

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA VIABILIDAD DE BARRERAS ANTIRUIDO LATERALES DE VÍAS EXPRESAS. CASO DE ESTUDIO CORREDOR VIAL LA TRINIDAD-EL HATILLO

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela

Por el Br.:
Contasti Castro, Yelitza Ysabel

Para optar al Título de
Ingeniero Civil

Caracas, 2009

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA VIABILIDAD DE BARRERAS ANTIRUIDO LATERALES DE VÍAS EXPRESAS. CASO DE ESTUDIO CORREDOR VIAL LA TRINIDAD-EL HATILLO

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Francisco Gruber

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br:
Contasti Castro, Yelitza Ysabel
Para optar al Título de
Ingeniero Civil

Caracas, 2009

ACTA

El día // 2009, se reunió el jurado formado por los profesores:

Francisco Gruber

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado: “**ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA VIABILIDAD DE BARRERAS ANTIRUIDOS EN LATERALES DE VÍAS EXPRESAS. CASO DE ESTUDIO CORREDOR VÍAL LA TRINIDAD-EL HATILLO**” Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela para optar al título de **INGENIERO CIVIL**.

Una vez oída la defensa oral que el bachiller hizo de su Trabajo Especial De Grado, este jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACIÓN	
	NUMEROS	Letras
Br. Yelitza Y. Contasti C.		

Recomendaciones:

FIRMAS DEL JURADO:

Caracas, ____ de noviembre de 2009

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso por darme la fortaleza y voluntad de cerrar este capítulo en mi vida.

A mi Mamá que siempre me apoyo en todos los momentos de mi vida.

A mis hermanos y hermanas por creer en mí.

A mis amigos por toda su colaboración y apoyo.

Gracias Dios Mio,

Amén

AGRADECIMIENTO

A mi Tutor Prof. Francisco Gruber, por su apoyo en el desarrollo de este trabajo.

Anastacia y Henry que me convencieron de terminar con este capítulo en mi vida.

A Milagros por siempre estar ahí cuando la necesito.

Y a todos los que de una manera u otra me ayudaron a la culminación de este trabajo.

Gracias a todos.....

Yelitza Ysabel Contasti Castro

Contasti C. Yelitza Y.

**ANALISIS DE TECNICO-ECONOMICO DE LA VIABILIDAD DE
BARRERAS ANTIRUIDOS DE VIAS EXPRESAS. CASO DE ESTUDIO
CORREDOR VIAL LA TRINIDAD-EL HATILLO**

Tutor Académico: Prof. Francisco Gruber

**Trabajo Especial de Grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil. 2009, N° Pág. 100 (Cien)**

Palabras Claves: Impacto Ambiental Vial, Barreras Antirruídos

RESUMEN

El presente Trabajo Especial de Grado tiene como objetivo principal el Análisis de factibilidad Técnica-Económica de construir barreras antirruídos en los laterales del corredor vial La Trinidad- El Hatillo, en particular el tramo La Trinidad-La Boyera. Se realizaron mediciones de ruidos puntuales y se obtuvieron niveles superiores a los aceptados por el Decreto 2217 sobre las Normas de “Control de la Contaminación Generada por Ruidos” publicada en la Gaceta Oficial de La República de Venezuela N° 4.418 extraordinaria de fecha 27-04-92, evidenciándose un impacto producido por la variable tránsito.

Este proyecto de investigación es de carácter práctico y busca resolver el impacto del ruido producido por el tráfico automotor que afecta el bienestar del colectivo del sector residencial donde se encuentra el corredor vial en estudio, mediante la construcción de dispositivos estructurales tipos barreras, ya que las mismas presentan características absorbentes, eficacia acústica e integración con el entorno, constituyendo una medida de mitigación o atenuación del problema.

Para el análisis de las barreras antirruídos o pantallas acústicas, se estudiaron los principios de eficacia acústica, los criterios de diseño que establezcan los lineamientos para su implementación, así mismo como tomar en cuenta las variables tales como: distancia a la fuente emisora, altura de las viviendas y la distancia entre ésta y el emisor.

Como resultado de este estudio se determinó implantar pantallas de concreto armado de alta porosidad con jardineras, como la medida óptima, porque ellas presentan un buen aislamiento acústico. Además tienen alta resistencia por sus magnificas propiedades, excelente estética, gracias a la presencia de vegetación por lo que puede integrarse perfectamente en el medio ambiente y en el paisaje y desempeñar al mismo tiempo una función de la calidad del aire y bajo costo con respecto a otros materiales de uso común en Venezuela.

INDICE GENERAL

	Pág.
Resumen	VI
Índice de Tablas	X
Índice de Gráficos	XI
Índice de Figuras	XII
Índice de Símbolos	XIII
Glosario	XIV
Introducción	1
Capítulo I	
1.1. Planteamiento del Problema	5
1.2. Marco Referencial	9
1.3. Objetivos	
1.3.1 Objetivo General	12
1.3.2 Objetivo Específicos	13
Capítulo II Marco Teórico	
2.1. El Ruido como problema ambiental	14
2.2. El Ruido y las leyes en Venezuela	16
2.3. Elementos que intervienen en la difusión del ruido	17
2.4. Tipos de Barreras Antirruidos	17
2.5. Fuentes de la Eficacia Acústica	19
2.5.1 Difracción	19
2.5.2 Transmisión	20
2.5.3 Reflexión	21
2.6 Criterios de Diseño de las Barreras antirruidos	21
2.5.4 Altura de La Barrera	22
2.5.5 Longitud de La Barrera	25
2.5.6 Interrupciones	28
2.5.7 Estabilidad	28
2.7 Fundamento Acústico	29
2.7.1 Propagación del sonido en el aire	32
2.8 Estudio Teórico de Aplicación	34
2.8.1 Elección de Los Materiales, Transmisión y Absorción	35
2.8.2 Comportamiento frente a la Transmisión	35
2.8.3 Características Absorbentes	37
2.8.4 Pantallas Reflectantes y Pantallas Absorbentes	40
2.9 Dimensionamiento Geométrico	43
2.9.1 Recomendaciones sobre el diseño geométrico de las pantallas	45
2.9.2 Formas (Influencia de la Forma en la Difracción)	49

2.10	Ubicación de la Pantalla con respecto a la vía de circulación	54
CAPITULO III METODO		
3.1.	Método	
3.1.1.	Fase de Exploración	56
3.2	Selección y Ubicación de las estaciones de medición	58
3.3	Desarrollo del muestreo	59
3.4	Equipo empleado	60
3.5	Otros instrumentos	60
3.6	Método del cálculo de altura de la barrera	60
3.7	Método para el cálculo de la longitud de la barrera	61
CAPITULO IV ANALISIS Y RESULTADOS		
4.1	Análisis y Resultados	62
4.1.2	Resultados	63
4.2	Criterios de diseño para implementar barreras antirruidos en el caso de laterales en vías expresas	81
4.2.1	Obra Civil	81
4.2.2	Problemas encontrados para la colocación de las pantallas	83
4.2.3	Tipos de maquinarias necesaria	84
4.2.4	Tipos de terreno	85
4.2.5	Instalaciones a salvar (cableado, alumbrado, canalizaciones, señalizaciones)	85
CAPITULO V ANALISIS-ECONOMICO		
5.1	Análisis Económico del tipo de Barrera a implementar en el caso de estudio	87
CONCLUSIONES		93
RECOMENDACIONES		94
REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS		95
ANEXOS		97

INDICE DE TABLAS

	Pág	
2.1	Coeficientes de Absorción Acústica	38
2.2	Clasificación de la Pantalla en función de su índice de absorción	47
3.1	Inventario Físico Vialidad Principal Alrededores Laterales, Corredor Vial La Trinidad-El Hatillo	57
3.2	Inventario de Laterales Parcelas Usos de Suelos y Distancias Corredor Vial La Trinidad-El Hatillo	57
4.1	Niveles de Ruido en los Laterales del Tramo Avenida El Hatillo-Edf. Procter & Gamble	63
4.2	Niveles de Ruido en los Laterales del Tramo Avenida El Hatillo-Centro Médico La Trinidad	68
4.3	Niveles en el Tramo Av. El Hatillo-Urb. La Esmeralda-Farmatodo-CIED	75
4.4	Valores de Altura de Barrera, Longitud, Decíbeles Máximo en los Laterales estudiados	79
5.1	Análisis de Precios Unitarios Suministro e Instalación de Barreras Antiruidos de Laminas de Policarbonatos Transparente	91
5.2	Análisis de Precios Unitarios Suministro e Instalación de Barreras Antiruidos Tipo Muro de Gavión	92
5.3	Análisis de Precios Unitarios Suministro e Instalación de Barreras Antiruidos Tipo Formaleta de Concreto Poroso con Cubierta Vegetal	93
5.4	Análisis Económicos de las barreras antirruídos	94

INDICE DE GRAFICOS

	Pág
Grafico 4.1 dB máximo de la muestra por día(matutino) lateral sur tramo 1	64
Grafico 4.2 dB máximo de la muestra por día(vespertino) lateral sur tramo 1	64
Grafico 4.3 dB máximo de la muestra por día(vespertino) lateral norte tramo 1	65
Grafico 4.4 dB máximo de la muestra por día(matutino) lateral norte tramo 1	66
Grafico 4.5 dB máximo de la muestra por día(matutino) lateral sur tramo 2	69
Grafico 4.6 dB máximo de la muestra por día(matutino) lateral norte tramo 2	71
Grafico 4.7 dB máximo de la muestra por día(matutino) lateral norte tramo 2	73
Grafico 4.8 dB máximo de la muestra por día(matutino) lateral sur tramo 3	76
Grafico 4.9 dB máximo de la muestra por día(matutino) lateral norte tramo 3	76

INDICE DE FIGURAS	Pág
Figura 2.1 Dique de Tierra	23
Figura 2.2 Terraplén	24
Figura 2.3 Difracción, Reflexión y Transmisión	27
Figura 2.4 Nomograma para la medición de la efectividad de las alturas de barreras	27
Figura 2.5 Fundamentos Acústicos	30
Figura 2.6 Reflexiones Inducidas	41
Figura 2.7 Zona de Sombras Acústicas	43
Figura 2.8 Número de Fresnel	44
Figura 2.9 Pantallas Continúas en Línea Recta	50
Figura 2.10 Pantalla Discontinuas	51
Figura 2.11 Pantalla con Base de Protección (Continúas/Discontinúas)	52
Figura 2.12 Pantalla Arquitectónica	53
Figura 2.13 Pantalla Total	54
Figura 4.1 Lateral Norte Av.El Hatillo-Procter&Gamble	65
Figura 4.2 Talud Centro Médico La Trinidad	70
Figura 4.3 Centro Comercial Total Mart	70
Figura 4.4 Residencias Gina	72
Figura 4.5 Urbanización Piedemonte	74
Figura 4.6 Residencias Algueria	77
Figura 4.7 Urbanización L a Esmeralda-Cied	78
Figura 4.8 Lateral Norte Urbanización L a Esmeralda-Cied	80
Figura 4.9 Maquinaria utilizada para instalación pantallas acústicas vías expresas	84
Figura 5.1 Pantallas de láminas de policarbonatos	87
Figura 5.2 Muro de Gavión	87
Figura 5.3 Pantalla de concreto poroso con vegetación	91

INDICE DE SIMBOLOS

LP=	Nivel de presión sonora
I=	Intensidad de sonido
LI=	Nivel de intensidad del sonido
dB(A)=	Decíbeles en ponderación A
SWL=	Nivel de potencia sonora
r=	Distancia entre SWL y SPL
TL=	Pérdidas en la Transmisión
Ei=	Energía incidente en la pantalla
Et=	Energía transmitida
SW=	Superficie del elemento separador
SPL ₂ =	Nivel de presión sonora en la zona de recepción
SPL ₁ =	Nivel de presión sonoros en la zona de emisión
R=	Distanciamiento acústico
A=	Pérdidas por reflexión en decíbeles
α_m =	Coefficiente medio de absorción
Li=	Nivel sonoro de la onda incidente
A=	Absorción de la pantalla

GLOSARIO

Barreras Antirruídos: son dispositivos de protección cuya función es reducir el impacto del ruido del tráfico de circulación que se produce en vías cercanas a centros residenciales, cuyas emisiones perturban y deterioran la salud del colectivo, quienes están expuestas a incomodidades según grado de sensibilidad y tolerancia.

Decibel dB: unidad de medida que expresa la intensidad del sonido.

Eficacia Acústica: es el resultado de reducir los niveles de ruido que se presentan en una zona determinada, mediante una medida reductora o disipadora tipo barrera, para el caso particular de laterales de vías expresas, dependiendo de los elementos que intervienen en la difusión del ruido y la tipología de barreras a implementarse.

Fuente fija: elemento capaz de producir ruido que, por su naturaleza o diseño, se encuentra temporal o permanentemente en un sitio determinado.

Fuente móvil: elemento capaz de producir ruido que, por su naturaleza o diseño, se desplaza temporal o permanentemente de un sitio a otro.

Sonómetro: instrumento de medida que sirve para medir niveles de presión sonora.

Molestia sonora: sentimiento de displacer asociado con estímulos sonoros que afectan adversamente al individuo y por tanto su calidad de vida.

Monitoreo acústico: es la acción de medir y obtener datos en forma programada de los parámetros que inciden o modifican la calidad del entorno acústico o de la emisión a los efectos de conocer la variación de la concentración o nivel de este parámetro en el tiempo y el espacio.

Nivel de evaluación sonora: valor resultante de la ejecución de una o varias medidas o cálculos de ruido, conforme a un protocolo establecido, que permite determinar el cumplimiento o no con los valores límites establecidos.

Nivel de inmisión: nivel de presión sonora originado por una o varias fuentes en la posición del receptor expuesto a la(s) misma(s), medido de acuerdo con procedimientos normalizados a adoptar en cada caso.

Nivel de presión sonora (NPS): es 10 veces el logaritmo en base 10 de la relación entre una presión sonora a medir y la presión sonora de referencia de 20 μ Pa. Se mide en decibelios.

Nivel de ruido tolerable: nivel de ruido permitido en las Normas sobre el Control de la Contaminación Generada por Ruido y demás disposiciones legales que regulen la materia.

Nivel sonoro continuo equivalente con ponderación "A" (LAeq.T): es el nivel de presión sonora constante, expresado en decibelios A, que en el mismo intervalo de tiempo (T), contiene la misma energía total que el sonido medido.

Nivel sonoro máximo: es el mayor NPS medido con un medidor de nivel sonoro, dentro de un intervalo de tiempo predeterminado.

Niveles de emisión: nivel de presión sonora que caracteriza a la emisión de una fuente acústica dada, determinado según los procedimientos normalizados a adoptar en cada caso.

Objetivos o metas de calidad acústica: conjunto de requisitos que deben cumplir las características acústicas de un espacio determinado en un momento dado, evaluado en función de los índices acústicos que sean de aplicación.

Percentiles: representan el nivel sonoro que es excedido durante un N por ciento del tiempo de medición. Por ejemplo, si N=10, entonces el L10 es el nivel sonoro que se superó durante el 10% del tiempo de medición; representaría el promedio de los picos de ruido. El L90 es el nivel sonoro que se superó durante el 90% del tiempo de medición, se lo suele considerar como el ruido de fondo. Si no se expresa su unidad, se entiende que está en dB(A).

Presión sonora: diferencia entre la presión total instantánea existente en un punto en presencia de una onda sonora y la presión estática en dicho punto en ausencia de la onda.

Ruido de fondo: nivel de presión sonora, que se puede medir cuando la fuente objeto de análisis o evaluación no está emitiendo. Ruidos producidos por fuentes sonoras que no están incluidas en el objeto de medición.

Ruido: todo sonido no deseado que moleste, perjudique o afecte a la salud de las personas y los animales, capaz de producir efectos psicológicos o fisiológicos adversos.

Sonido: energía que es transmitida como ondas de presión en el aire u otros medios materiales que puede ser percibida por el oído o detectada por instrumentos de medición.

Valor límite: valor del índice acústico que no debe ser sobrepasado dentro de un período de tiempo, medido conforme a un protocolo establecido.

Vibración: perturbación que provoca la oscilación periódica de partículas en un medio elástico, respecto de su posición de equilibrio, a intervalos iguales, y que pasa por las mismas posiciones, animada por la misma velocidad.

Zonas de situación acústica especial: son zonas con contaminación acústica límite, en las que el impacto sonoro producido por las fuentes presentes es suficientemente elevado como para que se considere inadmisibles el incremento del nivel sonoro existente a través de la incorporación de nuevas actividades.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo consiste en un estudio para controlar los niveles de contaminación sonora en el corredor vial La Trinidad-El Hatillo, en particular el tramo La Trinidad-La Boyera por lo cual se analizó la viabilidad de construir en los laterales, barreras antirruidos.

Un problema de la contaminación y la degradación de la calidad de vida es el producido por la contaminación acústica. Podría parecer una “modernidad”, pues el ruido ha existido siempre y las empresas industriales, los vehículos a motor y las innumerables fuentes de ruido de la vida moderna llevan décadas produciéndolo. Ahora bien, el término contaminación acústica hace referencia al ruido cuando éste, se considera como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para una persona o grupo de personas, que puede conllevar a la pérdida de audición, y tener a su vez, efectos psicológicos, como la irritabilidad exagerada.

Se puede afirmar que la causa principal de la contaminación acústica es la actividad humana: el transporte, la construcción de edificios y obras públicas, la industria, entre muchas otras. El crecimiento de ruidos en las ciudades y sus nocivos efectos en la población han obligado a efectuar tratamientos sobre el control de ruidos con el empleo de “barreras acústicas”, que consisten en pantallas que interrumpen el camino entre el emisor del sonido y el receptor. Existen pantallas acústicas naturales, formadas por ejemplo, por plantaciones de árboles, diques de tierra y pantallas acústicas propiamente dichas, construidas por el hombre.

Estas barreras antirruidos se dimensionan en función de una serie de variables, como es la altura de las viviendas que se deben proteger del ruido, la distancia entre estas viviendas y el punto emisor, o el efecto visual sobre el paisaje. Pueden ser de varios materiales como: madera, concreto, metal o metacrilato.

Para los efectos de este estudio, este proyecto se divide en cinco capítulos, tal como se puede apreciar a continuación:

En el **Capítulo I**, está constituido por el planteamiento del problema, marco referencial, objetivo general y objetivos específicos.

En el **Capítulo II**, denominado “Marco Teórico” se describe la problemática del ruido a nivel mundial, con la finalidad de tener un marco de referencia en el cual se desarrolla el proyecto. Allí, se presenta la definición del ruido, su unidad de medida, la definición de la eficacia acústica y barreras antirruidos, tipos de barreras y los criterios de diseño de las pantallas antirruidos (altura, longitud, interrupciones y estabilidad).

En el **Capítulo III**, se establece el “Método” y en el mismo se detalla el método de medición del ruido, junto con los equipos utilizados, tiempos e intervalos más comunes y la elección de los sitios de estaciones, a fin de que las mediciones sean realmente representativas en la arteria vial objeto de este estudio. Así mismo, se describe la metodología utilizada en el estudio de campo, horarios, intervalos, equipos, puntos de medición, las condiciones de trabajo y la metodología para el cálculo de la altura y longitud de la barrera.

En el **Capítulo IV**, titulado “Análisis y Resultados”, se presenta un análisis de los resultados con base a los datos obtenidos en el campo, describiéndose las variaciones en los niveles de ruido que se presentaron en las estaciones de estudio, a su vez que se define la tipología de barrera escogida, y los factores que influyen de manera más notable en la generación del ruido. De igual manera, se detallan los elementos y las condiciones físicas de la vía, se identificaran las zonas de uso de suelo en las zonas adyacentes, se realizará una comparación de los niveles de ruido encontrados con las normas sobre el control de la contaminación generada por ruidos (Decreto N° 2217, Gaceta Oficial Extraordinaria de la República de Venezuela N° 4418 del 27/04/1992) y por último, se calculan las alturas y longitudes de las barreras a implementar según caso de los laterales de estudio, para corroborar la eficacia y efectividad de las medidas, tanto para el logro de reducir los niveles de ruidos como también comprobar la optimización de la tecnología y materiales. Igualmente, con la finalidad de comprender el presente estudio, se definirán algunos criterios de especificaciones técnicas, para regular y condicionar la implantación de estas barreras.

En el **Capítulo V**, se presenta un “Análisis Técnico-Económico”, para estimar por medio del análisis de precios unitarios, el orden de magnitud de inversión de barrera tipo a implementarse en este corredor vial.

Por último, se dan las conclusiones y recomendaciones emanadas de la realización de este trabajo y se presenta la bibliografía básica consultada.

CAPITULO I

CAPITULO I

FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se entiende por contaminación acústica la introducción de ruidos o vibraciones en el ambiente habitado o en el ambiente externo, generados por la actividad humana, en niveles que produzcan alteraciones, molestias, o que resulten perjudiciales para la salud de las personas y sus bienes. Es considerada como un factor medioambiental muy importante, que incide de manera significativa en la calidad de vida

El término contaminación acústica hace referencia al ruido cuando éste se considera como un contaminante, es decir, un sonido molesto que puede producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para una persona o grupo de personas. Las causas principales de la contaminación acústica son: el transporte, la construcción de edificios y obras públicas, la industria, entre otras.

De manera general, será preciso incorporar medidas correctoras de la contaminación acústica a aquellas actividades catalogadas cuyos niveles acústicos estimados para el estado operacional, superen los valores límites establecidos en las normas vigentes.

El ruido es el contaminante más común, y puede definirse como cualquier sonido que sea calificado por quien lo recibe como algo molesto, indeseado, inoportuno o desagradable. Así, lo que es música para una persona, puede ser calificado como ruido para

otra. En un sentido más amplio, ruido es todo sonido percibido no deseado por el receptor, y se define al sonido como un conjunto de vibraciones que pueden estimular el órgano del oído o energía que es transmitida como ondas de presión en el aire u otros medios materiales que puede ser percibida por el oído o detectada por instrumentos de medición.

El sonido se mide en decibeles (dB), usualmente el ruido se define como un sonido desagradable al oído, que puede producir molestias y daños irreversibles a los seres humanos. Para dar un ejemplo, por encima de 110-120 dB, un sonido puede ser perjudicial para la salud, pero si alcanza los 140 dB puede ser doloroso, y en caso de mantenerse en el tiempo, pudiera causar sordera

Físicamente no es posible fijar un límite neto entre sonido y ruido porque intervienen factores psicológicos dependientes del ambiente y del modo de producirse la manifestación sonora.

Ruido es una perturbación sonora periódica, compuesta por un conjunto de sonidos que tienen amplitud, frecuencia y fases variables y cuyas mezclas pueden provocar una sensación sonora desagradable al oído. El ruido puede transmitirse por medio de múltiples vías, a través del aire o a través de un medio sólido en el que parte del sonido se reflejará, parte será absorbida, y el resto transmitido a través del objeto.

El problema con el ruido no es únicamente que sea no deseado, sino también que afecta negativamente la salud y el bienestar humanos. Algunos de los inconvenientes producidos por el ruido son la pérdida auditiva, el estrés, la alta presión sanguínea, la

pérdida de sueño, la distracción y la pérdida de productividad, así como una reducción general de la calidad de vida y la tranquilidad.

La principal actividad productora del ruido es el tránsito, primeramente los medios de transporte como los autobuses y camiones (estos superan los 100 dB), segundo los automóviles con motores en mal estado o sin silenciador en el tubo de escape, tercero las motocicletas siempre ruidosas y por último el automóvil en buen estado.

En las vías expresas el problema de la producción de ruidos se hace complejo cuando se presenta en sus laterales, uso de suelo residencial educativo o institucional, ameritándose soluciones no simples cuya finalidad es mitigar el impacto y perturbación que causa en la colectividad.

A lo largo de una vía expresa, el ruido cambia en intensidad y frecuencia, siendo proporcional al volumen de tráfico que circula, dependiendo además de la velocidad, las características físicas y condiciones geométricas de planta y perfil de la vía, la composición del tráfico y la distancia entre la fuente sonora hasta la recepción, localizada en la edificación más cercana, presentando valores entre 70 y 90 dB, lo cual crea una sensación ruidosa en su entorno.

