a 9

Fuente: Elaboración propia

2.1.10 Grupo 4: Barreras naturales o artificiales

Si el establecimiento cuenta con alguna barrera en la ventana, un obstáculo para el ruido, tendrá un puntaje menor. Si no posee barrera tendrá un puntaje alto.

Tabla 14 *Puntuación con respecto a la barrera.*

Barrera	Puntaje
Posee barrera	1 a 5
No posee barrera	6 a 9

Fuente: Elaboración propia.

2.2 Segundo método: AHP

Es un método matemático creado para evaluar alternativas cuando se tienen en consideración varios criterios y está basado en el principio que la experiencia y el conocimiento de los actores es tan importante como los datos utilizados en el proceso.

La técnica AHP utiliza simples comparaciones para determinar los pesos y evaluarlos. De esta forma se evalúa sólo dos criterios al mismo tiempo, los juicios son trasladados a una escala de puntuación como se aprecia en la figura 5.

Una vez que se han analizados todas las alternativas teniendo en cuenta cada uno de los criterios se procede a realizar una matriz y hallar un vector de prioridad, el cual sirve para comparar los elementos de la matriz. La técnica AHP permite al analista evaluar la congruencia de los juicios con

el radio de inconsistencia (IR). Inconsistencias superiores a 0,1 o más justifican una mayor investigación de los criterios evaluados.

Este es un proceso que para el caso que se está analizando es largo y dificultoso, por lo tanto, se utiliza el Software Expert Choice para obtener los resultados. El procedimiento que se realizó con este programa es el siguiente: primeramente se cargaron cada uno de los criterios y luego se asignó con un escala la importancia de cada uno de los mismos con respecto al otro, y se tuvo en cuenta que el índice de inconsistencia sea un valor menor que 0,1, esto se puede observar en la figura 6. A partir de ello se cargaron todas las alternativas y se fueron comparando de a pares cada una de ellas en cada uno de los criterios como se puede observar en la figura 6. Luego se obtuvo los resultados finales.

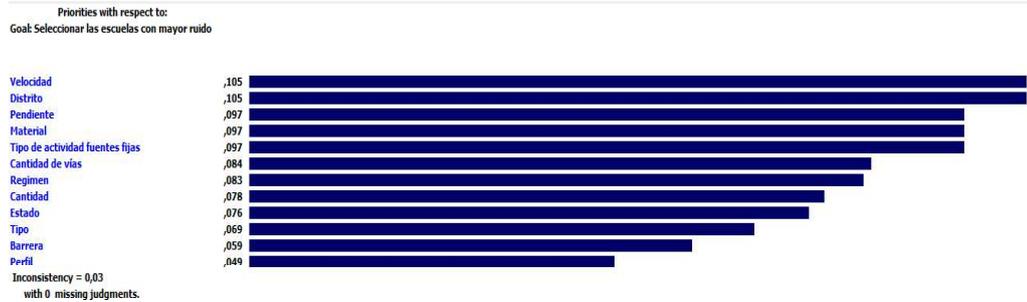


Figura 5 Factores a evaluar.
Fuente: Software Expert Choice.