La atenuación de los ruidos, puede hacerse mediante el control de las fuentes de emisión de ruidos de los vehículos (funcionamiento de los motores, la expulsión de los gases por los tubos de escape, el traqueteo de las vibraciones de las carrocerías, el ruido de los neumáticos al contactar con el asfalto, el zumbido de los ventiladores, los cambios en las cajas de velocidad, las frenadas bruscas).

Para solucionar la problemática planteada, se requiere llegar a niveles permisibles de ruido, mediante controles, según áreas de estudio y especialidad, los cuales consisten en:

1. Control de las fuentes de emisión de ruidos; escenario enmarcado dentro del área de mecánica y características en el diseño automotriz.

2. Control del uso del suelo; escenario enmarcado dentro de la planificación del urbanismo, según niveles y regulaciones.

3. Control en cuanto a implantar correctivos a la explanación vial; escenario en el marco de la ingeniería vial, que consiste en las siguientes medidas:

- Variación del alineamiento horizontal por cambio del trazado del eje vial, para alejarse del desarrollo del uso del suelo.
- Variación del alineamiento vertical, por depresión, para bajar la rasante y crear una trinchera separadora o por elevación subiendo la rasante.
- Construcción de obras complementarias a la plataforma vial, dispositivos estructurales tipos Barreras, que constituyen un medio físico que aisle a los sectores afectados localizados en la cercanía de la vía. (F. Gruber, 2000)

En esta investigación se estudiarán los dispositivos estructurales tipos Barreras Antirruídos que son mecanismos de protección cuya función es reducir el impacto del ruido del tráfico de circulación que se produce en vías cercanas a centros residenciales, cuyas emisiones perturban y deterioran la salud del colectivo, expuesto a incomodidades según grado de sensibilidad y tolerancia.

Entre las zonas con mayor concentración de ruido están los laterales de autopistas y vías expresas cuando están a nivel de urbanizaciones, como es el caso de la ciudad de Caracas.

Los entes oficiales responsables del área vial y/o autoridades de tránsito y encargados del sistema vial, no realizan mediciones permanentes de registros de ruidos en laterales de vías expresas y autopistas; generalmente estas mediciones se hacen eventualmente en las cercanías de hospitales y en ciertas zonas del casco central de Caracas, las cuales son realizadas por el Ministerio de Ambiente y la Alcaldía de Baruta.

1.2. MARCO REFERENCIAL

La iniciativa del desarrollo del Trabajo Especial de Grado denominado: ANALISIS TÉCNICO-ECONOMICO DE LA VIABILIDAD DE LAS BARRERAS ANTIRRUIDO LATERALES DE VÍAS EXPRESAS. CASO DE ESTUDIO CORREDOR VIAL LA TRINIDAD EL HATILLO, surge a través de las condiciones existentes en el corredor vial, en particular el tramo La Trinidad-La Boyera en el cual se pudieran percibir los niveles de ruidos por encima de los niveles maximos permitidos ocasionados por el excesivo flujo vehicular circulante en el sector, sobre todo a determinadas horas picos del día. Con relación a esta problemática en particular, antes de la toma de desiciones para llevar a cabo el desarrollo del tema anteriormente descrito, se realizaron investigaciones relacionadas al caso propuesto, dentro de las cuales se pudieron constatar que las comunidad científica lleva estudiando las posibles soluciones de polución por ruidos de tráfico por mas de 30

años, tal como lo demuestran los trabajos pioneros de Redfarm, Maekawa y Kurze entre otros.

Basado en estas investigaciones, se tomó en cuenta el Nomograma de R.Foss 1971-1980 que consiste en la medición de la efectividad de las alturas de las barreras antiruidos; metodo utilizado en el mas reciente trabajo de investigación: ANALISIS DE LA VIABILIDAD DE CONSTRUCCIÓN DE BARRERAS ANTIRRUIDO TIPO TERRAPLENES Y MUROS PANTALLAS DE CONCRETO COMO REDUCTOR DE RUIDOS EN LATERALES DE VÍAS EXPRESAS, presentado por el Ingeniero Gruber S Francisco en la VI jornada Venezolana de Transporte y Vialidad en el año 2.000.

Numerosos estudios de casos en EE.UU. aparecieron en diferentes carreteras y autopistas. Muchos de esos estudios fueron comisionados por el Departamento Estatal de Autopistas y conducidos por varios investigadores.

Varios grupos de investigadores dentro de EE.UU. desarrollaron variaciones en las técnicas de modelado: Caltrans en Sacramento, California; el grupo ESL Inc. en Palo Alto, California; grupo Bolt, Beranek y Newman en Cambridge, Massachusetts y un equipo de investigación de la University of Florida. Posiblemente el primer trabajo publicado sobre barreras acústicas científicamente diseñadas fue el estudio para el Foothill Expressway en Los Altos, California. (Hogan y Seidman, 1970).

Las barreras acústicas han sido construidas intuitivamente, pero en EE. UU., desde mitades del siglo XX, cuando se agravó el tráfico vehicular, a fines de los años 1960, la ciencia y la tecnología de la acústica emergen de las evaluaciones matemáticas de tests de eficacia a través de un diseño de barrera acústica para la adyacencia de una carretera.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar la factibilidad técnica-económica de construir barreras antirruidos como infraestructura reductora de niveles de ruido en los laterales del corredor vial La Trinidad-El Hatillo; en particular el tramo La Trinidad- La Boyera

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar los niveles máximos de presión sonora existente en los laterales del corredor vial La Trinidad-El Hatillo en particular el tramo La Trinidad-La Boyera.
2. Definir la eficacia acústica en laterales de vías expresas.
3. Identificar alternativas de tipologías de barreras como dispositivos de reducción de ruidos.
4. Proponer criterios de diseño que definan términos de referencia para implementar barreras antirruidos en el caso de laterales de vías expresas.
5. Verificar los cambios que se puedan producir en los niveles de ruido en los laterales de vías expresas, utilizando ábacos y estándares que corroboren la eficacia de las medidas a tomar, cuando se requiera implantar las barreras antirruidos en los laterales del corredor vial La Trinidad-El Hatillo; en particular el tramo La Trinidad- La Boyera.
6. Estimar costos a nivel preliminar, mediante un análisis de precios unitarios cuando se requiera implantar barreras tipo en los caso de estudio.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 EL RUIDO COMO PROBLEMA AMBIENTAL

El ruido representa un importante problema ambiental para el hombre, desde tiempos pasados hasta la actualidad; en el Imperio Romano ya existían reglas relativas al ruido emitido por las ruedas de hierro de los carros, que al rozar con las piedras del pavimento, podían molestar a los ciudadanos y en la Europa Medieval se prohibió el uso de los carruajes en ciertas ciudades durante la noche, con el fin de asegurar un sueño tranquilo a sus habitantes. (Gerges, 1992)

El ruido se define como cualquier sonido calificado por quien lo sufre como algo molesto, indeseable e irritante. A su vez, se define la contaminación acústica como aquella que se genera por un sonido no deseado, que afecta negativamente a la calidad de vida y sobre todo, a aquellos individuos que desarrollan actividades industriales y a los que usan con bastante frecuencia determinados vehículos para poder desplazarse.

El problema de la producción de ruidos en vías expresas, es complejo. Se pueden minimizar los ruidos, mediante la construcción de dispositivos estructurales tipo barrera, con el fin de aislar sectores residenciales afectados; su función es reducir el impacto del ruido del tráfico de circulación ya que presentan características absorbentes, eficacia acústica e integración con el entorno.

La experiencia existente en el contexto europeo sobre la utilización de pantallas acústicas como solución a los problemas derivados de la contaminación sonora originada por las infraestructuras de transporte se caracteriza por una general aprobación en cuanto a su eficacia, y por la existencia de una gran heterogeneidad en las soluciones y tipos de materiales adoptados.

Las investigaciones y programas emprendidos en la actualidad se orientan hacia la homogeneización en los tipos de pantallas a utilizar. Se pretende, aprovechando la experiencia adquirida, optimizar las soluciones existentes, creando “soluciones tipo” que permitan una racionalización de los procesos de fabricación de los elementos constituyentes de las pantallas y una reducción en sus costos finales. Por otra parte, la existencia de estas soluciones tipo permitirá un mayor control sobre las características mecánicas y acústicas de las pantallas, garantizando su eficacia.

Se puede considerar que países como Francia o Alemania han tomado conciencia del problema desde hace mucho tiempo, y han establecido reglas de conducta bajo la forma de leyes generales y reglamentos que determinan, no sólo los límites a alcanzar sino la obtención de la reducción de ruido deseada. Sin embargo, incluso en este grupo de países, no existe uniformidad en términos de procedimiento. Algunos países, como Francia, continúan mejorando los procedimientos, aunque son conscientes de los grandes inconvenientes que representan los métodos técnicos actuales. Por lo tanto, los programas de investigación para resolver estas cuestiones han sido desarrollados basándose en un punto de vista científico consolidado.

Otros países, que tienen una gran experiencia en este terreno como Suiza, Holanda y Austria, consideran que las acciones tomadas para hacer respetar los reglamentos sobre límites de ruido, junto a las medidas adoptadas para su reducción, estrictamente normalizadas, son suficientes.

Finalmente, existe otro grupo de países que están menos avanzados, si se juzga su posición sobre el hecho de que han, o no, adoptado una reglamentación o estrategia general basada en normas establecidas y en fondos específicamente reservados para actuar en esta materia. Estos países tales como España e Italia, razonan de manera científica para la elección de los tratamientos técnicos y los límites de ruido son definidos de manera pragmática, sobre la base de la experiencia de los países pioneros que han trabajado en este terreno.

Los Estados Unidos constituyen un caso aparte; además de que existen tantas situaciones diferentes como Estados lo constituyen porque, sobre todo, la reglamentación de los problemas de las comunidades suscita reacciones muy diferentes.

2.2 EL RUIDO Y LAS LEYES EN VENEZUELA.

En Venezuela, no se presentan experiencias prácticas con el uso de tecnologías de barreras antirruído, a pesar de la promulgación de las normas sobre el “Control de la Contaminación generada por ruido” decretadas por el Ejecutivo Nacional en el decreto N° 2.217 publicada en Gaceta Oficial N° 4.418 del 27 de abril de 1992, regulándose los controles y delimitándose cinco zonas, con sus niveles de ruido tolerables, los cuales se indican a continuación:

Niveles permitidos:

- **Zona I** Residencial con parcelas unifamiliares, hospitales y escuelas, que no estén ubicadas al borde de vías de alto tráfico de vehículos ni cerca de autopistas o aeropuertos (55 dBA).
- **Zona II** Residencial con viviendas multifamiliares o apareadas con escasos comercios vecinales (60 dBA).
- **Zona III** Residencial comercial en coexistencia con escuelas y centros asistenciales, ubicados cerca de vías de alto tráfico o autopistas (65 dBA).
- **Zona IV** Comercial e industrial (70 dBA)
- **Zona V** Cercanas a autopistas y aeropuertos (75 dBA).

En el país son numerosas las situaciones donde se requieren medidas de eficacia acústica localizadas en laterales de vías expresas de sus ciudades y alrededores.

2.3 ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN LA DIFUSIÓN DEL RUIDO

Los diferentes elementos que intervienen, en la difusión del ruido se pueden enumerar como:

1. La Fuente (F), origen del ruido o sonido emitido.
2. La Trayectoria de transmisión, ondas de sonido propagado por la fuente hacia el receptor.

3. Receptor (R), cuando se coloca un aislamiento o amortiguador, entre la fuente y el receptor, el sonido se propaga por la superficie, parte de la energía sonora se refleja, en el lado de la calzada, parte se absorbe por la superficie y en parte se pierde la transmisión, formándose una línea de sombra, y en el lado posterior, a sotavento, se forma un área, de sombra, una difracción y difusión del sonido (Kiely, 1993)

2.4 TIPOS DE BARRERAS ANTIRRUIDO

Diversos tipos de Barreras Antirruido se han diseñado e implementado como solución, mencionándose las siguientes (Lokken, 1976):

- Pared de concreto/pantalla para encubrimiento y protección en paneles: prevaciados fuera de la obra y vaciados en sitio.
- Pared de bloques prefabricados de mampostería.
- Muro de gaviones.
- Paneles metálicos compuestos.
- Paneles de aluminio portantes.
- Pared de mampostería de bloques forrados con paneles prefabricados.
- Montículos de tierra o terraplenes con núcleo poroso (diques) con:

Taludes sección triangular.

Taludes sección trapezoidal.

Taludes cubiertos de vegetación.

Bermas escalonadas o aterraceadas.

- Sistemas combinados de terraplenes y paredes de concreto tipo pantalla:
 - En coronación.
 - Pie de talud.

2.5 FUENTES DE LA EFICACIA ACÚSTICA

Para el análisis de las Barreras Antirruído, se deben estudiar los principios de eficacia acústica y los criterios de diseño que establecen los lineamientos para su implementación.

Son tres las fuentes que inciden de forma directa, en la eficacia acústica de barrera: la difracción en su cima, la transmisión del sonido a través de la barrera y los efectos de reflexión (Lokken, 1976), ver figura 2.1. Se admite que la fuente sonora está concentrada en un foco emisor situado entre 0,80 y 1,80 m sobre el nivel de calzada y en el eje de ésta. Las ondas emitidas se transmiten en todas direcciones, llegando unas al paramento exterior y otras lo hacen por reflexión, donde unas ondas se absorben otras se transmiten y otras se reflejan.

2.5.1 DIFRACCIÓN

Las ondas, directas o reflejadas llegan a la altura de la barrera y por efecto de la difracción, llegan hasta el receptor oculto por la barrera, después de haber perdido gran

parte de su energía sonora, produciéndose una nueva fuente sonora en lo alto menos potente que la originaria.

Esta pérdida de energía produce una modificación del campo acústico existente detrás de la barrera, estableciéndose una zona de “sombra”, en la que la presión sonora es menor. Para que la barrera sea acústicamente eficaz, la zona de sombra debe ser la mayor posible y no debe resultar afectada por las ondas sonoras que lo atraviesan o por las que puedan llegar a ella por reflexión.

La importancia de la difracción, depende de las dimensiones en cuanto a longitud y altura, y de su situación en relación con la fuente sonora y con la zona a proteger. El poder de amortiguación de la barrera es función del número de Fresnel (Ruza, 1998).

$$N = 2/\delta\lambda$$

Donde λ es la longitud de la onda incidente que, para el caso del ruido producido por la circulación, está comprendida entre 0,50 m y 0,60 m, si la distancia a la calzada es inferior a 100 m; y δ es la diferencia entre los recorridos que tiene que realizar la onda sonora al instalar la barrera y el que tendría que realizar si éste no existiese, entonces:

$$\delta = FA - AB + R - FR \text{ (Ver figura 2.3).}$$

2.5.2 TRANSMISIÓN

Una parte de la energía sonora llega al receptor, oculto por la barrera, a través de ésta. Por lo tanto, al igual que las pantallas, deben cumplir unas condiciones acústicas

mínimas, de forma que la energía sonora que puede atravesarlos resulte sensiblemente menor que la que pueda llegar al receptor por otros conductos. Esta energía transmitida puede considerarse despreciable si resulta por lo menos inferior en 10 dB (A), a las otras aportaciones que se reciben por difracción y reflexión.

El índice de amortiguación (R) relativo a la transmisión del sonido debe ser para el espectro de ruido producido por la circulación, por lo menos de 22 dB(A). Esto lo cumplen prácticamente todos los montículos de tierra, ya que su peso por metro cuadrado supera los 30 Kg. (ley de masas). (Ver figura 2.2)

2.5.3 REFLEXIÓN

Los terraplenes pueden considerarse, hasta cierto punto, según su composición granulométrica y su compactación, como barreras absorbentes. Los sonidos que no absorben son reflejados hacia lo alto debido a la inclinación de los parámetros laterales del terraplén, lo que evita los posibles problemas que podrían producirse en las viviendas situadas al otro lado de la calzada (Ruza, 1998)

2.6 CRITERIOS DE DISEÑO DE LAS BARRERAS ANTIRRUIDOS

El índice de amortiguación define la capacidad, de la masa de barrera para amortiguar el ruido por transmisión, quedando una zona de sombra detrás, del elemento físico, que impide la transmisión directa del sonido.

Se ha comprobado que el sistema más efectivo es el de las barreras, que pueden ser de cualquier forma con tal de que sean sólidas y macizas. La altura, la longitud,

estabilidad, ubicación y se ha comprobado que el sistema más efectivo es el de las barreras, que pueden ser de cualquier forma con tal de que sean sólidas y macizas. La altura, la longitud, estabilidad, ubicación y características del sistema constructivo están definidas en los criterios, de diseño de las barreras.

2.6.1 ALTURA DE LA BARRERA

Para calcular la altura que debe tener una barrera, de forma que se consiga una determinada reducción sonora, se suele asimilar éste a una pantalla vertical equivalente.

La altura de la solución barrera quedará, definida por la necesidad de dejar las edificaciones y espacios de la zona receptora en las zonas de sombra. En cualquier caso, no son, eficaces alturas inferiores a 1 m ni alturas superiores a 4 m, en el caso de pantallas de paredes.

En el caso de requerirse alturas superiores los 4 m, debe recurrirse a coberturas parciales que, faciliten el efecto o combinen promontorios de tierra con paredes de pantallas. Se recomienda que la pared de la pantalla por lo menos 1,15 m de su altura esté enterrada con la fundación y el resto de su altura sobresalga en la rasante superficial. Una pared pantalla debe estar empotrada a una fundación zapata de base de apoyo con por lo menos un dimensionado de profundidad de 2,50 m y 0,80 m de ancho para mayor estabilidad y seguridad de la pantalla.

Si no, se desea instalar una pantalla de altura excesiva o las características del lugar no amerita la colocación del cuerpo del terraplén, puede combinarse los dos sistemas instalando un terraplén y una pantalla en su coronación.

Como ventajas de este sistema mixto se puede indicar que disminuye la necesidad de suelo, al ser menor la altura del terraplén; se evitan en gran parte los problemas de reflexión; y se mejoran las condiciones estéticas consiguiendo una integración más natural en el entorno, similar a la que se consigue con los terraplenes solos (Ruza, 1998).

Como inconvenientes se puede destacar las posibles dificultades que se puedan encontrar al asentar los cimientos de la pantalla en lo alto del terraplén.

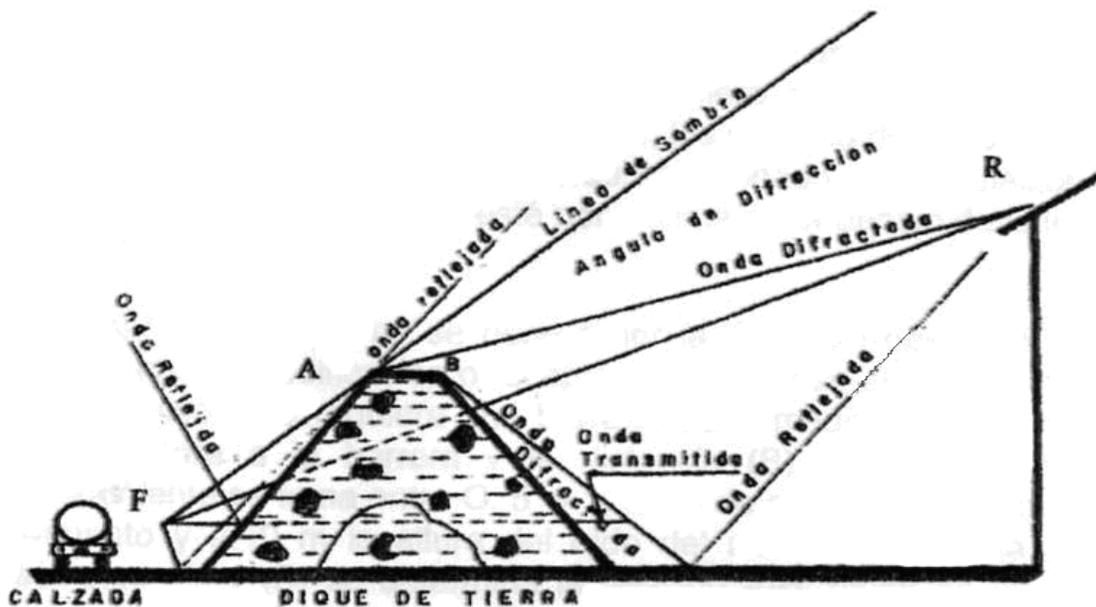


Figura 2.1 Dique de Tierra
Fuentes de Ruido Eficacia Acústica de Barreras
(Revistas Rutas N° 199 Madrid-España)

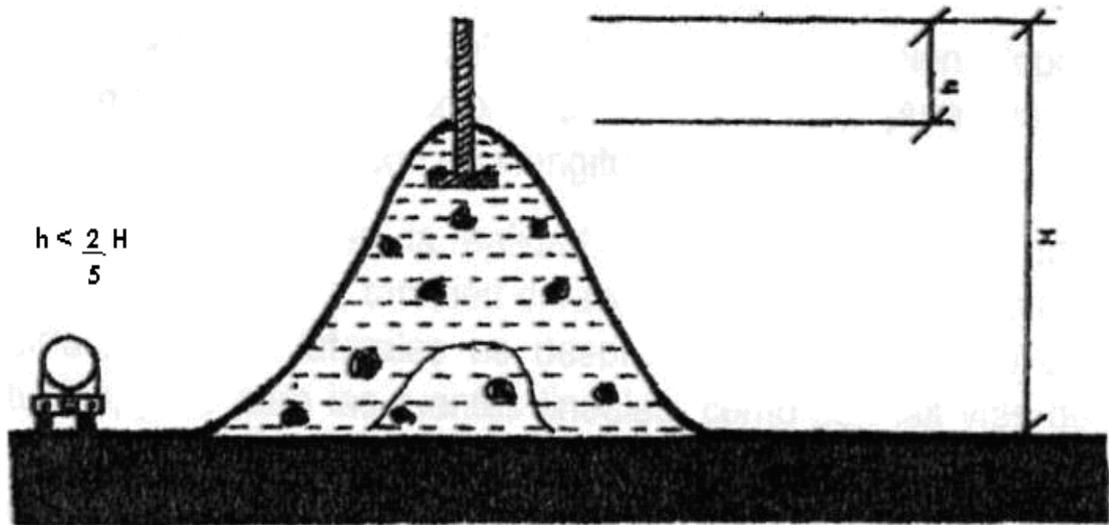


Figura 2.2. Terraplén
Fuentes de Ruido Eficacia Acústica de barreras
(Revistas Rutas N° 199 - Madrid España)

Aún disimulando el terraplén y la pantalla con plantaciones vegetales, por razones de composición estética, la pantalla no debe sobrepasar al terraplén en una altura superior al 40 por ciento del total.

Para medir la efectividad de las alturas de las barreras, se han desarrollado los monogramas anexos. (Ver figura 2.4) El primero a la izquierda da la relación del factor de incidencia del nivel sónico V/H ; los dos a la derecha, permiten calcular la mitigación del ruido mediante barreras, relacionado con la relación V/H y la altura de la barrera, según que esta esté por encima o por debajo de la línea del receptor.

Para usar el nomograma se debe tener la distancia desde el vehículo sobre la calzada, hasta la edificación o receptor. Para el caso en que se necesite reducir el nivel de ruido y se requiera una barrera, debe medirse la distancia, (A) desde la fuente sonora a la

barrera y la distancia (B) desde la barrera al receptor. Generalmente se toma entre 0,5 y 1,80 m de altura, de la fuente sonora sobre el pavimento y 2,10 m la altura del oído del receptor: sobre la calzada. Con las distancias (A) y (B) se determina la relación V/H , factor de inclinación; con este valor y la altura de la barrera H (porción sobre la línea que une el epicentro del ruido con la altura de oído del receptor) se determina la reducción del nivel sónico (RNS) en dB; según la altura acústica $H > 0$ ó $H < 0$. Al nivel legal máximo se le resta el valor RNS obtenido y se obtiene un nivel de ruido amortizado, realizando iteraciones y comprobaciones respecto a determinadas alturas previstas.

2.6.2 LONGITUD DE LA BARRERA

El dimensionado para el cálculo de la altura del terraplén proporciona valores que se basan en la consideración de una difracción pura, ya que consideran el elemento de protección con una longitud infinita.

Pero, esto no sucede en la realidad. Los terraplenes tienen una longitud limitada, por lo que, se produce, también difracción en sus bordes laterales. La energía que se difracta en los laterales es despreciable para el caso de fuentes sonoras puntuales, pero para las fuentes lineales, como son las vías de gran circulación, pueden llegar a ser importantes ya que por estas pasan ondas sin encontrar obstáculos, y llegan directamente al receptor. Por ello es importante dimensionar adecuadamente la longitud del terraplén, de forma que la energía sonora que reciba el receptor directamente por los laterales no resulte superior a la que pueda recibir por difracción (Ruza, 1998)

La longitud, de terraplén o de pantalla, debe calcularse, de forma que la energía que llega directamente no sea superior a la recibida por difracción, teniendo en cuenta para ello la configuración del terreno, posibles obstáculos, vegetación, etc.

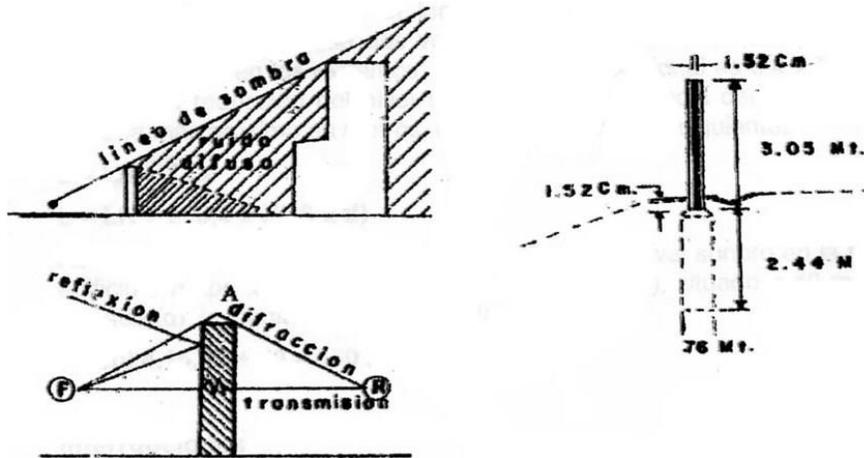


Figura 2.3 Difracción, Reflexión y Transmisión
Fuente (Carciente/Foss 1971-1980)

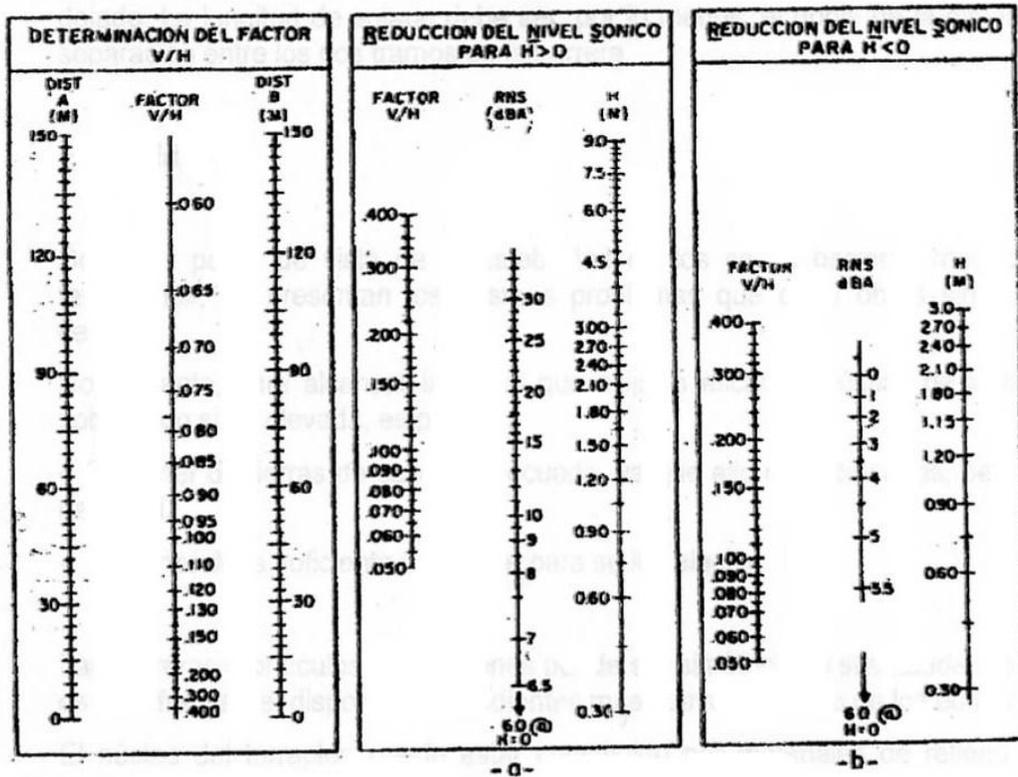


Figura 2. 4

Nomograma para medición de la efectividad de las alturas de barrera.

Fuente: (Carciente / Foss. 1971-1980)

Una fórmula para calcular la longitud de barrera (L) es que, a la longitud del receptor (LR) se le suma dos veces la longitud adicional (La) para amortizar las ondas directas en los extremos; dicha longitud adicional es $0,4 \times \text{RNS} \times d$, donde, RNS es la reducción del nivel sonoro y d es distancia del receptor al eje de la calzada más próxima en metros, quedando la fórmula siguiente:

$$L = LR + 2 La$$

$$L = LR + 2(0,4 \times \text{RNS} \times d)$$

Así, si se quiere disminuir en 15 dB (A) (RNS), el nivel sonoro en la fachada de un edificio o grupo ,de ellos, de 50 m de longitud, (LR), situado a 40 m. del eje de la calzada (d), la longitud del terraplén (L) sería:

$$L= 2(0,4 \times 15 \times 40) + 50 = 530 \text{ m}$$

2.6.3 INTERRUPCIONES

En los casos en que la barrera tenga que ser interrumpido para dejar una salida a otra vía, o por cualquier otra necesidad como puede ser el paso a los equipos de mantenimiento (aunque para este supuesto podría preverse la instalación de puertas), la barrera debe solaparse de forma que el ruido no penetre por el hueco dejado. La longitud de solape debe ser, por lo menos, el doble de la distancia de separación entre los dos tramos de la barrera.

2.6.4 ESTABILIDAD

Desde el punto de vista de la estabilidad en los casos barreras montículos o terraplenes, se presentan los mismos problemas que otras obras similares de tierra.

No obstante, para alcanzar la altura que exija la eficacia acústica de la barrera, sobre todo si es elevada, es preciso:

- Disponer de tierras de calidad adecuada, ya que ello condiciona las, pendientes del talud.
- Disponer de la suficiente superficie para su instalación.

Las barreras montículos o terraplenes puede ser simétrico en sus taludes, o lo que es más frecuente, disponer de pendientes más suaves del lado de los edificios.

El núcleo del terraplén puede estar constituido por materiales de relleno. En la base de asentamiento debe ser retirada la tierra vegetal y aquella otra que, por sus características, no garantice una buena superficie de apoyo. Este núcleo debe recubrirse de una tierra de mejor calidad, en un espesor comprendido entre 0,50 y 1,00. Sobre ella se colocará tierra vegetal, en una capa 0,20 m a 0,50 m según se disponga de este material y en función del tipo de vegetación que se pretenda introducir.

Los taludes deben ser, en general, dotados de la pendiente máxima que permita la calidad de las tierras utilizadas, tratando de ahorrar espacio. Pueden considerarse como taludes aceptables los de pendientes 1/1,5 (Ruza, 1998)

La parte superior o cima, debe suavizarse o aplanarse. Si lo permiten sus dimensiones podrían instalarse en ella sendas peatonales o pistas para ciclismo o barreras pantallas o cercas separadoras/seguridad. (Lokken, 1976)

2.7 FUNDAMENTO ACÚSTICO

En ausencia de barreras (Figura 2.5), un sonido emitido por una fuente (F) se propaga por el aire hasta alcanzar el receptor. (R) En un medio homogéneo e isótropo las ondas sonoras se propagan en línea recta en todas direcciones.

La intensidad sonora, lógicamente, disminuye con la distancia a la fuente (la energía acústica se reparte en una mayor superficie de frente a la onda). Además la absorción del aire y la presencia de elementos absorbentes reducen los niveles acústicos.

Si se interpone una barrera, entre fuente y receptor, la propagación del sonido se modifica.

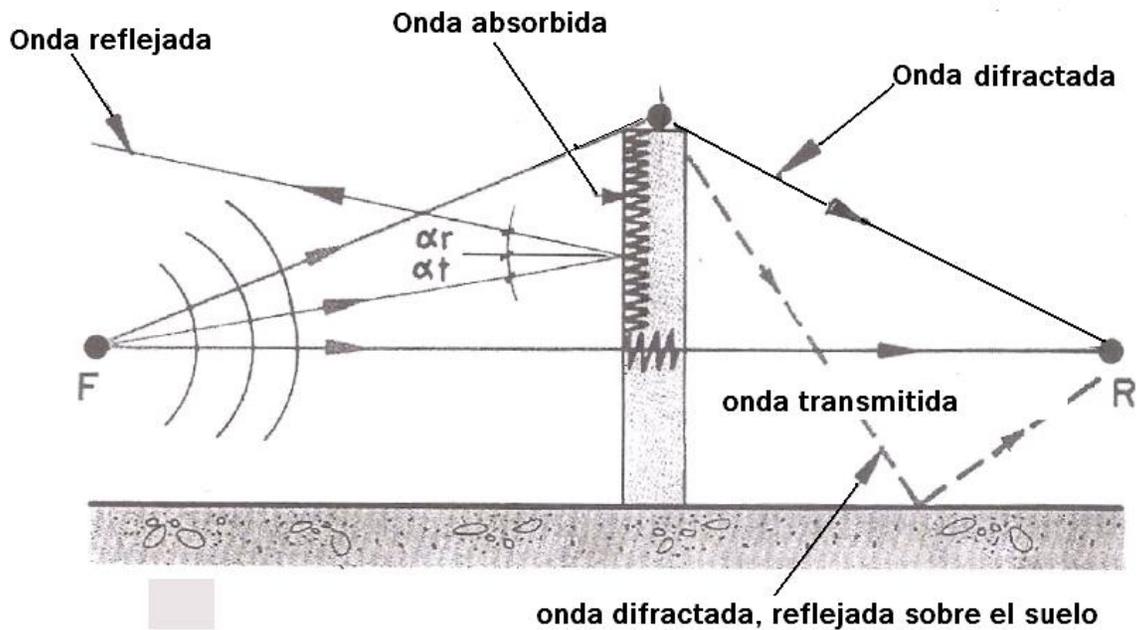


Figura 2.5 Fundamento Acústico (Pita 1995)

Parte de la energía que incide en la barrera pasa a través de la misma (esta energía es despreciable desde el punto de vista energético). Del resto de la energía, parte es absorbida por el material y parte es reflejada. Se caracteriza la absorción de un material por medio del coeficiente de Sabine (α) que se define, para una frecuencia determinada del sonido, como el cociente entre la energía absorbida y la incidente.

$$\alpha = \text{Energ. Absorbida} / \text{Energ. Incidente}$$

En función del coeficiente de absorción, del material constitutivo de la barrera, ésta se denomina reflejante (α próximo a 0) o absorbente (valores altos de α), aunque los límites entre estas clases (y otras subclases posibles) no son fáciles de establecer. En determinadas situaciones es necesario reducir la reflexión del ruido, para evitar posibles molestias a los vecinos, que se encuentran frente a la pantalla. Sin embargo, dado que la fuente de mayor ruido siempre oculta a la menor, en general resulta prácticamente imperceptible la

presencia de un elemento reflejante en el margen contrario de la carretera. Sólo en situaciones de apantallamiento vertical, a ambos lados de una carretera estrecha o en el caso de reflexiones múltiples entre caja de camión y pantalla es cuando resulta sumamente eficaz la disposición de elementos absorbentes.

La eliminación de reflexiones molestas puede lograrse también utilizando las propiedades de la reflexión: cuando una onda sonora es reflejada en una superficie sigue las leyes de la óptica: el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia.

En cuanto al aislamiento, se recomienda que el índice de aislamiento acústico (R) sea mayor de 25dB(A) (Pita, 1995). La ley de masas cuantifica este comportamiento de manera aproximada y de ella se deduce que doblando la masa, por unidad de superficie se aumenta el aislamiento en 6 dB(A). En general y para los materiales más usualmente utilizados, obtener este aislamiento no plantea problemas y son las cuestiones estructurales las que condicionan el espesor mínimo de las pantallas. De cualquier forma, siempre habrá que tener en cuenta la estanqueidad de todos los elementos y de las juntas, frente a las fugas de ruido.

Es el problema de la difracción el que condiciona la eficacia acústica de una pantalla. Las ondas sonoras sufren un cambio en su trayectoria, afectando al nivel de presión acústica en la zona de sombra.

No tiene sentido atenuar la fuente de sonido más débil por ello no aporta mejora acústica el que los valores de aislamiento de la pantalla superen en más de 10 dB (A) a los de atenuación por difracción. Como estos valores normalmente oscilan alrededor de 10 a 15 dB(A), está plenamente justificada la recomendación citada de $R > 25$ dB (A).

Sin embargo, esta exigencia podría ser modificada en función de la atenuación por difracción que consigue la barrera.

2.7.1 PROPAGACIÓN DEL SONIDO EN EL AIRE

Las amplias áreas afectadas por el ruido de transporte son el resultado de una gran utilización de éste, especialmente el tráfico rodado, así como de la propia naturaleza del sonido. Este, tras ser emitido por una fuente sonora, se propaga por la atmósfera, cubriendo grandes zonas y alcanzando puntos muy alejados de dicha fuente.

En un espacio abierto, una fuente puntual con nivel de potencia sonora SWL, produce en un punto situado a una distancia r de ella, un nivel de presión sonora, SPL, dado por (Maestre, 1976)

$$\text{SPL} = \text{SWL} - 20 \text{ Log } r - 11 - A$$

Donde A es el exceso de atenuación debido a causas ambientales.

Según la ecuación anterior, la variación teórica del nivel de presión sonora con la distancia, para una misma fuente es:

$$\text{SPL}_2 = \text{SPL}_1 - 20 \text{ Log } (r_2/r_1) \quad (r_2 > r_1)$$

Es decir, existirá una disminución de 6 decibelios cada vez que se dobla la distancia a la fuente sonora.

En el caso de una fuente sonora lineal (por ejemplo, una carretera con tráfico continuo) la variación teórica es de 3 decibelios por doble distancia:

$$\text{SPL}_2 = \text{SPL}_1 - 10 \log (r_2/r_1) \quad (r_2 > r_1)$$

En la práctica estas variaciones con la distancia de los niveles de ruido se modifican por atenuaciones producidas por factores ambientales. Entre estos factores se tienen:

- La absorción del aire, originada por la transformación de la energía sonora en caloríficas por fenómenos de viscosidad y vibración de las moléculas de O₂.

Esta absorción es particularmente importante para distancias a la fuente sonora, superiores a 1 Km.

- Los gradientes de temperatura originan que en puntos alejados de la fuente sonora se produzcan niveles sonoros más elevados que los que se producirían en condiciones normales.
- Las turbulencias atmosféricas y el viento, que favorecen la propagación en la dirección en que se mueve el aire.
- Niebla y Lluvia: La presencia de estos fenómenos meteorológicos origina una disminución de las actividades de la comunidad del sector y consecuentemente del nivel de ruido de fondo, produciendo la sensación de que el sonido se propaga con mayor facilidad.
- El terreno produce una atenuación para la propagación rasante, cuyo valor depende de su estructura y del recubriendo que tenga (asfalto, vegetación, etc.).

- Los árboles producen en la mayoría de las situaciones una sensación subjetiva de atenuación del sonido, que genera un efecto real (impidiendo la visión de la fuente sonora (Vehículos). Puede establecerse para árboles de hoja perenne una atenuación de 7dB por cada 100 metros de vegetación.
- Barreras acústicas, definidas como aquellas superficies naturales o artificiales que se interponen en la marcha de las ondas sonoras impidiendo su propagación y creando una zona silenciosa llamada “sombra acústica”.

2.8 ESTUDIO TEÓRICO DE APLICACIÓN

La eficacia acústica de una pantalla está determinada por la atenuación sonora que ésta proporciona frente a una determinada fuente. Los factores que influyen en la eficacia de una pantalla son los siguientes:

El aislamiento acústico y el carácter absorbente o reflectante de la pantalla, determinados principalmente por sus materiales constitutivos.

Sus dimensiones geométricas, fundamentalmente su altura y su longitud, así como su situación relativa con relación a la fuente y a la zona a proteger, en presencia de obstáculos en el lugar de su implantación.

Por lo tanto, la elección de materiales adecuados para el diseño de los elementos que constituyen la pantalla, no condiciona por sí sola la eficacia acústica de la misma. De hecho, la finalidad de las pantallas acústicas es la limitación del ruido percibido en la zona que se desea proteger, evitando en la medida de lo posible que la energía sonora alcance de manera directa al receptor, por lo que además de asegurar la calidad de aislamiento acústico

de los materiales de la pantalla, es preciso diseñarla de una altura y longitud suficientes, evitando que se produzcan reflexiones no deseadas, y colocarla en la posición en la que su eficacia sea máxima.

2.8.1 ELECCIÓN DE LOS MATERIALES. TRANSMISIÓN Y ABSORCIÓN

La elección de los materiales viene condicionada por dos propiedades acústicas exigibles a las pantallas: su comportamiento frente a la transmisión sonora y las cualidades de absorción del conjunto de la pantalla.

2.8.2 COMPORTAMIENTO FRENTE A LA TRANSMISIÓN

En presencia de una pantalla, la onda sonora emitida por la fuente se reparte en varios trayectos elementales. Uno de ellos es el de la transmisión de la onda a través de la pantalla.

El receptor percibe una parte de la energía sonora que ha sido transmitida a través del obstáculo. Para que la protección del receptor sea máxima hay que conseguir que la energía transmitida sea lo más pequeña posible. Esta energía transmitida depende fundamentalmente de las características de los anteriores que constituyen el dispositivo protector.

Se define como pérdidas en la transmisión TL al valor resultante de la expresión:

$$TL = 10 * \text{Log} (E_i / E_t)$$

Donde E_i es la energía incidente sobre la pantalla y E_t es la energía transmitida. Se expresa en decibeles y refleja la cantidad de energía pérdida en la transmisión del sonido a través de una pared ó superficie cualquiera. Se define el índice de reducción acústica (también conocido como aislamiento acústico) R de una partición como:

$$R = SPL_1 - SPL_2 + 10 \log Sw/A$$

Donde R se expresa en decibeles, SPL_1 es el nivel de presión sonora en la zona de emisión, SPL_2 es el nivel de presión sonora en la zona de recepción, Sw la superficie del elemento separador, A es la absorción total del local receptor. En condiciones de propagación del sonido en campo libre.

$$TL = R = SPL_1 - SPL_2$$

El índice TL caracteriza la capacidad de una pantalla para oponerse a la transmisión del ruido y depende del espectro de la onda incidente. Este índice se expresa en $dB(A)$, por bandas de frecuencias o bien de manera global para un espectro de ruido determinado.

En el caso del ruido del tráfico de carretera se utilizan para definir el coeficiente global TL , el denominado espectro del ruido de carretera normalizado, cuyas características varían según los diferentes países.

En la práctica, no es necesario intentar obtener atenuaciones en la transmisión muy fuertes, ya que se puede admitir que una pantalla acústica se opone suficientemente a la transmisión cuando la energía transmitida es despreciable frente a la energía que llega al receptor por otros caminos (difracción, reflexión, directamente). Se considera que la energía transmitida es despreciable cuando su nivel de presión sonora es inferior en 10

dB(A) al nivel sonoro resultante de los restantes caminos acústicos que llegan hasta el receptor.

En la actualidad, la eficacia total de las pantallas acústicas es claramente superior a 15 dB(A), por lo que suele ser suficiente exigir a las pantallas un índice de atenuación en la transmisión R igual o superior a 25 dB(A) para el espectro de ruido de carretera normalizado.

2.8.3 CARACTERÍSTICAS ABSORBENTES

En presencia de una pantalla, una parte de la energía sonora puede ser absorbida por transformación en energía calorífica. La cantidad de energía absorbida depende del material que constituye la pantalla y del espesor de la misma. En el caso límite, los materiales que presentan excelentes características de absorción, son capaces de absorber prácticamente toda la energía acústica, resultando despreciable la energía que se refleja en la pantalla.

Todos los materiales absorben parte de la energía que contiene la onda sonora incidente. Esta absorción se caracteriza por un factor denominado coeficiente de absorción, que depende de la frecuencia, y se define como la relación existente entre la energía acústica absorbida y la energía acústica incidente.

$$\alpha = \text{Energ. Absorbida} / \text{Energ. Incidente}$$

El coeficiente de absorción de un material depende del espectro sonoro de la onda incidente, de la naturaleza del material, y, en menor medida, de las condiciones de humedad y temperatura.

Generalmente se distinguen tres grandes categorías de materiales absorbentes:

- Materiales fibrosos de porosidad abierta.
- Materiales elásticos o absorbedores de membrana.
- Resonadores.

El poder de absorción de los distintos materiales se determina midiendo el coeficiente de absorción (denominado Sabine) para cada una de las bandas de frecuencia normalizadas.

A continuación figuran los coeficientes de absorción acústica para distintos materiales:

Tabla 2.1 Coeficientes de absorción acústica

Material	Espesor cms	Frecuencia (HZ)					
		125	250	500	1000	2000	4000
Corcho aglomerado	5	–	–	0,28	–	0,36	–
Corcho	2	0,12	0,27	0,72	0,79	0,76	0,77
Corcho pavimentos	2	0,04	0,03	0,05	0,11	0,07	0,02
Fibra madera	5	0,04	0,24	0,54	0,88	0,53	0,70
Fibra de vidrio	4	0,20	0,35	0,65	0,80	0,75	0,65
Fibra de vidrio	5	0,38	0,63	0,78	0,87	0,83	0,77
Fibra de vidrio	10	0,75	0,96	0,96	0,90	0,84	0,81
Hormigón normal	-	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
Ladrillo visto	-	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07
Lana mineral	10	0,42	0,66	0,73	0,74	0,76	0,80

Fuente artículo "Contaminación Sonora" - Maestre Sancho

En la actualidad, los absorbentes empleados son esencialmente materiales fibrosos o porosos: lanas minerales de fibras, expandidos o paneles perforados con dimensiones de los orificios adecuadas. En principio, las cualidades absorbentes de una pantalla acústica, pueden ser descritas cuantitativamente, por medio del índice denominado absorción (A), que se define como:

$$A = 10 \text{ Log } E/(E_i - E_a)$$

Donde A se expresa en decibeles, E_i es la energía incidente sobre la pantalla y E_a la energía absorbida. A es conocido también como “peridas por reflexión”

Para el caso de un espectro de ruido normalizado, se define el coeficiente medio de absorción α_m :

$$\alpha_m = E_i / E_i = \sum_i \alpha_i 10^{0.1L_i} / \sum 10^{0.1L_i}$$

Donde L_i es el nivel sonoro de la onda incidente para cada banda de frecuencias y α_i el coeficiente de absorción para esa banda; entonces:

$$A = -10 \text{ Log } (1 - \alpha_m)$$

En función de los valores de A se pueden clasificar las pantallas según su comportamiento frente a la absorción. La clasificación más extendida es la norma alemana ZTV-LSW 88:

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 1. Altamente absorbentes | $A > 8\text{dB}$. |
| 2. Absorbentes | $8 \geq A \geq 4\text{dB}$ |
| 3. Reflectantes | $A < 4\text{dB}$. |

El hecho de que una pantalla sea muy absorbente no indica en principio que se trate de una pantalla de mayor calidad. En cada caso el encargado del diseño de la barrera antirruído deberá decidir cuál es el grado de absorción exigible según las circunstancias concretas.