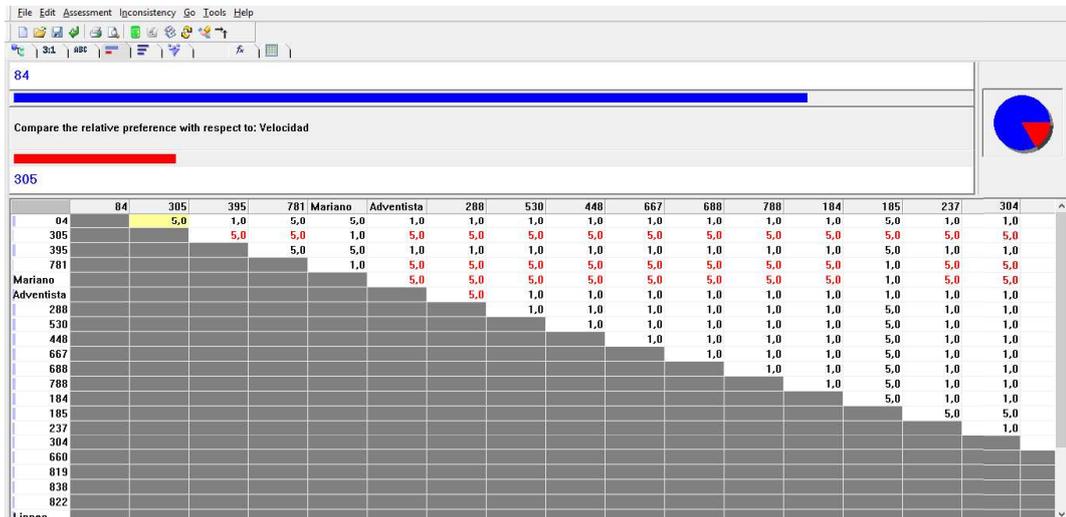


Figura 6 Comparación de alternativas.
Fuente: Software Expert Choice.

2.3 Comparación de los métodos

A continuación, se presentan los resultados de cada uno de los métodos, de esta manera se puede realizar una comparación entre ambos y analizar si los resultados son los apropiados.

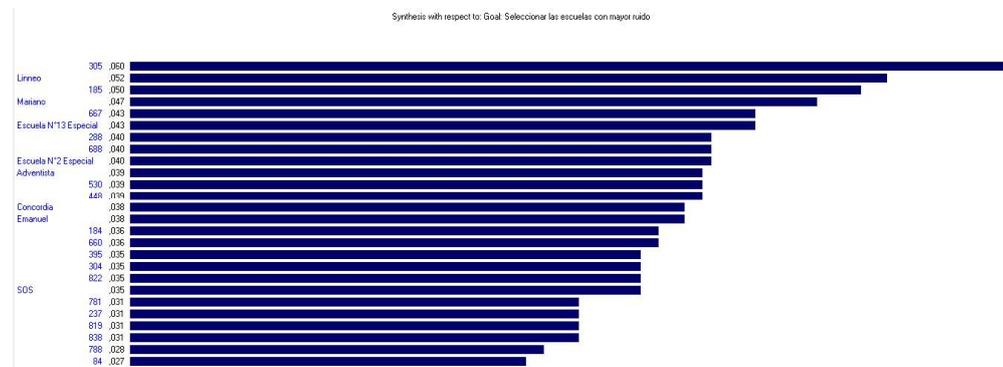


Figura 7 Resumen de resultados.
Fuente: Software Expert Choice.

Factores	CIR	Instituciones Educativas																										
		N°84	N°305	N°701	Instituto Linneo	Escuela Privada Adven	N°288	N°530	N°486	N°667	N°698	N°736	N°184	N°185	N°227	N°304	N°560	N°822	Instituto Carlos Linneo	Instituto Concoria	Instituto Privado S. O. S	Instituto Privado Emanu	Escuela Especial N°2	Escuela Especial N°13				
Vehículos	Velocidad	0,0288	7	5	7	3	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	3	3	7	7	7	7	7			
	Cantidad	0,0758	2	8	2	2	8	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8	5	2	2	5			
	Regimen	0,0833	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8	2	2	2	2			
Vías de circulación	Pendiente	0,005	7	8	3	8	1	1	8	1	8	1	7	1	1	3	3	8	1	1	7	1	1	8	1			
	Perfil	0,0227	2	8	2	2	5	7	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	8	5	8	8	5			
	Material	0,0061	5	7	5	5	7	6	6	6	6	7	3	5	6	7	6	6	7	6	5	7	7	6	7			
	Esado	0,0086	3	7	3	7	3	7	3	7	7	7	7	3	7	3	3	3	7	7	3	3	7	3	7			
	Cantidad de vías	0,0095	7	7	7	3	7	7	7	7	7	7	3	3	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7			
Fuentes fijas	Tipo	0,0495	1	8	1	8	5	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	8	5	3	3	3	3			
	Tipo de actividad	0,0061	2	5	6	2	5	2	2	3	2	2	6	2	3	2	2	2	2	2	5	2	2	2	5			
Barrera	0,0375	5	6	6	6	8	6	6	6	6	6	6	5	3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6				
Distrito	0,0395	1	5	2	2	3	3	3	1	1	5	1	1	3	1	3	5	1	2	1	3	1	1	3	2			
Suma	00,0005																											
TOTAL			3,9848	6,4924	4,1516	3,5459	5,2727	4,5152	4,9897	4,3182	4,4848	4,6081	4,1970	3,9381	3,9091	4,6438	3,8882	4,4623	4,1061	3,5284	3,4773	4,3788	5,8409	3,6288	4,4243	4,7273	4,8884	5,0989