2.8.4 PANTALLAS REFLECTANTES Y PANTALLAS ABSORBENTES

El problema de las reflexiones producidas por las pantallas acústicas adquiere una importancia fundamental cuando existen posibles receptores del ruido situados con relación a la pantalla en el mismo lado de la fuente sonora. La instalación de una pantalla no debe implicar un crecimiento de las molestias por defecto de las reflexiones en la población situada frente a la pantalla. Por lo tanto, cada vez que exista la posibilidad de que las ondas reflejadas alcancen zonas sensibles al ruido que se desea proteger, será preciso adoptar alguna de las siguientes precauciones:

- Inclinar la pantalla para orientar adecuadamente las posibles reflexiones.
- Utilizar materiales absorbentes en la fabricación de la pantalla.
- Proteger la zona afectada por las reflexiones con una nueva pantalla.

Los esquemas de las figuras a continuación corresponden a situaciones en las que es recomendable la utilización de pantallas absorbentes. En la figura 2.6 se muestran una serie de situaciones típicas en las que las reflexiones inducidas por la presencia de las pantallas acústicas no afectan a la población del entorno, y en las que puede aceptarse el uso de materiales poco absorbentes.

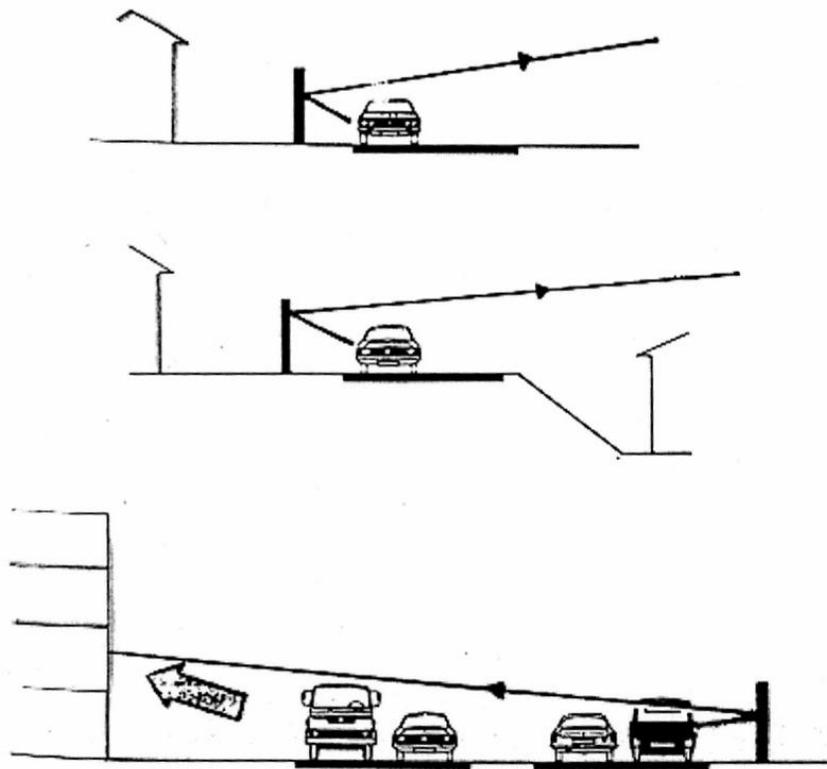


Figura 2.6 Reflexiones inducidas (Artículo “Contaminación Sonora” V. Mestre Sancho.) S.F.

En general, la solución más eficaz para evitar los efectos perjudiciales de las ondas reflejadas por las pantallas consiste en utilizar en su construcción, materiales altamente absorbentes. Esta solución implica un aumento considerable en el costo de las pantallas. En algunos casos, una solución aceptable puede consistir en inclinar una pantalla poco absorbente, de manera que las reflexiones sean encaminadas hacia zonas poco sensibles al ruido. En este caso se recomienda que la inclinación sea de al menos 15 grados con relación a la vertical.

Una de las situaciones típicas en las que los efectos de las reflexiones múltiples sobre las pantallas pueden producir efectos no deseados es el caso de dos pantallas situadas frente a frente a ambos lados de una vía de circulación. El “Centre Scientifique et Technique du Batiment” (C.S.T.B.) de Grenoble (Francia) ha establecido una serie de recomendaciones en cuanto a los sistemas de protección a adoptar en estas situaciones, las cuales se resumen a continuación:

H= altura de las pantallas

L = distancia entre dos pantallas situadas frente a frente

1. $H > L/5$: Es recomendable utilizar materiales absorbentes en las pantallas.
2. $H > L/10$: La decisión de utilizar material absorbente depende del entorno y de la posibilidad de inclinar las pantallas. Es recomendable estudiar la eficacia de ambas soluciones.
3. $H > L/20$: La inclinación de las pantallas es preferible a la utilización de los materiales absorbentes, ya que resulta en general más eficaz.
4. $H < L/20$: La utilización de materiales absorbentes o la inclinación de las pantallas apenas afectan al resultado final.

Es preciso recordar que al inclinar una pantalla hacia el exterior, la altura eficaz de la misma disminuye por lo cual para conseguir la misma eficacia acústica que una pantalla vertical es preciso aumentar ligeramente la altura de las mismas. Por otra parte, si la inclinación de la pared reflectante se consigue mediante el fraccionamiento de la superficie en planos inclinados consecutivos, conviene tener presente que para que la eficacia de las

reflexiones sea adecuada tanto para las altas frecuencias como para las bajas frecuencias, los planos inclinados deberán tener una altura mínima de 2,5 metros.

2.9 DIMENSIONAMIENTO GEOMÉTRICO

Las pantallas acústicas actúan difractando la onda incidente de forma que proporcionan diferentes atenuaciones según las frecuencias de la onda incidente, creando una zona de sombra acústica.

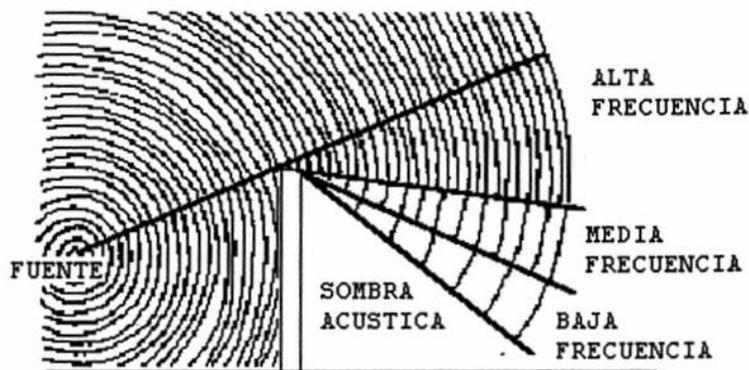


Figura 2.7 Zona de sombra acústica (Pita, 1995)

La resolución matemática de los planteamientos teóricos (principio de Huygens Fresnel) de la difracción de las ondas por efecto de las pantallas resulta excesivamente compleja. En la práctica, para el dimensionamiento y cálculo de la eficacia acústica de las pantallas, se utilizan tablas de resultados obtenidos experimentalmente, que son trasladables de manera aproximada a las situaciones reales.

Para poder abordar el cálculo de la eficacia de las pantallas de un modo que resulte operativo, es preciso establecer una serie de hipótesis significados del fenómeno acústico

que permitan, si bien de un modo meramente aproximativo, obtener las relaciones entre la eficacia de la pantalla y los parámetros fundamentales que influyen en la misma.

Dentro del marco de estas hipótesis, la atenuación producida por las pantallas depende fundamentalmente de los siguientes parámetros:

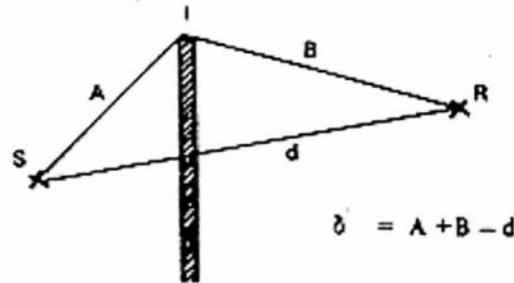


Figura 2.8 Número de Fresnel (Pita 1.995)

- Número de Fresnel $N=2\delta/L$, donde L es la longitud de onda del sonido incidente y δ la diferencia entre el camino más corto para ir de la fuente al receptor pasando por los bordes de la pantalla y la distancia en línea recta entre fuente y receptor $\delta=A+B-d$.
- Altura de la pantalla.
- Longitud de la pantalla.
- Situación relativa con respecto a la pantalla de la fuente y del receptor.
- Factor de reflexión de la pantalla.
- Ángulos que forman las ondas sonoras con relación al parámetro y extremos de la pantalla.
- Coeficiente de absorción del suelo en la zona protegida, que influye sobre la magnitud de las reflexiones en la zona del receptor.

El procedimiento general de cálculo se basa en considerar que la pantalla acústica tiene una longitud infinita y posteriormente efectuar correcciones en función de la longitud real de la misma.

2.9.1 RECOMENDACIONES SOBRE EL DISEÑO GEOMÉTRICO DE LAS PANTALLAS

La eficacia de una pantalla acústica depende entre otros factores de su altura y de su longitud. En principio estos factores se pueden combinar de varias maneras para obtener la eficacia deseada. En general, el proceso de diseño geométrico de las pantallas, comienza por establecer la longitud de la pantalla en función de la extensión de la zona a proteger. Se considera que la longitud tiene que ser tal que el ángulo de cobertura proporcionado al receptor sea superior a 160 grados, es decir que la proporción del ángulo protegido sea superior al 90 por ciento. Cuando se realizan pantallas acústicas paralelas a las vías de circulación, una buena atenuación del ruido exigirá que la longitud de las pantallas sea tal que en los extremos de la zona a proteger, la pantalla se prolongue hasta al menos una longitud superior a 150 metros y que para proteger un único edificio, difícilmente se conseguirán buenas eficacias con longitudes de pantalla inferiores a 300 metros. Para reducir la longitud será preciso cerrar los laterales del receptor con muros perpendiculares a la vía de circulación para atenuar la energía directa recibida por los extremos laterales de la pantalla.

En lo referente a la altura de las pantallas, de una manera general, debe ser tal que desde la zona a proteger la pantalla oculte la carretera, es decir que los posibles receptores estén situados en la zona interior limitada por la línea de sombra, con lo que se asegura que

la energía recibida por el receptor proviene de fenómenos de difracción y reflexión y no de propagación libre directa. En la práctica, salvo en casos excepcionales la altura mínima de la pantalla no debe ser inferior en general a 2 metros. Por lo que respecta a las alturas máximas, no se suelen sobrepasar los 6 a 7 metros ya que, a partir de estas alturas estas barreras resultarían muy costosas, por lo que no sería muy aconsejable su instalación.

Un adecuado diseño geométrico de las pantallas acústicas incluye así mismo un tratamiento de las extremidades de las mismas. En general es recomendable crear zonas de transición en los extremos de las pantallas, bien sea en forma de pendientes regulares que disminuya progresivamente la altura de la pantalla, por medio de elementos discontinuos decrecientes.

Según el grado de absorción y transmisión de las pantallas se pueden clasificar en:

➤ Transmisión:

Se asegura siempre que la masa sea suficiente (mayor de 40kg./M que conlleva una atenuación de más de 25 dB(A).

➤ Absorción:

Clasificando las pantallas según su absorción en:

- Reflectantes : si absorben menos de 4 dB(A)
- Absorbentes: si absorben entre 4 y 8 dB(A)
- Muy Absorbentes: si absorben más de 8 dB(A).

En función de su aislamiento

<i>CATEGORÍA</i>	<i>DLr dB(A)</i>
<i>B0</i>	no ensayada
<i>B1</i>	< 15
<i>B2</i>	15 a 24
<i>B3</i>	> 24

En función de su índice de absorción

<i>CATEGORÍA</i>	<i>DL dB(A)</i>
<i>A0</i>	no ensayada
<i>A1</i>	< 4
<i>A2</i>	4 a 7
<i>A3</i>	8 a 11
<i>A4</i>	> 11

Tabla 2.2 (Manual de Diseño Antirruído en Carretera – Víctor Sánchez B)

Los materiales plásticos transparentes son más resistentes que el vidrio a los impactos y bastante más económicos. Los más utilizados son los policarbonatos y los metacrilatos. El policarbonato ofrece una muy buena resistencia a los choques, a los cambios climatológicos, y al fuego. Es capaz de soportar deformaciones de cierta magnitud sin deteriorarse, y presenta la ventaja que en caso de choque brusco no estalla. Sus inconvenientes son su elevado costo, su susceptibilidad a ser rayado, y la pérdida de transparencia.

El metacrilato es más económico que el policarbonato y ofrece mejores condiciones de durabilidad de la transparencia. Sin embargo, es bastante sensible a las variaciones de la temperatura, puede estallar ante un choque brusco, y al igual que el policarbonato, se raya con relativa facilidad.

Los materiales plásticos transparentes se utilizan en la construcción de pantallas en paneles de espesores entre 8 y 10 mm. Su desventaja es su elevado costo de mantenimiento.

Pantallas de madera: Las pantallas de madera han sido utilizadas en algunos países nórdicos y centroeuropeos dados el valor estético de este material, que tiene una gran aceptación por parte de la población. Para asegurar una buena eficacia de la pantalla debe asegurarse que el material resista el ataque de los agentes externos. Se suelen utilizar dos tipos de soluciones:

- **Maderas de alta densidad.** Se trata de maderas exóticas y tropicales, que resisten bien a la intemperie y poseen una gran durabilidad sin necesidad de tratamiento.
- **Maderas tratadas para su uso en exteriores.** En general se suelen utilizar formando paredes dobles con una lámina de aire en su interior para garantizar unas buenas condiciones de aislamiento.

El espesor de la madera suele ser del orden de 3 a 4 cm. Pueden ser reflejantes o absorbentes (formando paneles tipo sándwich con material poroso en su interior).

Pantallas de espuma de arcilla: La espuma de arcilla es un material cerámico de porosidad abierta que se utiliza, en las pantallas, combinada con otros materiales que le sirven de estructura portante.

Pantallas de ladrillos absorbentes: se trata de ladrillos perforados en una de sus caras que consiguen sus propiedades de absorción acústica gracias a su funcionamiento como resonadores. En otros casos, un material absorbente en su interior es el responsable de sus cualidades acústicas.

Pantallas de plástico: pueden consistir en elementos macizos de características aislantes o paneles sándwich con material fonoabsorbente en su interior.

Pantallas de GRC: el GRC (Glass Reinforced Concrete, hormigón reforzado con fibra de vidrio) actúa como elemento estructural y aislante. Cuando se precisen propiedades fonoabsorbentes, la pantalla será de tipo sándwich con material apropiado en su interior .

Pantallas "jardinera": solo son factibles en zonas con suficiente disposición de espacio y donde se garantice el mantenimiento de la vegetación.

2.9.2 FORMAS (INFLUENCIA DE LA FORMA EN LA DIFRACCIÓN)

Otra de las características a estudiar en una pantalla que afecta a su eficiencia es la forma de la pantalla, pudiendo establecer así otro tipo de clasificación.

Dado que la dirección del sonido sobre el concreto de la pantalla es la que condiciona la eficacia de la misma, se han llevado han cabo investigaciones en todo el mundo, con objeto de evaluar la variación de dicha eficacia en función de la sección transversal del apantallamiento.

Aunque la mejora de la eficacia no es muy alta, el empleo de perfiles especiales puede ser interesante por razones estéticas, para permitir mayor libertad creativa y para evitar alturas excesivas de la pantalla (ya que por encima de los 4 metros de altura, la relación beneficio/costo de la pantalla disminuye considerablemente).

➤ Pantalla continua en línea recta:

Puede estar constituida por todo tipo de materiales, en función de los cuales se obtendrán distintas características de absorción que pueden variar entre 15 y 22 dB(A). Este tipo de pantallas se aplican en carreteras que necesitan una reducción importante del ruido, con espacios laterales reducidos tales como medios urbanos e industriales.

Este tipo de pantallas presenta una buena eficacia acústica y buena protección contra el fuego. Como desventajas están la intrusión visual para los usuarios de las carreteras y dificultades para el mantenimiento del carril de parada.



Figura. 2.9: Pantallas Continuas en línea recta

En Japón sobre este tipo de pantallas se coloca un llamado "reductor de ruido" que consiste en un cuerpo que absorbe el ruido, fijado en lo alto de la pantalla con objetos de reducir este sin aumentar su altura.



Figura 2.10: Pantallas Discontinuas.

➤ Pantallas discontinuas:

Puede estar constituido por materiales como hormigón armado, aluminio o acero con material absorbente o combinación de éstos con materiales transparentes.

Su colocación se plantea en carreteras con una necesidad importante de la reducción del ruido con espacio lateral disponible medio y con necesidad de ver el panorama detrás de la carretera. Presentan una buena eficacia acústica y buena protección contra el fuego, pero el coste de mantenimiento es mayor. Se puede obtener una reducción entre 17 y 22 dB(A)

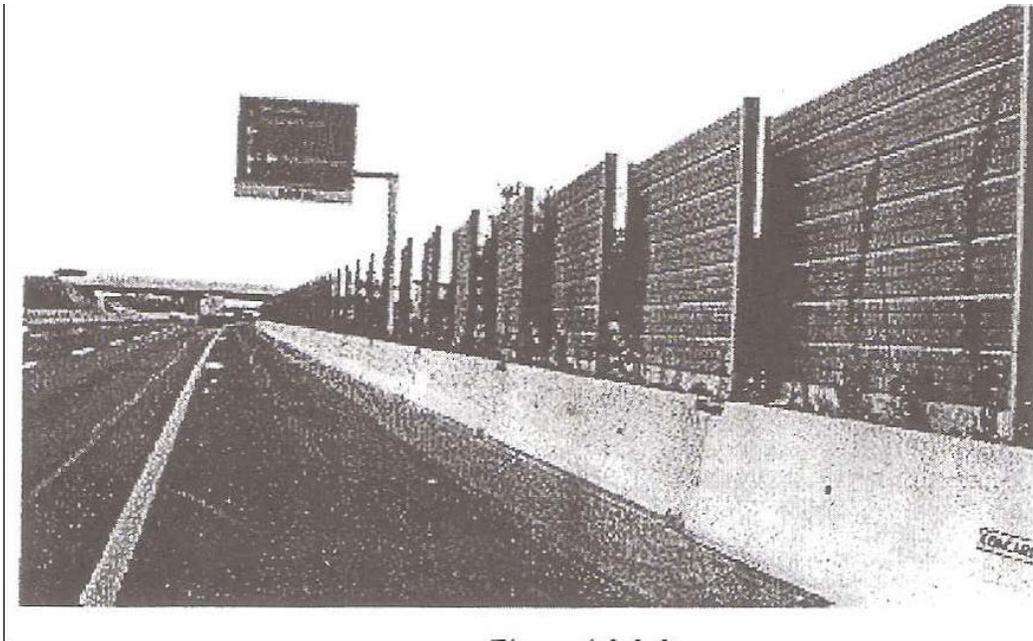


Figura 2.11: Pantallas con base de protección (Continua/Discontinua)

- Pantallas en línea recta continuas/discontinuas con barrera protectora en su base, antichoque:

Pueden estar constituidas por paneles de hormigón armado, aluminio, acero, madera, o también mezcla de éstos con paneles transparentes. Su colocación se plantea en carreteras que necesitan una disminución importante del ruido en con espacios laterales limitados y con necesidad de barrera de seguridad.

Este tipo de pantallas tienen las mismas ventajas que las pantallas continuas y discontinuas con el añadido de una protección mayor para los automovilistas.

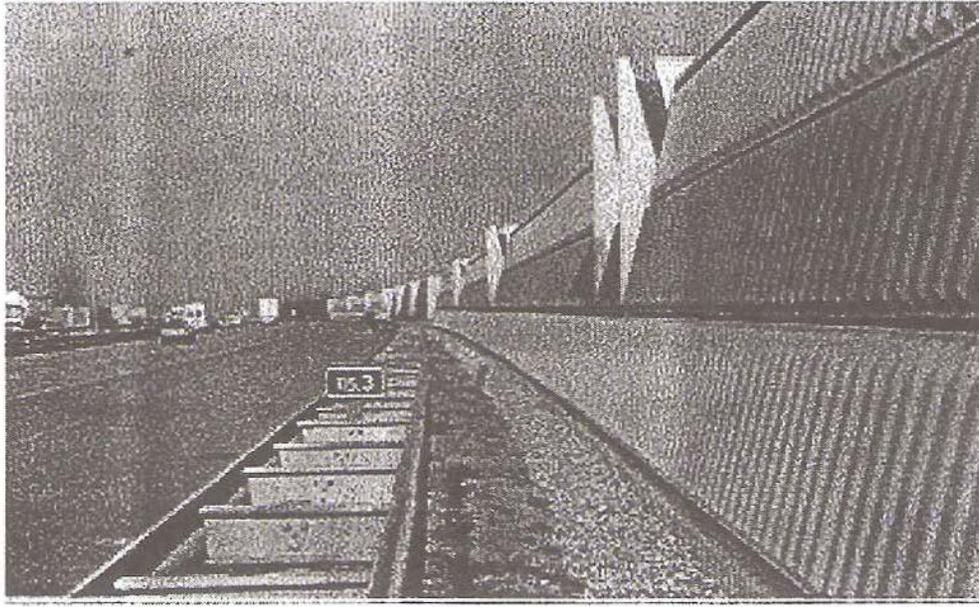


Figura 2.12: Pantallas Arquitectónicas

➤ Pantallas arquitectónicas:

Están compuestas con formas y concepción artísticas, en color, formadas por diversos materiales. Normalmente son aislantes y raramente absorbentes. Con este tipo de pantallas se busca una armonía con el medio a cambio de unos costes más elevados de construcción y mantenimiento.

➤ Pantalla total:

Son pantallas continuas con tableros fónicos en plástico por encima de la carretera. Son principalmente absorbentes y se construyen en carreteras que necesitan una gran disminución del ruido.

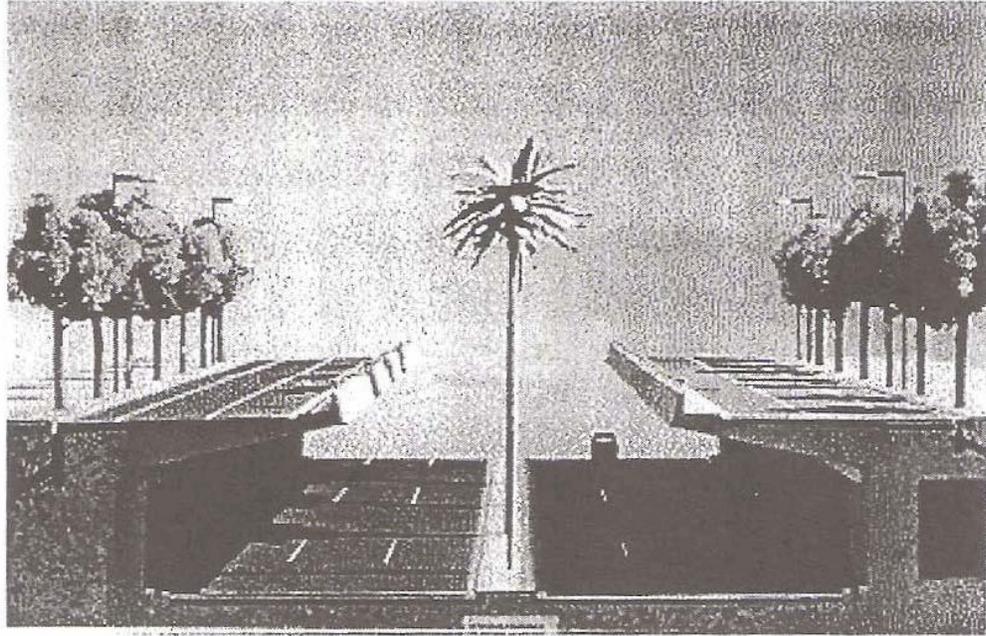


Figura 2.13: Pantalla Total

2.10 UBICACIÓN DE LA PANTALLA CON RESPECTO A LA VÍA DE CIRCULACIÓN

Para poder obtener un máximo de eficacia acústica conviene que las pantallas se hallen situadas lo más próximo posible a la fuente sonora. En gran parte de los casos, la colocación de las pantallas estará condicionada por la disponibilidad de terreno y por la necesidad de garantizar ciertas condiciones de seguridad para el tráfico de la vía de circulación.

Siempre que sea posible, y dependiendo de las características de la zona que se desee proteger, se tenderá a colocar las pantallas en el borde de las plataformas de las

carreteras, de modo que no se afecte a la circulación. En las vías de circulación en las que exista un desmonte o una trinchera, la eficacia máxima se obtendrá situando las pantallas en la parte alta del desmonte o en la coronación de los muros de contención de tierras.

CAPITULO III

3.1 METODO

La metodología a desarrollar para la ejecución y búsqueda de soluciones al tema planteado, esta clasificada en diferentes fases, las cuales se definen a continuación:

3.1.1 FASE DE EXPLORACIÓN

Esta fase se inicia con visita de trabajo de campo en la que se ejecuto una inspección visual de los laterales del corredor vial en estudio, elaborándose un inventario de las condiciones físico-espacial y de las variables urbanas, mostradas en las tablas 3.1 y 3.2 que se señalan a continuación, obteniendo los siguientes parámetros:

1. Distancia entre la residencia receptora y el borde de la vía.
2. Ubicación aproximada de la ventana expuesta en la segunda planta.
3. Altura procedencia del ruido.
4. Altitud punto de recepción p/encima punto procedencia.
5. Uso del Suelo

TABLA 3.1 Inventario Físico Vialidad Principal Alrededores Laterales Parcela Sitio De Levantamiento Información (Fuente Propia)

VIA/TRAMO	SENTIDO DE CIRCULACIÓN	# CANALES POR SENTIDO CALZADA (10,20 m)	ESTACIONA M. LATERAL	ACERAS (m)	ALTURA Vivienda (m)	Nº PISOS VIVIENDA	RETIROS (m)	Dist. Entre calzada y vivienda (m)	Dist. Entre calzada y lindero (m)	Isla (m)	ZONA VERDE	
LATERAL SUR PROTER & GAMBLE-CENTRO MEDICO LA TRINIDAD	O-E	3	3.60 X 3	NO	3,16	12	4	9	13	9	0,6	SI
LATERAL NORTE PROTER & GAMBLE-CENTRO MEDICO LA TRINIDAD	E-O	3	3.60 X 3	NO	1,37	NO	NO	5,5	6,87	6,87	0.6	SI
LATERAL SUR INTERCEPCIÓN CENTRO MEDICO LA TRINIDAD - URB. LA ESMERALDA	O-E	3	3.60 X 3	NO	1,17	22	11	10	11,17	1,17	0,6	SI
LATERAL NORTE INTERCEPCIÓN CENTRO MEDICO LA TRINIDAD - URB. LA ESMERALDA	E-O	3	3.60 X 3	NO	1,17	19,8	9	4	11,67	1,37	0,6	SI
LATERAL SUR CIED - URB. LA ESMERALDA	O-E	3	3.60 X 3	NO	1,37	8	2	13	14,36	2,91	0,6	NO
LATERAL NORTE CIED - URB. LA ESMERALDA (FARMATODO)	E-O	3	3.60 X 3	NO	1,44	10	4	10	11,44	1,83	0,6	NO

TABLA 3.2 Inventario de laterales parcelas usos de suelos y distancias - Corredor Vial La Trinidad - La Boyera (Fuente Propia)

LATERAL	NOMBRE INMUEBLE	Retiro (m)	DESCRIPCIÓN INMUEBLE	CALLE ACCESO	USO DE SUELO
LATERAL SUR PROTER & GAMBLE-CENTRO MEDICO LA TRINIDAD	Edificio Empresa Proter&Gamble	9	Edificio	Sorocaima	Institucional
LATERAL NORTE PROTER & GAMBLE-CENTRO MEDICO LA TRINIDAD	Centro Comercial en Construcción	5,5	Centro Comercial	El Hatillo	Comercial
LATERAL SUR INTERCEPCIÓN CENTRO MEDICO LA TRINIDAD - URB. LA ESMERALDA	Centro Médico Docente La Trinidad	10	Clínica	El Hatillo	Institucional
LATERAL NORTE INTERCEPCIÓN CENTRO MEDICO LA TRINIDAD - URB. LA ESMERALDA	Edificio Residencias Gina	4	Edificio	Gamelotal	Residencial
LATERAL SUR CIED - URB. LA ESMERALDA	Farmatodo	13	Mini Centro Comercial	La Esmeralda	Institucional
LATERAL NORTE CIED - URB. LA ESMERALDA (FARMATODO)	Edificio La Alquería	10	Edificio	La Esmeralda	Residencial

3.2 SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE MEDICION

Para conocer las estaciones de medición de ruidos en este corredor vial, se ubicaron los laterales más críticos con diferentes características, correspondientes al área de influencia de estudio; tomando en cuenta: el uso de suelo afectado, tipo y volumen de tránsito, zona de aceleración o reducción de velocidad, accesibilidad y seguridad del sitio que garanticen la toma de medidas, así como evitar ruidos de fondos productos de las reparaciones de vías o eventos especiales que puedan alterar los decibeles normales que se originan en este tramo vial.

Las estaciones de mediciones se llevaron a cabo en seis laterales de tres tramos del corredor vial, distanciadas cada 500 m aproximadamente, ubicada en:

1. Av. El Hatillo-Proter&Gamble- Urb.Sorocaima -Centro Medico (lateral norte y sur)
2. Av. El Hatillo – Urb. La Esmeralda- Centro Medico la Trinidad (lateral norte y sur)
3. Av. El Hatillo-Urb.La Esmeralda-CIED- Farmatodo.(lateral norte y sur)

3.3 DESARROLLO DEL MUESTREO

Para el desarrollo del muestreo, se estableció un tiempo de medición de parámetros, considerando el flujo vehicular en las horas de mayor afluencia (horas pico), matutinas y vespertina durante ochos días incluyendo fines de semanas.

Las mediciones se realizaron siguiendo los siguientes procedimientos:

1. Se realizó la calibración del sonómetro mediante auto calibración por sensibilidad del micrófono antes y después de realizar cada medición.
2. El equipo de medición se colocó en la mano del operador a una altura de 1,20 m del suelo y el micrófono se orienta hacia los vehículos, que son la fuente generadora del ruido, en la estación de ruido elegida.
3. El monitoreo se realizó durante 15 minutos por lateral, en respuesta lenta ponderada A.
4. Una vez finalizado el registro asentamos los valores obtenidos en una planilla de medición de ruidos, ver (Anexo H)
5. Se obtuvieron registros de:
 - Nivel Máximo dB (A)
 - Nivel Mínimo dB (A)
 - Nivel Promedio dB (A)

3.4 EQUIPO EMPLEADO

Para las mediciones de ruidos en los diferentes laterales del corredor vial se utilizo un sonómetro marca Quest 2900 en modo de operación con filtro de ponderación A y repuesta rápida con certificado vigente, el cual fue suministrado por la Alcaldía de Baruta.

3.5 OTROS INSTRUMENTOS

Se utilizo una cinta métrica para realizar el inventario físico de los laterales en estudio y una serie de fotografías levantadas en el sitio.

3.6 METODO DEL CÁLCULO DE LA ALTURA BARRERA

Para calcular la altura de la barrera se toma en consideración el valor máximo de nivel de ruido siendo este el más desfavorable.

Utilizando el nomograma diseñado por FOSS,1993, ver Figura 2.4, midiendo la distancia (A) desde la fuente sonora a la barrera y la distancia (B) desde la barrera al receptor .Con estas distancias (A) y (B) se entro al ábaco y se determino la relación V/H ,factor de inclinación, según la altura acústica de la barrera sea positiva o negativa, es decir esté por encima o por debajo de la rasante del corredor vial, se utilizara el nomograma (a) o el (b) .

Luego con V/H y el valor del nivel sonido que necesitamos reducir (RHS) en dB(A), entro al nomograma y obtenemos la altura de la barrera.

3.7 METODO PARA EL CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA BARRERA

Para el cálculo de la longitud de las barreras se tomaron directamente la distancia paralela a la dirección de la vía., tomando en cuenta los obstáculos, árboles existentes y considerando la longitud de interrupción cuando se consigue una vía de acceso para evitar que el ruido pueda bordear sus extremos y llegar al receptor y que facilite el acceso local.

Para reducir la longitud será preciso cerrar los laterales del receptor con muros perpendiculares a la vía de circulación para atenuar la energía directa recibida por los extremos laterales de la pantalla

La longitud de interrupción va a depender del tipo de acceso, como Y, T o X y la otra variable a considerar son los linderos de las parcelas adyacentes.

CAPITULO IV

4.1 ANALISIS Y RESULTADOS

En función de la metodología aplicada en la cual se obtuvieron datos de mediciones realizadas con referencia a la contaminación sónica, inventario físico y usos de suelo, procedemos a los análisis de las condiciones existentes en la zona, conforme con los decibeles que a diario se emiten. Estos análisis consisten en:

1. Los niveles de ruidos en los laterales del corredor vial La Trinidad la Boyera, de acuerdo con las mediciones obtenidas son excesivos con relación a los niveles máximos permitidos, según Normas sobre el control de la contaminación generadas por ruidos (Gaceta Oficial N° 4418, Decreto 2217 de fecha 27/04/1992), debido al flujo vehicular en la zona, sobre todo en las horas picos, considerando que la variable representativa del lugar es residencial con viviendas multifamiliares o apareadas con escasos comercios vecinales que no se ubican en el borde de vías, por lo que le correspondería un máximo decibel tolerable de 60 dB(A) durante horas matutinas y vespertinas.
2. En cuanto al inventario físico espacial, se determino que la fuente emisora de ruido está muy cercana a los inmuebles residenciales cuyos espacios son muy reducidos para la colocación de las barreras antirruídos. En este sentido, dichas barreras han de ser colocadas adyacentes a la calzada en los laterales de la vía.
3. El escenario marcado dentro de la planificación del Urbanismo, según niveles y regulaciones es residencial en su mayoría, comercial y asistencial, por lo que puede caracterizarse como tramo de vías con mucha afluencia de usuarios para traslado a los distintos destinos en forma frecuente, permitiéndose la mayor circulación de medio de transporte.

4.1.2 RESULTADOS

Los resultados obtenidos para la reducción de emisión sónica generada en los tramos del corredor vial en estudio se especifican en los cuadros y gráficos siguientes:

Tramo Av. El Hatillo-Procter & Gamble

En este tramo, se observa que el máximo nivel de ruido en ambos laterales ocurre en el horas vespertinas cuyo valor es de 97.2 dB (A) lo que representa la mayor concentración de ruidos.

Tabla 4.1

Niveles de Ruidos en los laterales del Tramo Av. El Hatillo-Procter&Gamble (Fuente Propia)

TRAMO 1	DÍA	MAÑANA		TARDE	
		DB Max DE LA MUESTRA POR DÍA (MAÑANA) L SUR	DB Max DE LA MUESTRA POR DÍA (MAÑANA) L NORTE	DBMax DE LA MUESTRA POR DÍA (TARDE) L SUR	DBMax DE LA MUESTRA POR DÍA (TARDE) L NORTE
Martes	12/08/08	82,4	88,1	90,9	96,4
Jueves	14/08/08	83,1	88,8	91,6	97,2
Sábado	16/08/08	82,6	88,4	91,2	96,7
Domingo	17/08/08	64,3	68,7	70,9	75,2
Miércoles	20/08/08	82,2	87,9	90,7	96,2
Jueves	21/08/08	82,8	88,5	91,4	96,9
Sábado	23/08/08	82,1	87,8	90,6	96,1
Miércoles	27/08/08	83,0	88,8	91,6	97,2

TRAMO 1 DB Max (MAÑANA) L SUR DE TODA LA MUESTRA: 83,1

TRAMO 1 DB Max (MAÑANA) L NORTE DE TODA LA MUESTRA: 88,8

TRAMO 1 DB Max (TARDE) L SUR DE TODA LA MUESTRA: 91,6

TRAMO 1 DB Max (TARDE) L NORTE DE TODA LA MUESTRA: 97,2

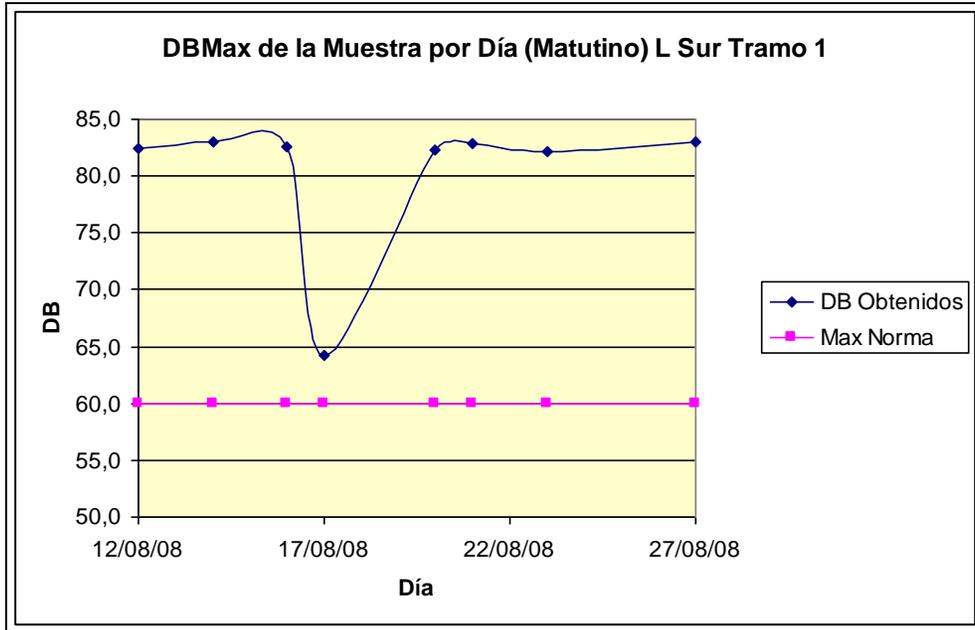


Gráfico 4.1

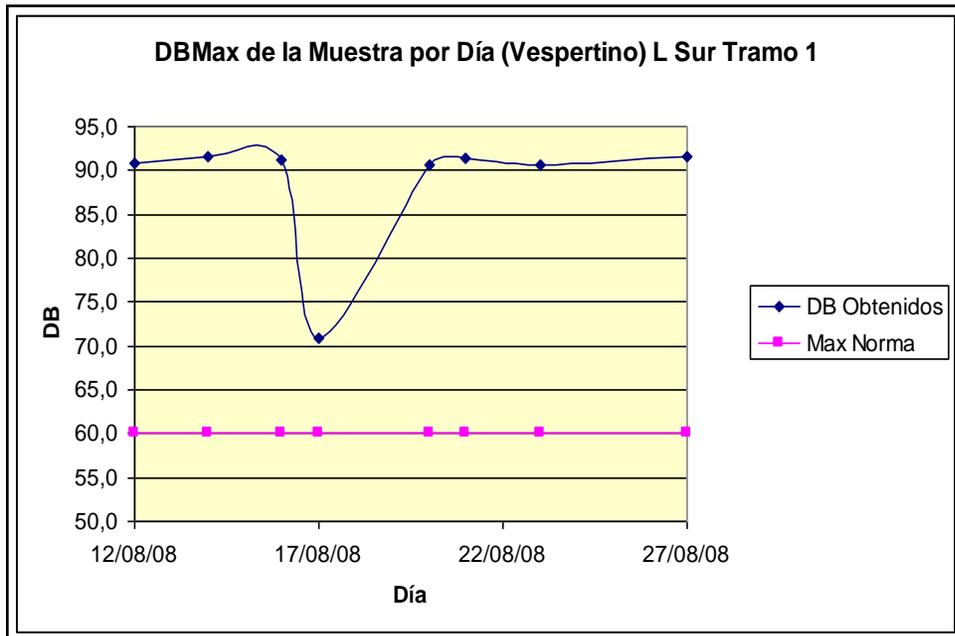
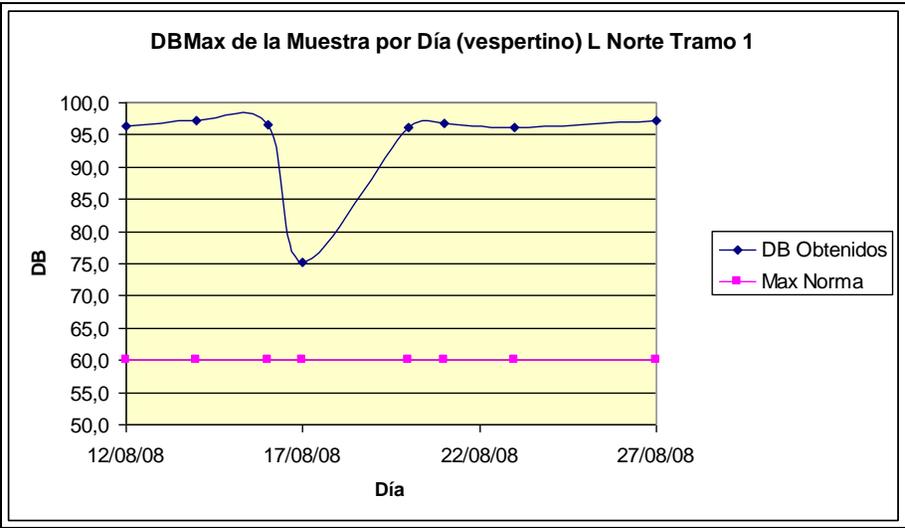


Gráfico 4.2

En las graficas 4.1 y 4.2 anteriores, el punto de coordenada más bajo corresponden a la medición de ruidos del día domingo 17/08/2008 y el mismo aun se encuentran por encima del nivel máximo permitido por las Normas, debido al gran flujo vehicular que se dirige hacia la población del Hatillo los fines de semana; quedando el rango de las mediciones analizadas, bajo los mismo valores aproximados de 96 dB (A) a 98dB(A).



Grafica 4.3



Figura 4.1: Lateral Norte Av. El Hatillo-Procter & Gamble

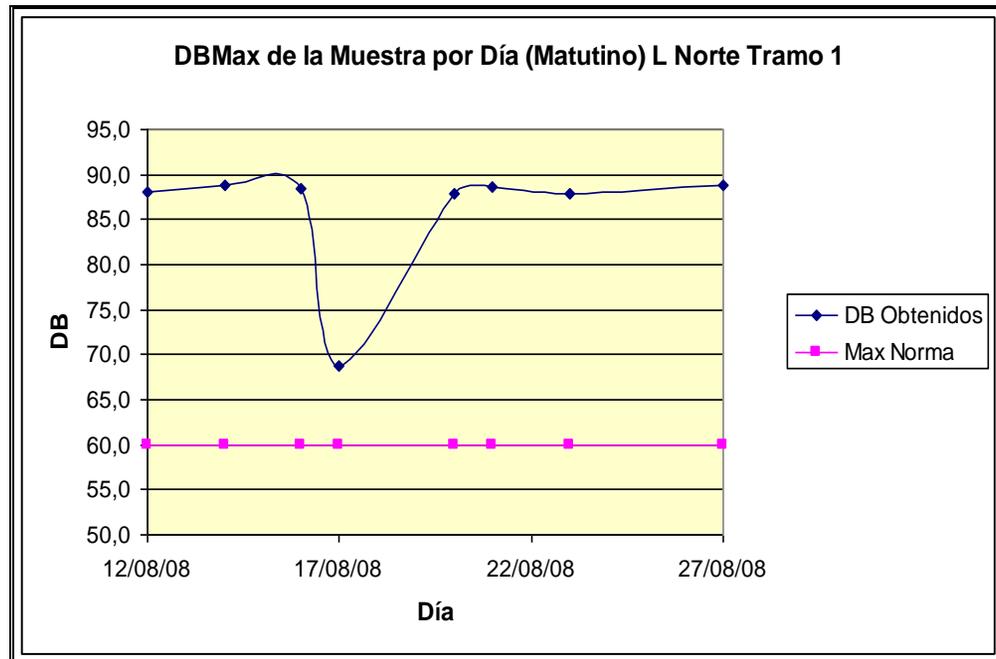


Gráfico 4.4

En los gráficos anteriores se puede analizar que los niveles de ruido en este tramo de corredor vial están por encima de los permitidos por el Decreto 2217, por lo que se concluye que los habitantes de esta zona Residencial Comercial se ven afectados por los ruidos generados por los vehículos automotores que transitan por la vía y se hace necesario tomar medidas de control y mitigación del ruido por medio de pantallas antirruidos.

Se implementará una barrera acústica para este tramo de vía, que lo conforman el Edificio de la Procter & Gamble y la Urb. Sorocaima, por lo que se obtuvieron los siguientes datos:

- Distancia entre el Edificio receptor y el borde de la vía=10.2 m
- Ubicación aproximada a la ventana expuesta en la segunda planta=7.20 m.
- Altura procedencia del ruido=0,50 m.
- Distancia entre la Ubicación de la pantalla a la fuente sonora=3.00 m.

El suelo entre el conjunto de edificaciones y la vía esta nivelado y lo conforman 5 m de resguardo de área verde y 3,16 m de acera.

Solución: Se diseña la barrera tomando en consideración el máximo valor de 91,6 dB(A), que es la condición mas desfavorable y según las normas sobre el “Control de la Contaminación generada por ruido” Gaceta Oficial N° 4.418 del 27 de abril de 1992, por lo cual este corredor vial se clasifica como “Zona II Residencial con viviendas multifamiliares o apareadas con escasos comercios vecinales”, donde el máximo valor de ruido máximo permisible es 60 dB (A). Utilizando los ábacos FOSS, se obtienen los siguientes resultados:

Altura (H)

Distancia (A)= 3 m factor V/H H RSN (Reducción de Ruido), ver (Anexo A)

Distancia (B)=7,20 m 0,3 3 30

La altura de la barrera es 3 m y la longitud 400 m. ver (Anexo B)

Tramo Av. El Hatillo-Centro Medico la Trinidad

Tabla 4.2

Niveles de ruidos en laterales del tramo Av. El Hatillo-Centro Medico La Trinidad (Fuente Propia)

TRAMO 2	DÍA	MAÑANA		TARDE	
		DBMax DE LA MUESTRA POR DÍA (MAÑANA) L SUR	DBMax DE LA MUESTRA POR DÍA (MAÑANA) L NORTE	DBMax DE LA MUESTRA POR DÍA (TARDE) L SUR	DBMax DE LA MUESTRA POR DÍA (TARDE) L NORTE
Martes	12/08/08	93,2	91,8	88,4	88,9
Jueves	14/08/08	93,9	92,5	89,1	89,6
Sábado	16/08/08	93,5	92,1	88,7	89,2
Domingo	17/08/08	72,7	71,6	69,0	69,3
Miércoles	20/08/08	93,0	91,6	88,2	88,7
Jueves	21/08/08	93,7	92,3	88,8	89,3
Sábado	23/08/08	92,9	91,5	88,1	88,6
Miércoles	27/08/08	93,9	92,5	89,1	89,6

TRAMO 2 DBMax (MAÑANA) L SUR DE TODA LA MUESTRA: 93,9

TRAMO 2 DBMax (MAÑANA) L NORTE DE TODA LA MUESTRA: 92,5

TRAMO 2 DBMax (TARDE) L SUR DE TODA LA MUESTRA: 89,1

TRAMO 2 DBMax (TARDE) L NORTE DE TODA LA MUESTRA: 89,6

En la tabla 4.2 se puede observar que los niveles máximos de ruidos fueron obtenidos en horas de mañana, debido a que los pobladores de la zona hacen uso excesivo del tramo de vía, y estos ruidos cuyos valores se reflejan en el cuadro están por encima de los valores permitidos por la norma.