Figura 8. Resultados finales.
Fuente: Elaboración Propia mediante el software Microsoft Excel.

Una vez obtenidos los resultados por ambos métodos se procede a clasificar las instituciones según las que poseen mayor ponderación y a su vez en función del distrito al cual pertenece. Se seleccionaron dos establecimientos por cada distrito de la ciudad de Oberá.

Como se puede visualizar en ambos métodos el establecimiento al cual le afecta en mayor proporción los ruidos es a la Escuela N°305, la cual se encuentra ubicada sobre la Avenida José Ingenieros N°353. La misma tiene los siguientes niveles de enseñanza: nivel inicial y primario, además se trata de una institución de enseñanza pública.

El Instituto Carlos Linneo se encuentra en la segunda posición con respecto a la puntuación, por lo tanto, este será otra institución a considerar. Cuenta con nivel inicial, primario, secundario y nivel superior. Se ubica sobre la Avenida Gobernador Barreyro N°947. Ambos establecimientos educativos se encuentran dentro del distrito central de la ciudad de Oberá.

Según uno de los métodos otra de las instituciones que se encuentra afectadas por los niveles de ruidos es la Escuela Provincial N°185, la misma se encuentra localizada sobre la avenida Santiago del Estero N°150 y forma parte del distrito central de la ciudad de Oberá.

Para los otros distritos, se analizarán los siguientes centros educativos:

Tabla 15 Establecimientos seleccionados en los otros distritos de la ciudad

Distrito	Establecimiento 1	Establecimiento 2
Densidad Alta	Instituto Privado Emanuel	N°667
Densidad Media	N°288	N°2 Especial
Densidad Baja	N°781	N°530
Equipamiento Productivo	N°395	N°84

Fuente: Elaboración Propia.

3. CONCLUSIONES.

Una vez realizado el análisis se pudo observar que existen diversos factores que influyen en la generación de ruidos molestos, y no solamente los que se estudiaron en este trabajo. Para poder realizar el estudio de manera correcta y eficiente se necesita contar con numerosa cantidad de datos e información.

De acuerdo a los resultados obtenidos por los diferentes métodos se puede observar que existe una gran relación entre el distrito con respecto al establecimiento. El distrito central es el que concentra mayor cantidad de comercios, se encuentra conformado por las principales avenidas de la ciudad y por lo tanto son las principales vías de circulación del transporte público, a partir de ello se pudo observar que los niveles de ruido son más elevados que en otros distritos, consecuentemente los establecimientos ubicados en esas zonas se verán más afectados.

Ambos métodos son subjetivos, es decir que de acuerdo al analista que realice el estudio pueden variar los resultados.

4. REFERENCIAS.

- [1] Organización Mundial de la Salud, «Organización Mundial de la Salud,» 15 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>.
- [2] IPEC, Gran Atlas de Misiones. Capítulo 7: Departamento. Oberá, Posadas, Misiones, 2012.
- [3] C. G. d. Educación, «Consejo General de Educación,» [En línea]. Available: <http://www.cgepm.gov.ar/>.
- [4] A. Marcano, . S. Cartaya, . H. Pacheco y W. Méndez, «Estimación de pesos ponderados de variables para la generación de mapas de susceptibilidad a través de la Evaluación Espacial Multicriterio (EEM)».
- [5] R. M. Liliana, «El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad en la provincia de Chaco,» Universidad Nacional del Nordeste, Resistencia Chaco Argentina, 2004.
- [6] V. L. d. E. S. T. Láo, «Estudo Comparativo do desempenho acústico de diferentes tipos de revestimento dos pavimentos,» Universidad Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Brasil, 2004.