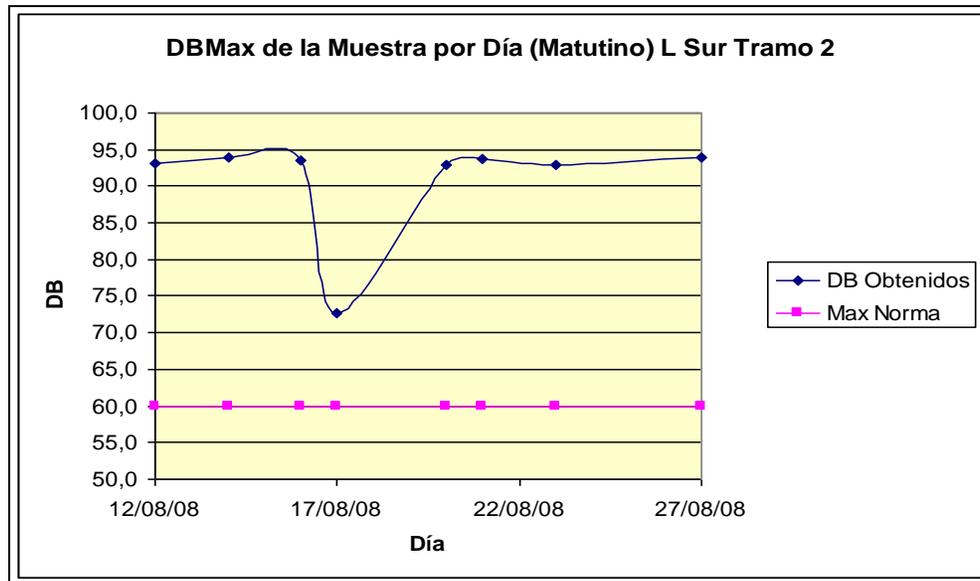


Gráfico 4.5

Con relación a los datos expresados en la tabla 4.2 se pudo obtener la curva de nivel de decibeles mostrada como se indica en la gráfica 4.5 señalando que el punto mas bajo de la curva esta por encima de la norma máxima permisible correspondiente al día domingo en el que el flujo de vehículos es de menor frecuencia, debido a la cantidad de personas que se dirigen a esta zona.

En este lateral se ubica el Centro Medico La Trinidad, Centro Asistencial, que genera una demanda considerable de vehículos en destino a dicho servicio de salud.

En este mismo lateral se pudo determinar la existencia de un talud de 2 m de altura con vegetación que de acuerdo a su ubicación, paralelo a la vía ayuda a la absorción de los niveles de ruidos, en este sentido no se precisa la colocación de una barrera antirruído en el tramo.



Figura 4.2 Talud Centro Medico La Trinidad



Figura 4.3 Centro Comercial Total Mart

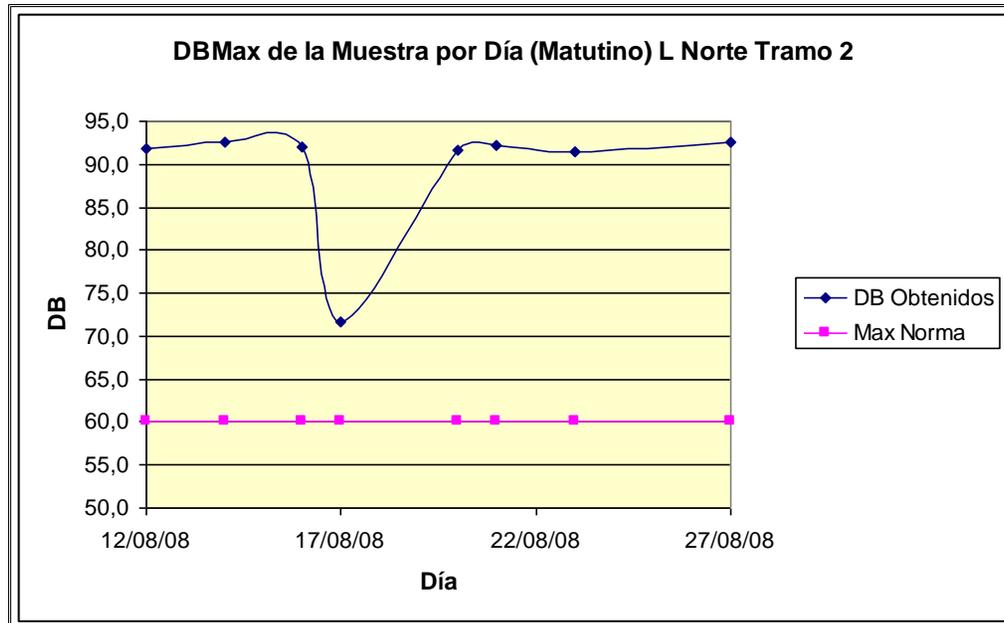


Grafico 4.6 (Fuente Propia)

En este lateral de la vía se puede analizar según grafica 4.6 que los niveles de ruidos están por encima de los niveles máximos permitidos por las normas de ruido.

En el mismo se puede observar a que existe una parada de Autobuses y Metrobús además se encuentra ubicado en la intersección un semáforo, que produce una parada obligatoria de los vehículos que vienen bajando por este corredor vial dirección Oeste-Este, por lo que los mismos al continuar su trayectoria producen niveles de ruidos, afectado a los pobladores de las Resd. Gina, Resd. Ana Cristina y Resd. Claudia, que están ubicadas muy cerca de la calzada de la vía y los mismos están expuestos de una manera directa a los niveles de ruidos, lo que hace necesario la colocación de una barrera antirruído que pueda atenuar esta contaminación acústica.

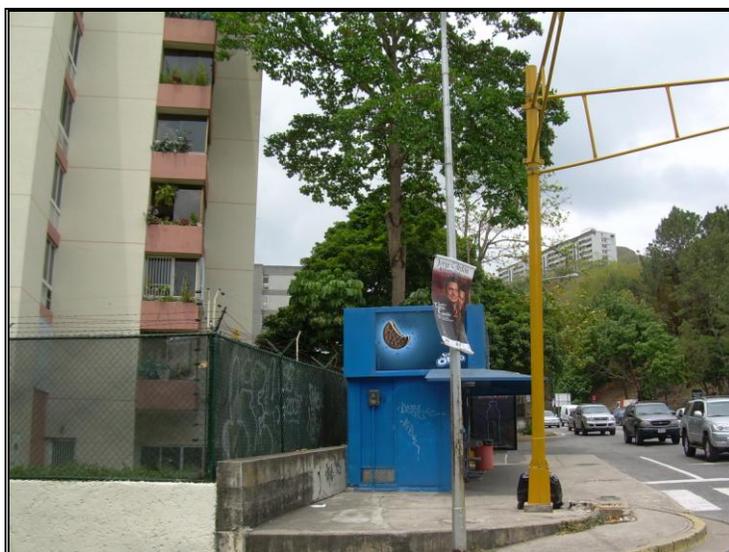


Figura 4.4 Residencias Gina

Se implementará una barrera acústica para este lateral de la de vía, que lo conforman las Residencias Gina, Resd. Ana Cristina y Resd. Claudia, en la misma se obtuvieron los siguientes valores:

- Distancia entre el Edificio receptor y el borde de la vía=8.97 m
- Ubicación aproximada a la ventana expuesta en la segunda planta=5 m
- Altura procedencia del ruido=0,50 m
- Distancia entre la Ubicación de la pantalla a la fuente sonora=3,60 m.

El suelo entre el conjunto de Edificaciones y la vía esta desnivelado y existe como lindero un muro de 0,80 m con un desnivel de 2 m a la planta baja del edificio con una malla de ciclón protectora lateral, hasta completar los 2 m de acera.

Solución: Se diseña la barrera utilizado como criterio de diseño el máximo valor de 93.9 dB(A), ya que es la condición mas desfavorable y según las normas sobre el “Control de Ruido” Gaceta Oficial N° 4.418 del 27 de abril de 1992, este corredor vial se clasifica como

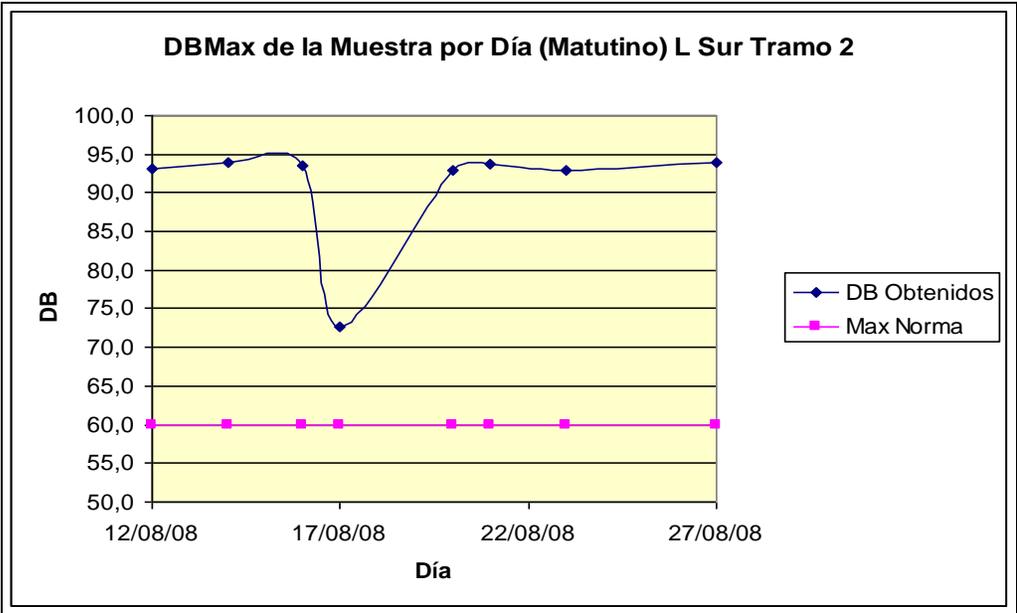
Zona II Residencial con viviendas multifamiliares o apareadas con escasos comercios vecinales, donde el valor de ruido máximo permisible es 60 dB (A). Utilizando los ábacos FOSS, se obtienen los siguientes resultados:

Altura (H)

Distancia (A)= 3,60 m factor V/H H RSN (Reducción de Ruido), ver (Anexo D)

Distancia (B)=8,97 m 0.3 3 33

La altura de la barrera es 3 m y la longitud 1000 m, ver (Anexo E)



Grafica 4.7 (fuente propia)

En este lateral sur del corredor vial según grafica 4.7 se puede observar que los niveles de ruidos son altos y sobrepasan los limites permisibles pero debido a que las Residencias La Arboleda, Urb. Piedemonte, se encuentran ubicadas en una colina, la misma

esta protegida con un muro de contención, que hace de pantalla antirruído, por que mitiga los ruidos producidos por los vehículos circulantes y además estas residencias están alejadas del foco de contaminación sonora, por lo que este tramo de corredor no necesita la colocación de una barrera acústica.



Resd. La Arboleda

Figura 4.5 Urb. Piedemonte

Tramo Av. El Hatillo-Urb. La Esmeralda-Cied-Farmatodo

Tabla 4.3

Niveles de ruidos en el Tramo Av.-El Hatillo-Ub..La Esmeralda-Farmatodo-Cied

TRAMO 3	DÍA	MAÑANA		TARDE	
		DB Max DE LA MUESTRA POR DÍA (MAÑANA) L SUR	DB Max DE LA MUESTRA POR DÍA (MAÑANA) L NORTE	DB Max DE LA MUESTRA POR DÍA (TARDE) L SUR	DB Max DE LA MUESTRA POR DÍA (TARDE) L NORTE
Martes	12/08/08	98,0	85,4	91,0	92,1
Jueves	14/08/08	98,8	86,1	91,7	92,8
Sábado	16/08/08	98,3	85,7	91,3	92,4
Domingo	17/08/08	76,4	66,6	71,0	71,8
Miércoles	20/08/08	97,8	85,2	90,8	91,9
Jueves	21/08/08	98,5	85,8	91,5	92,6
Sábado	23/08/08	97,7	85,1	90,7	91,8
Miércoles	27/08/08	98,8	86,1	91,7	92,8

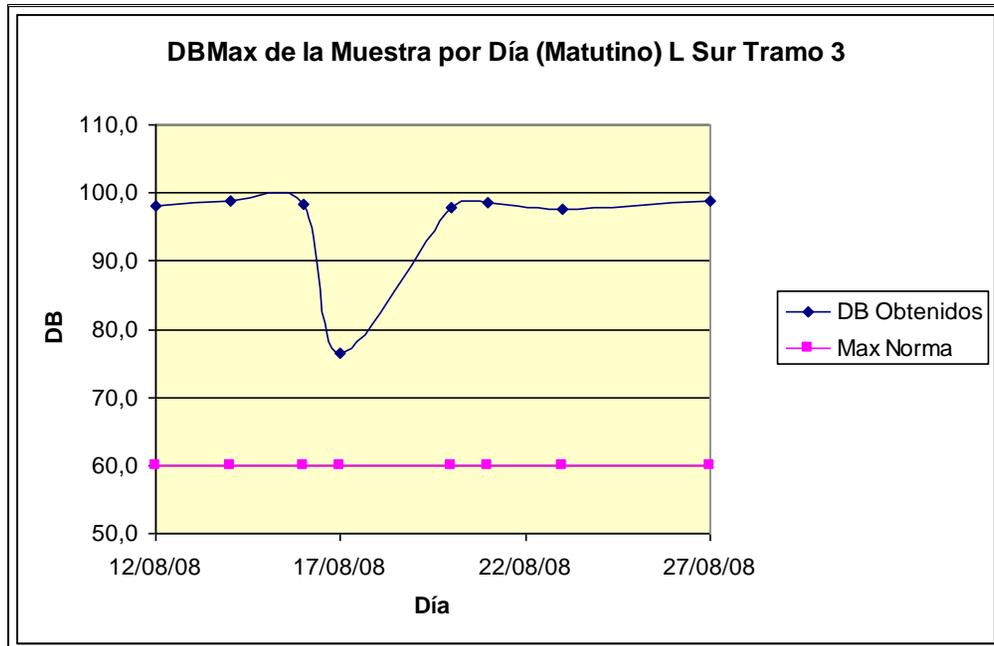
TRAMO 3 DB Max (MAÑANA) L SUR DE TODA LA MUESTRA: 98,8

TRAMO 3DB Max (MAÑANA) L NORTE DE TODA LA MUESTRA: 86,1

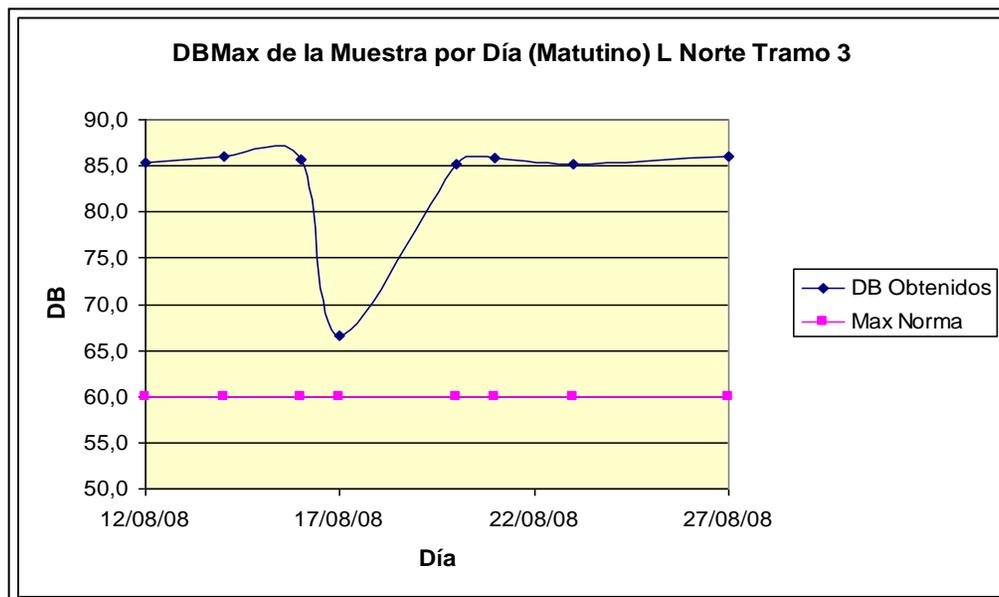
TRAMO 3 DB Max (TARDE) L SUR DE TODA LA MUESTRA: 91,7

TRAMO 3 DB Max (TARDE) L NORTE DE TODA LA MUESTRA: 92,8

En este cuadro 4.3 se puede observar que el máximo valor de ruido se produce en el lateral sur donde esta situado un pequeño centro comercial Total Mart, por lo que hay gran afluencias de visitantes al mismo (Farmatodo).En este lateral no hay viviendas residenciales.



Gráfica 4.8 (fuente propia)



Gráfica 4.9 (fuente propia)

En la grafica 4.8 y 4.9 se puede ver que los niveles de ruidos en estos laterales están por encima de los permisibles por las normas.

En el lateral norte de este tramo se encuentran ubicado en un sector residencial donde se ubican varias edificaciones (Urb. La Esmeralda) afectadas por estos niveles de contaminación sonora, en especial la esquina donde se encuentra las Red. Algueria, ya que la misma esta muy cerca de la calzada de la vía por lo que se hace necesario la colocación de una barrera antirruídos para disminuir los niveles sonicos existentes.



Figura 4.6 Residencias Algueria

Se implementará una barrera acústica para este lateral de la de vía, que lo conforman las Red. Algueria, Urb. La Esmeralda y el Cied, en el mismo se obtuvieron los siguientes valores:

- Distancia entre el Edificio receptor y el borde de la vía=13,83 m
- Ubicación aproximada a la ventana expuesta en la segunda planta=5 m
- Altura procedencia del ruido=0,50 m
- Distancia entre la Ubicación de la pantalla a la fuente sonora=2,00 m.

El suelo entre el conjunto de Edificaciones y la vía esta nivelado y existe como lindero una cerca de malla de ciclón de 1.83 m y una zona verde con árboles.

Solución: Se diseña la barrera tomando en consideración el máximo valor de decibeles 92.8 dB(A), ya que es condición mas desfavorable y según las normas sobre el “Control de Contaminación generada por ruido” Gaceta Oficial N° 4.418 del 27 de abril de 1992, este corredor vial se clasifica como Zona II Residencial con viviendas multifamiliares o apareadas con escasos comercios vecinales, donde el valor de ruido máximo permisible es 60 dB (A). Utilizando los ábacos FOSS (a), se obtienen los siguientes resultados:

Altura (H)

Distancia (A)= 2 m factor V/H H RSN (Reducción de Ruido), ver (Anexo C).

Distancia (B)=13.83 m 0.25 3 33

La altura de la barrera es 4.5 m y la longitud 1000 m



Figura 4.7: Urb. La Esmeralda-Cied

En la tabla 4.4 se detalla las alturas, longitud, niveles máximos de decibeles y efectividad de la barrera en los tramos de la vía:

Tabla 4.4
Valores de alturas de barreras, longitud, D (máx.) obtenidos en los laterales estudiados

Lateral	dB(Máximo) dB(A)	H(altura) (m)	L(longitud) (m)	dB(Obtenidos) dB(A)	Tipo de barrera
Sur Av. El Hatillo-Edf. Procter & Gamble	91	3	400	61	Barrera acústica
Norte Av. El Hatillo Edf. Procter & Gamble	97,2	4	400	62.5	Barrera acústica
Sur Av. El Hatillo –Centro Medico La Trinidad	92,5	2	200	70.5	Talud de 2 m
Norte Av. El Hatillo -Centro Medico La Trinidad	93,9	3	1000	60,9	Barrera acústica
Sur Av. El Hatillo-La Esmeralda-Cied	98	-	-	70,3	Muro de contención
Norte- Av. El Hatillo-La Esmeralda-Cied	92,8	4.5	1000	60	Barrera acústica

Según los valores obtenidos en la tabla 4.4, se puede verificar la disminución en los niveles de ruidos producidos, colocando las pantallas antirruídos en los laterales del corredor en estudio, lo cual corrobora la eficacia de las mismas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la inspección ocular y en el levantamiento de los estados físicos de las condiciones en que se encuentran los laterales de los tres tramos del corredor vial en estudio(ver tabla 3.1), se identifico como solución , la tipología barrera tipo Pantallas Acústicas como dispositivos para reducción de ruidos , ya que estas por su geometría son las que se adaptan a la disponibilidad de terreno en la vía y las mismas garantizan una mayor seguridad al parque automotor existente, debido a que los diques de tierra son barrera que necesita mayor disponibilidad de superficie de terreno en los bordes de la vía de circulación y estos laterales no cuenta con franjas de terreno libre lo suficientemente anchas como para permitir la instalación de los mismos y las pantallas vegetales para este caso donde los máximos niveles están por encima de los 90 dB(A) este tipo de barrera no es viable ya que las mismas pueden atenuar de 5 dB(A) a 10 dB(A).



FIGURA 4.8 Lateral Norte Urb. La Esmeralda

En la figura 4.8 se puede apreciar que los espacios físicos de los laterales para la colocación de las pantallas son muy reducidos

4.2 CRITERIOS DE DISEÑO PARA IMPLEMENTAR BARRERAS ANTIRRUIDOS EN EL CASO DE LATERALES DE VÍAS EXPRESAS.

En el diseño de las pantallas acústicas debe considerarse todas las acciones exteriores y cargas estructurales a las que pueden ser sometidas, con el fin de asegurar su adecuada resistencia y estabilidad.

Es por ello que, además de comprobar que cumpla con las características técnicas mínimas requeridas y la correcta funcionalidad de la pantalla acorde con los parámetros que se diseñaron en el proyecto para cada caso particular, hay que intentar conseguir una integración paisajística en el entorno donde va a ser instalada. Por ello, en el diseño de la pantalla, se tienen en cuenta una serie de cálculos mínimos (tanto de estructuras, soportes, cálculos de absorciones, ...) para que la pantalla cumpla acústica y constructivamente y por otro lado, se tiene que tomar en cuenta, el material del cual se construye el armazón que recubre la pantalla.

4.2.1 OBRA CIVIL

Otro aspecto a tener en cuenta en la instalación de pantallas acústicas, es la forma en que se ejecuta la obra. No se conseguirán buenos resultados si, aun utilizando materiales con muy buenas condiciones acústicas, no se realizan todos y cada uno de los pasos necesarios para la correcta instalación de las pantallas: estudio topográfico, cimentación,

colocación -nivelación de perfiles, instalación de pantallas y colocación de juntas, angulares, etc.

La fase de topografía solo se realiza en los casos de instalación de pantallas en carreteras que tengan grandes discontinuidades en el terreno.

Tras el análisis de los resultados, se obtendrá una primera aproximación de la distribución de las pantallas sobre el terreno y arte final.

El siguiente paso será el replanteo de las zapatas. A partir del estudio topográfico previo y del planning de obra se realiza una señalización de en qué lugares exactos va la perforación para cada uno de los pilares. Existen distintos tipos de cimentaciones dependientes de cada caso en particular:

- Perforación por pilotes
- Zapata cuadrada
- Zapata cilíndrica
- Anclaje con pernos

Para cada una de estas cimentaciones, se deberá tener en cuenta la profundidad de las zapatas, los diámetros de las mismas, el tipo de concreto que se va a utilizar, el tipo de terreno que se tiene, etc.

La elección de las vigas que van a soportar la pantalla, viene dada por la altura de la misma, el tipo de terreno sobre el que se instale, el peso de los elementos, etc. Todo ello (tanto el tipo de cimentación, como el tipo de perfil) debe ser justificado mediante cálculos estructurales para cada uno de los proyectos.

Otro paso importante es la correcta nivelación de los perfiles antes del vaciado del concreto de las zapatas, ya que, si no se realiza correctamente, la instalación de la pantalla será complicada, ya que habrá que ajustar, haciendo fuerza mediante grúas, el perfil al ángulo correcto para que encaje la misma.

La colocación de pantallas se realiza por encaje y deslizamiento sobre los perfiles ya nivelados, teniendo en cuenta el que los encuentros de cada una de las pantallas han de estar separados por juntas de dilatación para evitar escapes acústicos.

Por último se procede al ajuste de angulares en caso de ser pantalla acrílica, inclusión de juntas de neopreno para fijar a los perfiles, revisión final de toda la instalación y limpieza de la zona.

4.2.2 PROBLEMAS ENCONTRADOS PARA LA COLOCACIÓN DE LAS PANTALLAS

Las pantallas acústicas son obras civiles instaladas en las proximidades de las vías de circulación y de zonas habitadas. Dadas sus características constitutivas y geométricas, son elementos que ofrecen riesgos de accidentes.

Uno de los primeros problemas que suelen darse en este tipo de instalaciones es la dificultad en cuanto a la accesibilidad a la obra. Existen casos en los que las pantallas

tienen que ir en el interior de las urbanizaciones (en jardineras normalmente, debido a que no se tienen los permisos para la construcción de pantallas a pie de autopistas).

Para cada caso será necesario estudiar, no solo el anclaje de la pantalla y su efectividad acústica, sino también movimientos de tierra necesarios, la maquinaria y la señalización que será necesaria para el acceso al lugar.

4.2.3 TIPOS DE MAQUINARIA NECESARIA

Entre la maquinaria necesaria para ejecutar una obra de instalación de pantallas acústicas se encuentran entre las más usadas: minicargadora, camión pluma, grúa, camión bombeo mixto, camión bombeo estático, camión bombeo pluma 42 m, Bobcat, soldadora Lincoln 225 Amp, esmeril 7" BOSCH,



FIGURA 4.9 Maquinaria utilizada comúnmente para instalación de pantallas acústicas en vías expresas.

4.2.4 TIPOS DE TERRENO

Otro detalle a tener en cuenta es el tipo de terreno sobre el que hay que trabajar, existen terrenos rocosos, arenosos, arcillosos, etc. y para cada uno de ellos se realizará un tipo de perforación, acorde siempre con la altura y el tipo de pantalla a instalar, con una maquinaria determinada.

Normalmente para la instalación de pantallas acústicas en carretera, es necesario realizar una perforación siempre y cuando la pantalla supere los 2 m de altura.

Cabe destacar la importancia de una buena planificación de la obra desde la raíz, es decir desde el proyecto, pero no sólo de la parte de obra civil, cálculos, etc., que es lo que hasta ahora se está haciendo, sino también de la efectividad acústica que va a tener esa pantalla en ese lugar en concreto. Por tanto, no solo consiste en estudiar la altura y longitud de la pantalla, sino, los terrenos, las calidades del material, previsiones de los posibles servicios afectados, problemáticas planteadas a priori, etc.

4.2.5 INSTALACIONES A SALVAR (CABLEADO, ALUMBRADO, CANALIZACIONES, SEÑALIZACIONES, ETC.)

De la misma forma que se estudian, calculan y prevén las cimentaciones, ha de hacerse lo propio con todos los servicios afectados en una obra: canalizaciones, alcantarillado, señalización, servicios de luz, televisor por cable, alumbrado, etc. La mayor parte debe estar prevista de antemano, antes de la ejecución de la obra, con el fin de no sufrir retrasos en la planificación inicial.

El problema existe en la ejecución de la obra, cuando se realizan las perforaciones y existe una rotura de dichos servicios, debido a la poca precisión de las máquinas pesadas y al desconocimiento del instalador de la existencia de dichos cables o servicios en la zona donde tiene que perforar. La solución es complicada, no existe manera alguna de conocer este dato a no ser que, previamente a la elaboración de proyecto se realice un replanteo del terreno donde va la pantalla.

CAPITULO V

5.1 ANÁLISIS ECONÓMICO DEL TIPO DE BARRERA A IMPLEMENTAR EN EL ESTUDIO.

El presente análisis económico se obtiene a través de la aplicación de los análisis de precios unitarios de barreras, indicados en las tablas 5.1, 5.2 y 5.3, de acuerdo a los tipos de materiales de construcción de las mismas. Para realizar este estudio se escogieron tres tipos de barreras acústicas posibles, como mitigadoras de ruido en el corredor vial La Trinidad-El Hatillo, en particular el tramo La Trinidad – La Boyera:

- Tipo muro de gavión
- Laminas de policarbonatos transparentes
- Formaletas de concreto poroso abiertas con cubierta vegetal



Figura 5.1 Pantalla de policarbonatos



Figura 5.2 Muro de gavión

(www.fhwa.dot.gov) [consulta año 2009, julio 15]

TABLA Nº 5.1

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA = Suministro e instalación de barreras antirruídos de laminas de policarbonatos transparentes

Descripción:

Unidad =m2

CANTIDAD =

RENDIMIENTO =

45

Código CO75C

m2/día

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Dsp	Precio	Costo
	LAMINAS POLICARBONATO TRANSPARENTE CON ELEMENTOS	m2	1,00		179,50	179,50
	VIGA METALICA LPM PERFIL	Kg	0,15		28,40	4,26
	COLUMNA METALICA LPM PERFIL	kg	0,15		32,20	4,83
	PERNO ANCLAJE PARA PERFIL INCLUYE TUERCA	pza	3		51,30	153,90
	OXIGENO BOMBONA 6 M3	Und	0,0066	0,15	6,12	0,95
	ACETILENO BOMBA	Und	0,0003	0,15	12,26	1,84
	DISCO ABRASIVO PARA ESMERIL 7"	Pza	0,001	0,10	54,50	5,50
	ELECTRODO E 6013 3,23MM	Kg	0,01		11,90	0,12
	ANGULO ALAS P3 25	Kg	0,05		4,08	0,20
Costo Unitar.						351,10

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Deprec.	Costo
	SOLDADORA LINCOL 225 AMP	2	379,26	0,0030	2,28
	EQUIPO OXICORTE CON ACCESORIOS	1	626,71	0,0030	1,88
	ESMERIL 7" BOSCH MOD 1753	1	210,22	0,0030	0,63
	MANDARRIA	2	36,89	0,0030	0,22
	CAMION GRUA 2 TONELADAS	0,5	130.000,00	0,0030	195,00
	HERRAMIENTAS MENORE PARA INSTALACION	1	116,50	0,0003	0,03
Costo diario					200,04
Costo Unitar.					4,45

3.- MANO DE OBRA

Código	Descripción	Cantidad	Diario	Costo	
	SOLDADOR	1	66,65	66,65	
	AYUDANTE	1	53,15	53,15	
	OBREROS	3	49,63	148,89	
	MAESTRO DE OBRAS	0,8	85,02	68,02	
	OPERADOR CAMION GRUA	0,5	59,58	29,79	
Costo diario				336,71	
281				CAS %	946,14
				BONO	0,00
Costo diario				946,14	
Costo Unitar.				21,03	
Costo Directo				376,57	
15				Adm	56,49
				Subtotal	433,06
10				Utilid	43,31
				Subtotal	476,37
Precio Unit				476,37 Bs/m2	

**TABLA 5.2
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

OBRA = CONSTRUCCIÓN BARRERA ANTIRUIDO CORREDOR VIAL LA TRINIDAD EL HATILLO

Nº 4

FECHA = Mayo 2009

Descripción: CONSTRUCCION DE BARRERAS ANTIRUIDO TIPO FORMALETAS DE CONCRETO POROSO ABIERTO CON CUBIERTA VEGETAL

Unidad =m2

CANTIDAD =

RENDIMIENTO =

30

Código CO7SC

M3/DIA

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Dsp	Precio	Costo
	FORMALETAS DE CONCRETO POROSO PREFABRICADO	PZA	4.2	0,00	7.50,00	31,50
	MORTERO DE CEMENTO	M3	0,03	0,02	490,00	24,50
	CAPA DE TIERRA ABONADA	M3	6	0,04	20,00	120,80
					Costo Unitar.	145,30

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Deprec.	Costo	
	CARGADOR COMPACTO BOLCAT MODELO 743	1	53.900,00	0,0020	107,80	
	CAMION GRUA	1	91.050,00	0,0030	273,15	
	MEZCLADORA	1	21.819,43	0,0020	43,64	
	HERRAMIENTAS PARA MEZCLAR	1	124,86	0,0350	4,37	
	HERRAMIENTAS PARA VACIAR MORTEROS	1	334,96	0,0027	0,90	
	ANDAMIOS	1	71,80	0,0030	0,22	
					Costo diario	430,08
					Costo Unitar.	19,17

3.- MANO DE OBRA

Código	Descripción	Cantidad	Diario	Costo
	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	1	59,58	59,58
	OPERADOR DE CAMION GRUA	1	61,68	61,68
	ALBAÑIL	1	66,65	66,65
	AYUDANTES	2	53,15	106,30
	OBREROS	6	49,64	297,84
	MAESTRO DE OBRAS	1	85,05	85,05
			Costo diario	592,05
281			CAS %	1.663,66
			BONO	0,00
			Costo diario	1.663,66
			Costo Unitar.	55,46
			Costo Directo	219,93
			15	Adm 32,99
				Subtotal 252,91
			10	Utilid 25,29
				Subtotal 278,21
			Precio nit	278,21Bs/m2

**TABLA 5.3
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

OBRA = CONSTRUCCIÓN BARRERA ANTIRUIDO CORREDOR VIAL LA TRINIDAD EL HATILLO
Nº 4 **FECHA = MAYO 2009**

Descripción: CONSTRUCCION DE BARRERAS ANTIRUIDO TIPO MURO DE GAVION

Unidad =m2 **CANTIDAD =** **RENDIMIENTO =**

11
M3/DIA

Código CO700100

1.- MATERIALES

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	Dsp	Precio	Costo
	PIEDRA CALIZA 20X20	M3	1,00	0,12	1,80	0,22
	CESTA METALICA	UNIDAD	1		140,00	140,00
	ALAMBRE CALIBRE 18	KG	5,6	0,10	7,65	43,61
	CLAVOS DE MALLA TIPO U	KG	0,05	0,10	11,50	1,73
Costo Unitar.						185,55

2.- EQUIPOS

Código	Descripción	Cantidad	Precio	Deprec.	Costo
	PICO	4	26,30	0,0010	0,11
	MANDARRIA	4	45,25	0,0050	0,91
	ALICATE DE PRESION	2	16,55	0,0050	0,17
	NIVEL	2	368,99	0,0036	2,66
	CARRETILLA	2	340,00	0,0030	2,04
	CINTA METRICA	2	45,00	0,0050	0,45
	PALAS	4	14,97	0,0020	0,12
	CAMION DE ESTACAS	1	92.400,00	0,0023	212,52
	PIQUETA DE ALBAÑIL	2	255,00	0,0030	1,53
Costo diario					220,49
Costo Unitar.					36,10

3.- MANO DE OBRA

Código	Descripción	Cantidad	Diario	Costo
	ALBAÑIL	3	66,65	199,95
	CAPORAL	1	61,68	61,68
	AYUDANTES	2	53,15	106,30
	OBREROS	4	49,64	198,56
Costo diario				566,49
280	CAS %			1.586,17
	BONO			0,00
	Costo diario			1.586,17
Costo Unitar.				144,19
Costo Directo				365,84
15	Adm			54,88
	Subtotal			420,71
10	Utilid			42,07
	Subtotal			462,78
0	IVA			
	Precio Unit			

Tabla 5.4

Análisis Económico de las Barreras Antirruídos

Tipo de Barrera	Costo en Bolívars (BsF)
Muro de gavión	2.762.946,00
Laminas de policarbonatos transparentes	2.684.124,00
Formaletas de concreto poroso abiertas con vegetación.	1.613.618,00

Fuente Propia

En tabla 5.4, se pueden apreciar los costos correspondientes a las barreras acústicas seleccionadas para este estudio conforme con el material de construcción.

Como resultado de estos costos de barreras podemos concluir que la barrera adecuada a los tramos de vía en estudio, es la construida con formaletas de concreto poroso abiertas con vegetación, en virtud de su alta capacidad de absorción acústica y de su relativo bajo costo con respecto a las demás.



Figura N° 5.3 Barrera de Concreto Poroso
www.fhwa.dot.gov [consulta año 2009, julio 15]

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- En los laterales del corredor vial la Trinidad-El Hatillo en particular el tramo La Trinidad- El Hatillo , se determinaron valores niveles de ruido en rango entre 65 y 98 dB(A), que exceden durante mas del 10% del lapso de medición, según recopilación de datos en campo obtenidos en horas matutinas y vespertinas, por encima de valores tolerables de 60 dB(A), considerado en el marco regulatorio definido por la Norma Decreto 2.217, por lo que se requieren medidas de mitigación de ruidos
- Con la colocación de estas barreras antirruidos se logra disminuir en un rango entre un 30% y 50% los valores del nivel sonoro por debajo de los valores máximos admisible en los laterales del corredor vial corroborando su eficacia acústica.
- Se identificó como alternativa para mitigar estos niveles de ruidos en este corredor vial la Barrera Acústica ya que la misma se adapta a los espacios disponibles de los laterales del mismo.
- Se obtuvieron las alturas y las longitudes para el diseño de las barreras a implementar en laterales del corredor vial en estudio, verificando los cambios producidos en los niveles de contaminación sonora alcanzados en los mismos, mientras mas cerca se coloca la barrera a la fuente receptora del ruido mas efectiva es la misma.
- Mediante el análisis de precios unitarios, se estimo a nivel preliminar, el orden de magnitud de costo de tres tipos de barreras acústicas, lo cual permitió seleccionar la barrera tipo de concreto poroso, por ser la más económica para este caso de estudio.

RECOMENDACIONES

Estas recomendaciones son hechas con el único objetivo de orientar futuros trabajos que sean realizados para completar el presente estudio:

- Hacer del conocimiento de las autoridades de La Alcaldía de Baruta los resultados obtenidos en ésta investigación.
- Realizar una investigación sobre la atenuación obtenida con diversos tipos de materiales utilizados en la construcción de barreras antirruidos.
- Ampliar este tipo de estudios a vías de alto tráfico.
- Es preciso introducir en el pensum de estudios de la carrera de ingeniería civil en esta área tan importante como es la contaminación acústica.
- Y por ultimo se recomienda a los entes nacionales, regionales y locales así como a los proyectistas en ingeniería vial, urbanismo y arquitectura que se involucren en el área y contemplen la solución de barreras antirruidos dentro de sus políticas, acciones y decisiones para controlar y atenuar este tipo de contaminación en otros corredores viales.

Con las recomendaciones que aquí se enumeran, es factible que el problema del ruido disminuya en las autopistas y ciudades del país; sin embargo, es innegable la importancia de contar con una cultura de respeto al ambiente por parte del usuario del transporte vehicular en general. Por lo anterior, estas acciones serían infructuosas si no van acompañadas de campañas de concientización, además de actualizar y mejorar la educación ambiental de la población.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Building Research Establishment (BRE) / Construction industry Research and Information Association (CIRIA) (1993). "Sound Control for Homes" BRE/CIRIA Watford, London.

CARCIENTE, Jacob (1980). Carreteras, Estudio y Proyectos (2^{da} Edición) Ediciones Vega, Caracas p.596

Decreto No. 2217. (Normas Sobre el Control de la Contaminación generada por Ruido)
Gaceta Oficial No. 4418, Extraordinario de abril 27, 1992.

FOSS, René (1978). "Pantalla Única De Ruido" p.404.

GERGES, S (1992). "Ruidos .Fundamentos y Controles" Edición 2^a Madrid. España

GRUBER, Francisco (2000). Analisis De La Viabilidad De Construcción De Barreras Antirruído Tipo Terraplenes Y Muros Pantallas De Concreto Como Reductor De Ruidos En Laterales De Vías Expresas Jornadas Venezolanas de Transporte y Vialidad. Mérida. Venezuela

KIELY, Gerard (1993). "Ingeniería Ambiental. Fundamentos y Sistemas de Gestión". Volumen III Capítulo 20/ "Impacto Ambiental producido por el Transporte". Madrid, McGraw Hill Interamericana. 356 p.

LOKKEN, Edwin (1976). "Concrete Walls for Highway Noise Reduction" Monografía publicada en la Revista Transportación Engineering Journal de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE)Vol.102, TE 4 Nueva York EE.UU.675-680.

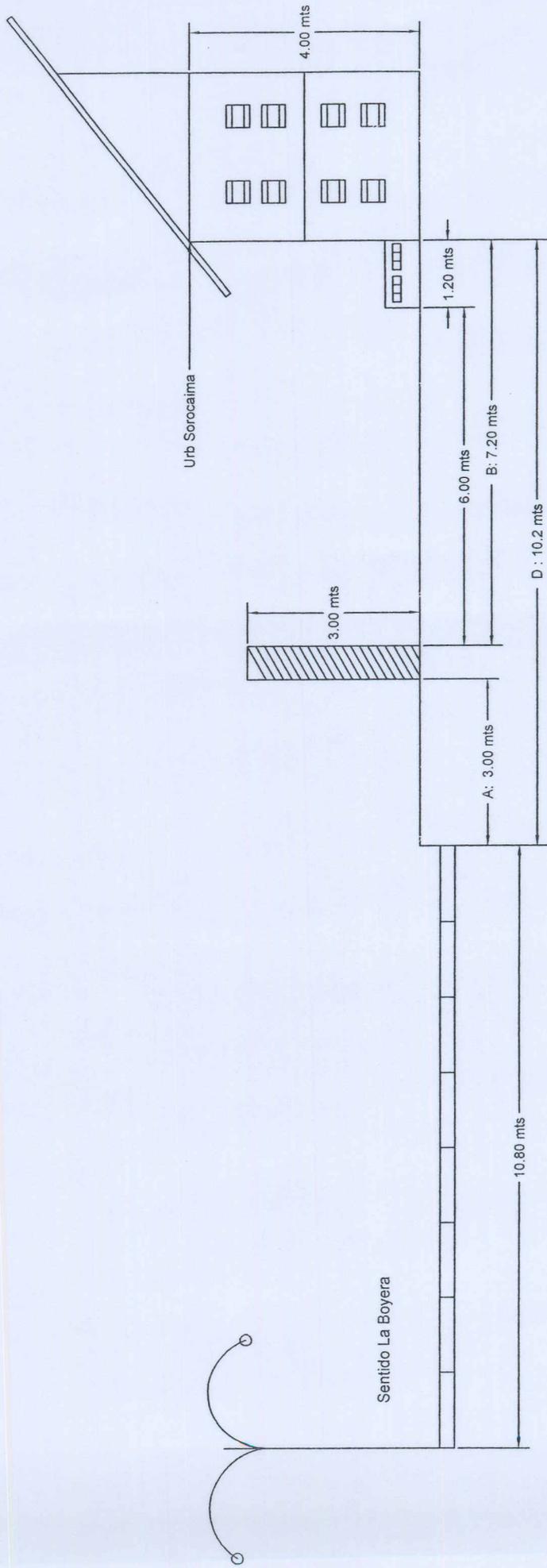
MOPT / Ministerio Obras Públicas y Transporte de España (1992) Madrid. "Carreteras Urbanas Recomendaciones para su Planteamiento" Capítulo 1 "Tratamiento del Impacto Ambiental Dirección de Carreteras"

RUZA, Felipe (1998). Protección Contra el Ruido de Circulación: Diques de Tierra. Monografía publicada en la Revista de la Asociación Técnica de Carreteras Rutas. Madrid, España.

PITA, Eloy (1995)"Las Pantallas Antirruídos y sus prestaciones Revista Obras Publicas".

ANEXOS

ANEXO A
PERFIL DE LA VIA TRINIDAD-EL HATILLO LATERAL SUR
PROCTER & GAMBLE
(RESIDENCIAS SOROCAIMA)



PROYECTO: ANALISIS TECNICO-ECONOMICO DE LA VIALIDAD DE BARRERAS ANTIRUIDOS EN
 ATORALES DE VIAS EXPRESAS

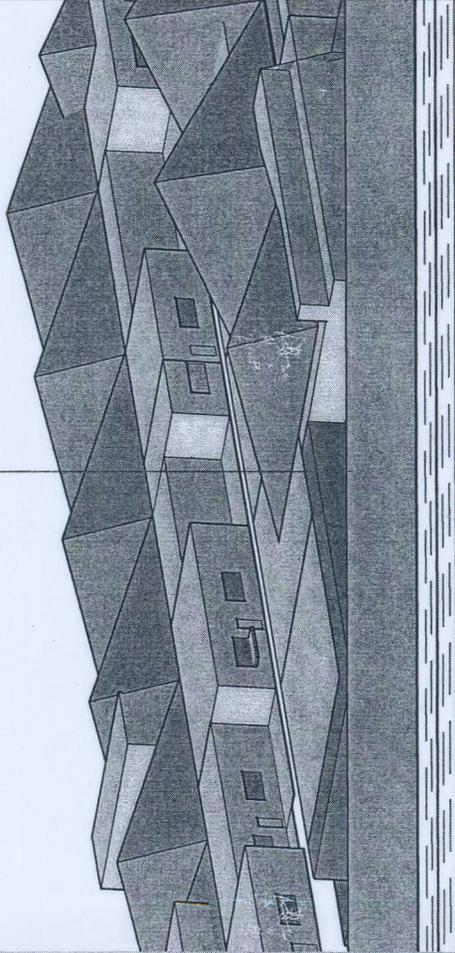
YELITZA CONTACTI

TRAMO : LA TRINIDAD - EL HATILLO LATERAL SUR PROCTER AND GAMBLE - CENTRO
 MEDICO LA TRINIDAD - SENTIDO LA BOYERA

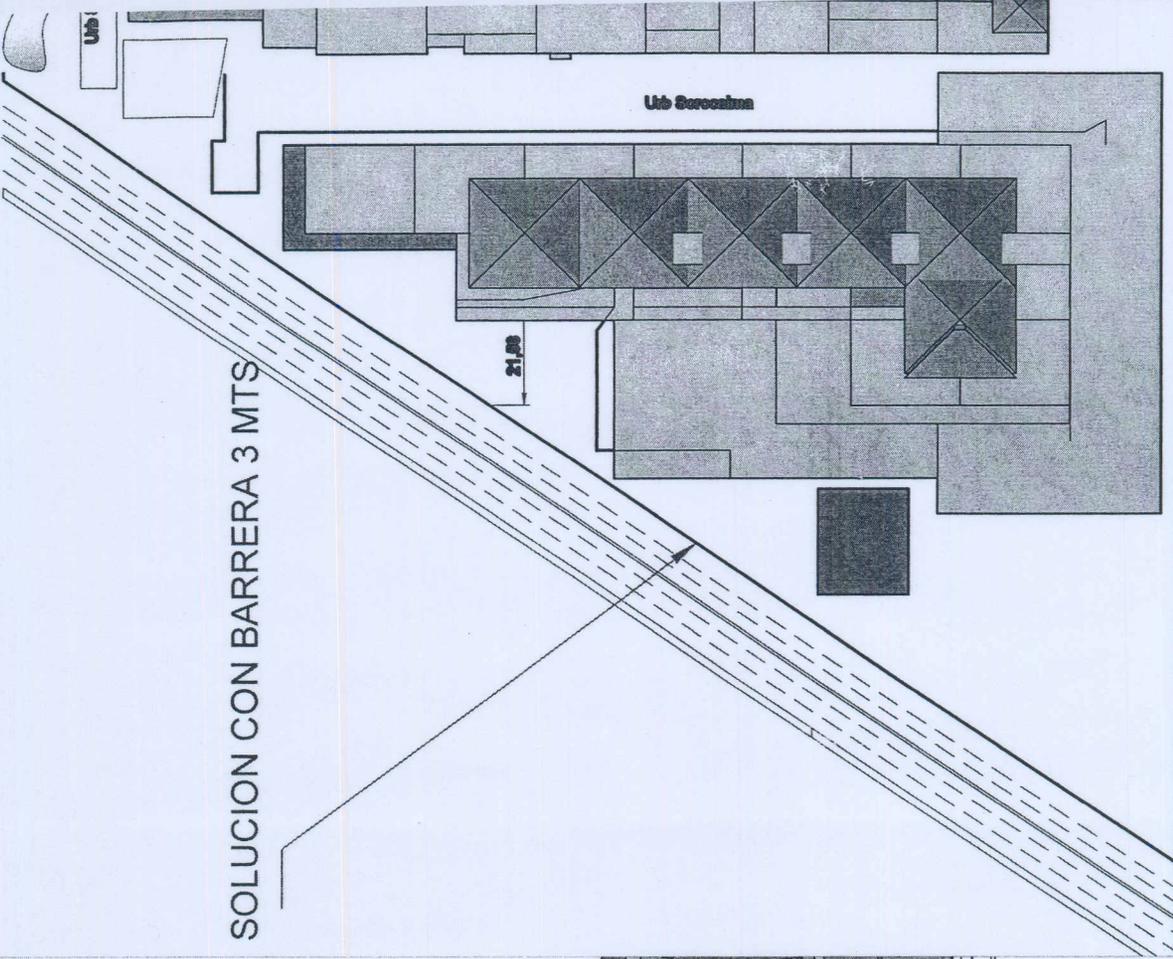
DIBUJANTE: MOISES RAMOS

ANEXO B
VISTA TRIDIMENSIONAL URBANIZACIÓN SOROCAIMA

SOLUCION CON BARRERA 3 MTS



SOLUCION CON BARRERA 3 MTS



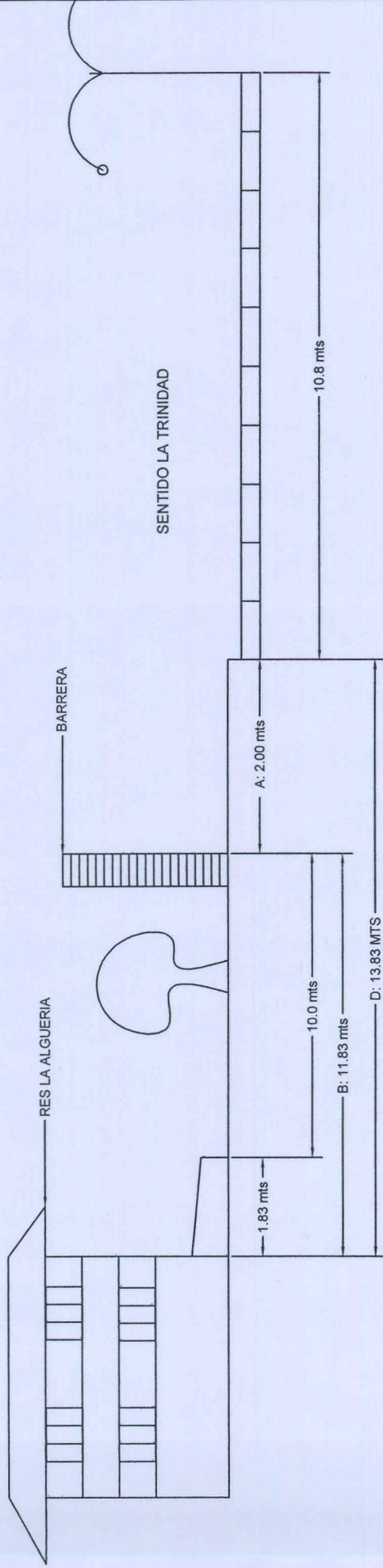
PROYECTO ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA VIALIDAD DE BARRERAS
ANTIRUIDOS EN LATERALES DE VIAS EXPRESAS

Yelitza contacti

Vista Tridimensional : URBANIZACION SOROCAIMA

Dibujante : Moises Ramos

ANEXO C
PERFIL VIA CENTRO MÉDICO LA TRINIDAD-FARMATODO CIED
(RESIDENCIAS ALGUERIA)



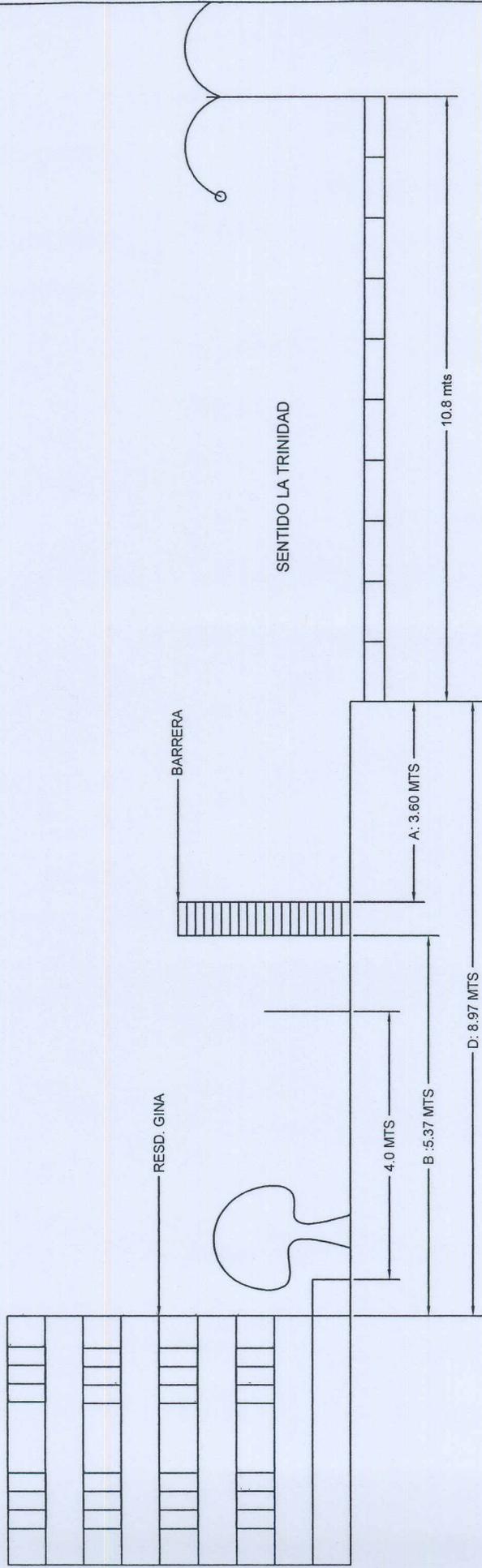
Proyecto: Analisis Técnico -Económico De La Vialidad
 Barreras Antirruídos En Laterales De Vias Expresas

Yelitza Contasti

TRAMO: Perfil Corredor Vial La Trinidad - El Hatillo
 Lateral Norte - Cied - Res La Algueria

Dibujante: Moises Ramos

ANEXO D
PERFIL VIA CORREDOR VIAL LA TRINIDAD-ELHATILLO
LATERAL NORTE-RESIDENCIAS GINA



Proyecto: Análisis Técnico -Económico De La Vialidad
 Barreras Antirruídos En Laterales De Vias Expresas

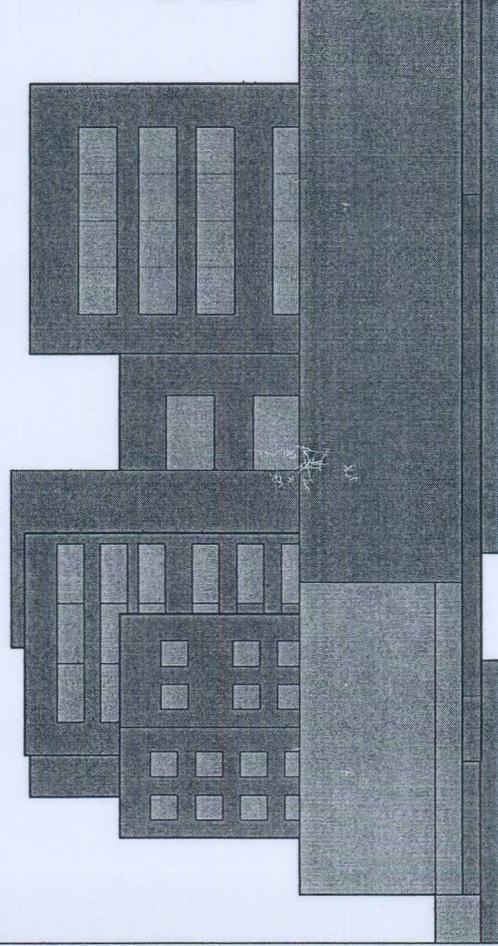
Yelitza Contasti

Tramo: Perfil Corredor Vial La Trinidad - El Hatillo
 Lateral Norte - Resd. Gina

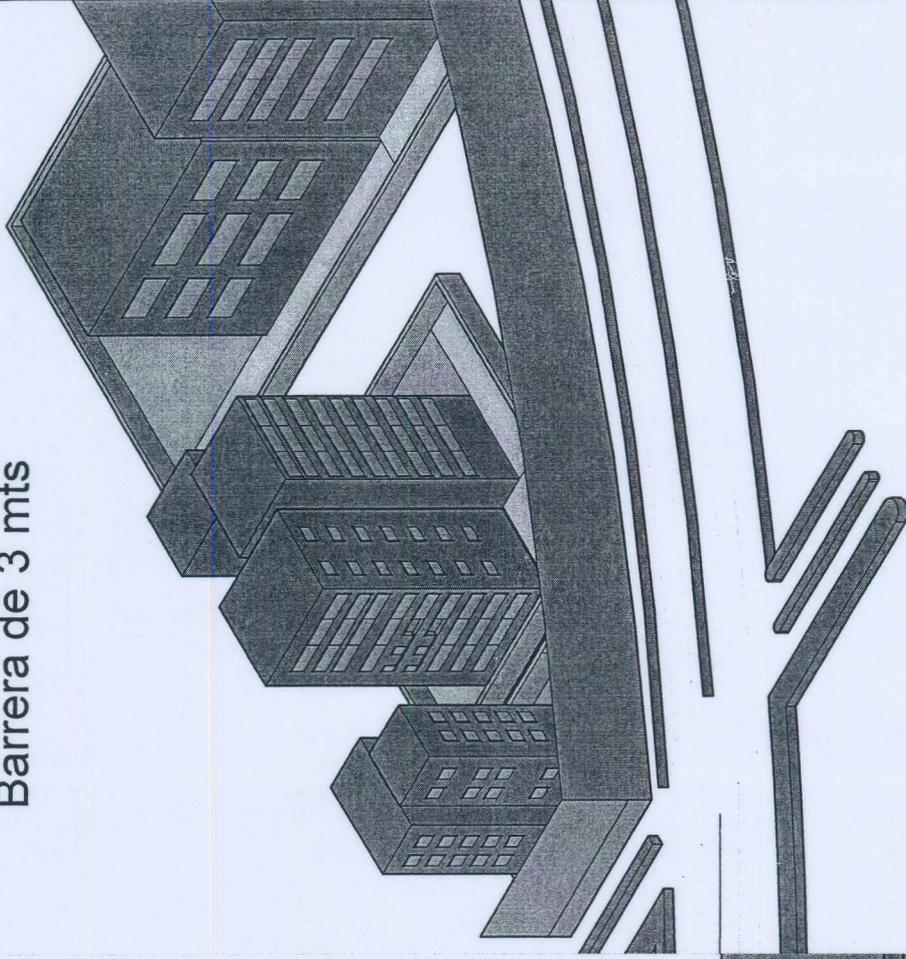
Dibujante: Moises Ramos

ANEXO E
VISTA TRIDIMENSIONAL CONJ.RES.GINA,ANA CRISTINA,CLAUDIA

Vista Frontal
Solución con Barrera 3 mts



Vista Isométrica Solución con
Barrera de 3 mts



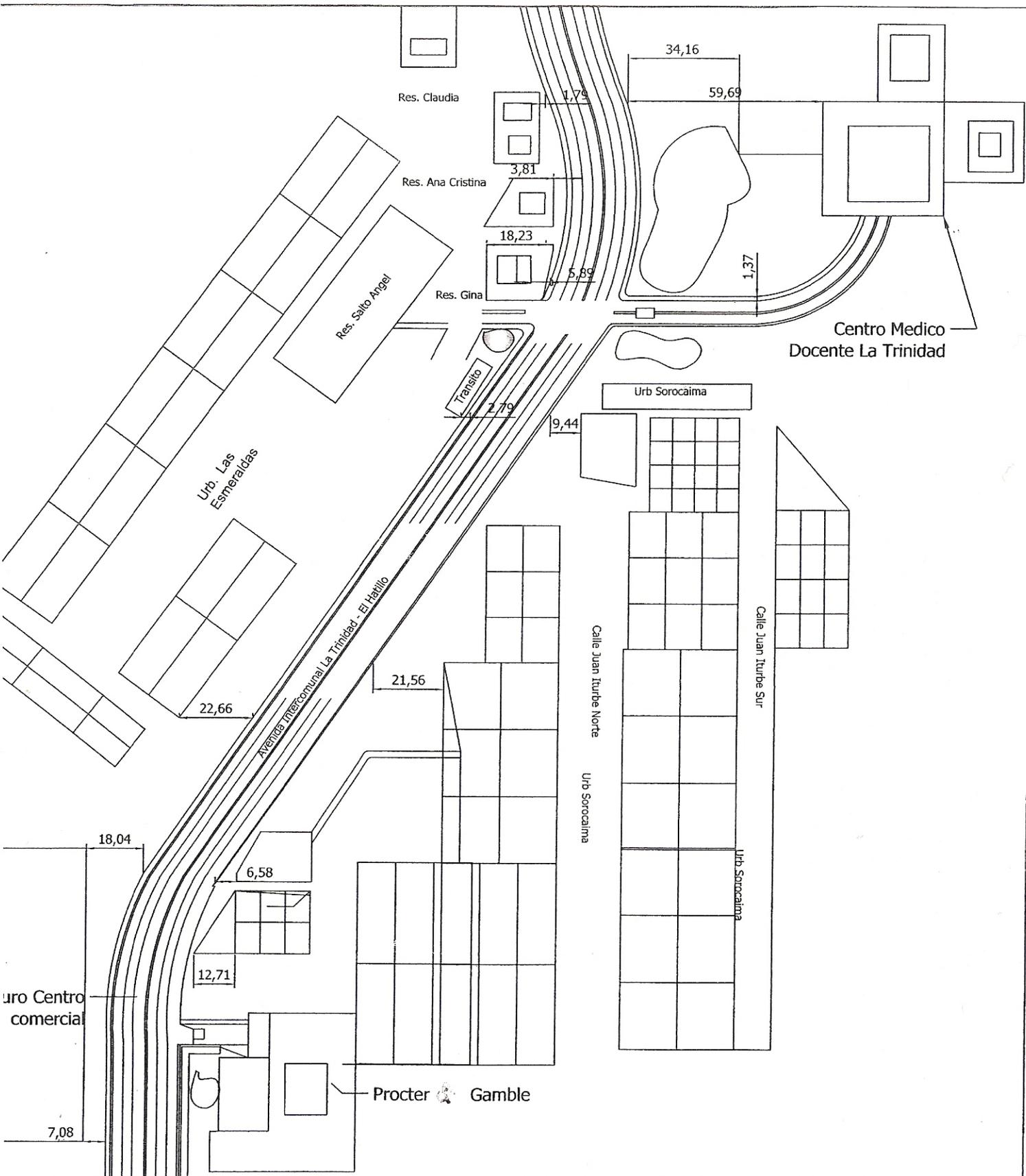
PROYECTO: ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA VIALIDAD DE BARRERAS
ANTIRUIDOS EN LATERALES DE VIAS EXPRESAS

Yelitza Contasti

Vista Tridimensional Conj. Res Gina, Ana Cristina, Claudia

Dibujante: Moises Ramos

ANEXO F
PLANO DE TRAMO PROCTER & GAMBLE
(CENTRO MEDICO LA TRINIDAD)



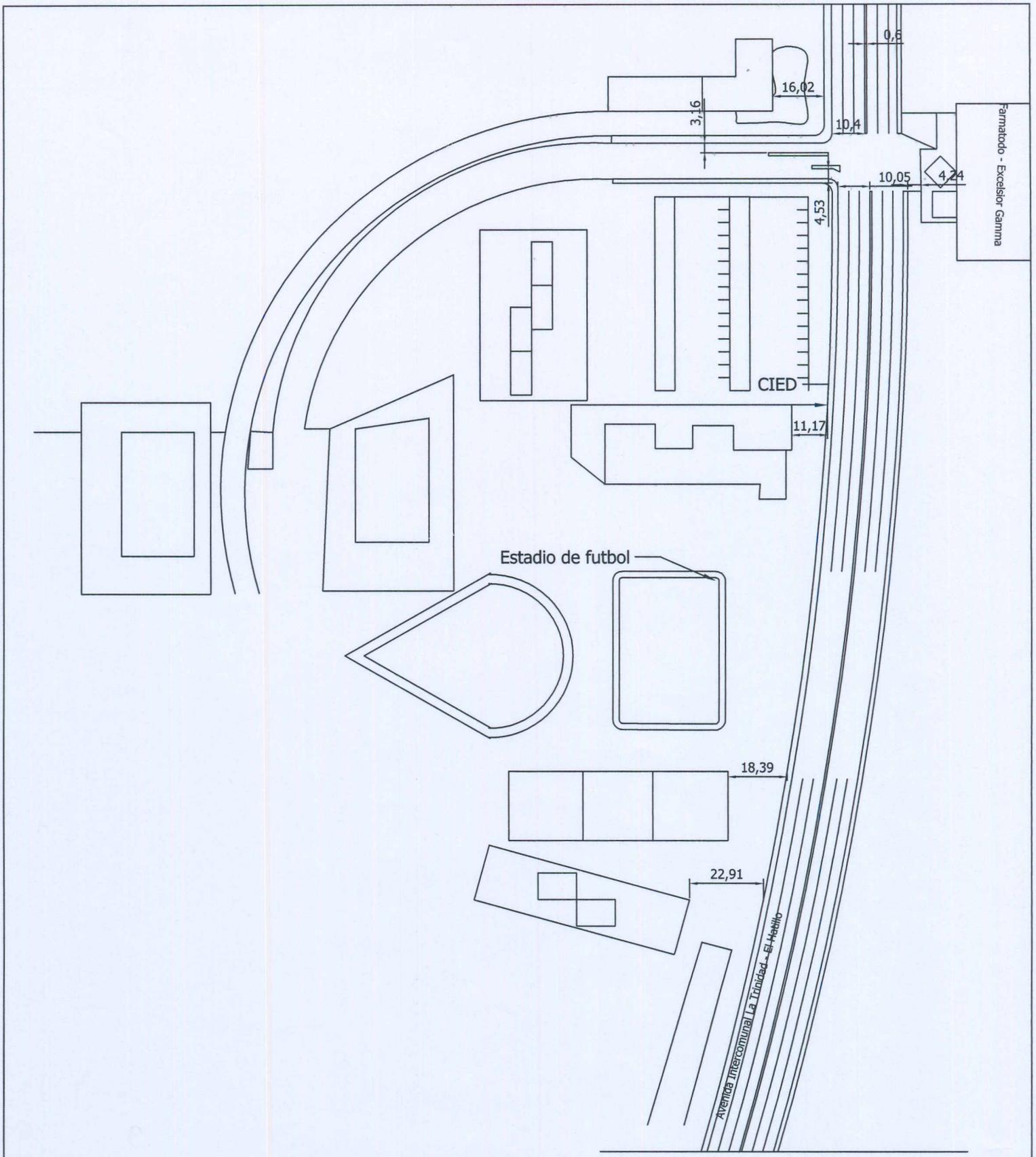
Proyecto: Análisis Técnico-Económico De la Vialidad De Barreras Antirruidos En laterales De Vias Expresas

Yelitza Contasti

Dibujante: Moises Ramos

Tramo: PROTER&GAMBLE
Centro Medico Docente La Trinidad

ANEXO G
PLANO TRAMO CENTRO MEDICO LA TRINIDAD
(FARMATODO CIED)



Proyecto: Análisis Técnico-Económico De
 La Vialidad De Barreras Antirruídos En
 Laterales De Vías Expresas

Yelitza Contasti

Dibujante: Moises Ramos

Tramo: Centro Medico La
 Trinidad- Farmatodo - CIED

ANEXO H
PLANILLA DE MEDICIONES DE RUIDO

ESTUDIO DE IMPLANTACION DE BARRERAS ANTIRUIDO

REGISTRO DE MEDICIONES DE RUIDO EN LATERAL DE CALZADA

N ESTACION
FECHA
IDENTIFICACION DE LA VIALIDAD Y UBICACIÓN =
TRAMO

HORA
DIA

LISTADO DE MEDICIONES REGISTRO DE DATOS								
Lateral	N registro	DB Min	DB Prom	DBMax	N registro	DBMin	DBProm	DB max

Registro Med ruido

ANEXO I
CUADRO DE MEDICIONES DE RUIDO
OBTENIDOS EN LA MEDICION DE CAMPO
(CORREDOR VIAL LA TRINIDAD-LA BOYERA)

ESTUDIO DE IMPLANTACION DE BARRERAS ANTIRUIDO

REGISTRO DE MEDICIONES DE RUIDO EN LATERAL DE CALZADA

N ESTACION

HORA

FECHA

13/08/2008

DIA

Miércoles

IDENTIFICACION DE LA VIALIDAD Y UBICACIÓN =

TRAMO EL HATILLO-PROTER&GAMBLE-CENTRO MEDICO

LISTADO DE MEDICIONES REGISTRO DE DATOS

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DB Max
Sur	06:35 a.m.	25	59,7	69,6	82,4
Sur	06:45 a.m.	26	60,9	72,9	83,1
Norte	06:50 a.m.	27	63,1	74,3	88,4
Norte	07:00 a.m.	28	64,8	74,7	88,8

TRAMO AV EL HATILLO' CENTRO MEDICO LA TRINIDAD

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DB Max
Norte	07:10 a.m.	29	59,9	77,3	93,9
Norte	07:15 a.m.	30	62,4	75,9	92,5
Sur	07:20 a.m.	31	60,6	74,8	86,3
Sur	07:25 a.m.	32	61,2	76,6	89,7

TRAMO AV EL HATILLO' FARMATODO CIED

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DB Max
Sur	09:35 a.m.	33	62,9	75,9	89,2
Sur	09:45 a.m.	34	64,9	74,4	83,9
Norte	09:50 a.m.	35	62,9	79,5	98,8
Norte	10:00 a.m.	36	60,6	72,8	86,1

TRAMO EL HATILLO-PROTER&GAMBLE-CENTRO MEDICO

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DB Max
Sur	05:00 p.m.	37	61,0	73,8	86,5
Sur	05:10 p.m.	38	63,1	77,5	91,6
Norte	05:15 p.m.	39	64,3	79,2	94,9
Norte	05:20 p.m.	40	62,6	75,7	97,2

TRAMO AV EL HATILLO' CENTRO MEDICO LA TRINIDAD

Hora

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DB Max
Norte	06:25 p.m.				
Norte	06:30 p.m.	41	62,3	75,5	89,1
Norte	06:35 p.m.	42	64,1	75,9	89,0
Sur	06:40 p.m.	43	62,4	76,9	89,6
Sur		44	60,5	76,1	86,6

TRAMO AV EL HATILLO' FARMATODO CIED

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DB Max
Sur	06:50 p.m.	45	62,1	75,8	91,7
Sur	06:55 p.m.	46	61,4	77,8	92,8
Norte	07:05 p.m.	47	62,3	75,3	92,2
Norte	07:10 p.m.	48	63,1	77,0	87,3

ESTUDIO DE IMPLANTACION DE BARRERAS ANTIRUIDO

REGISTRO DE MEDICIONES DE RUIDO EN LATERAL DE CALZADA

N ESTACION

FECHA

11/08/2008

HORA

DIA

Lunes

IDENTIFICACION DE LA VIALIDAD Y UBICACIÓN =

TRAMO EL HATILLO-PROTER&GAMBLE-CENTRO MEDICO

LISTADO DE MEDICIONES REGISTRO DE DATOS

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom.	DB Max
Sur	06:35 a.m.	1	59,2	69,0	81,7
Sur	06:45 a.m.	2	60,4	72,3	82,4
Norte	06:50 a.m.	3	62,6	73,7	87,7
Norte	07:00 a.m.	4	64,3	74,1	88,1
TRAMO AV EL HATILLO' CENTRO MEDICO LA TRINIDAD					
Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom.	DB Max
Norte	07:10 a.m.	5	59,4	76,7	93,2
Norte	07:15 a.m.	6	61,9	75,3	91,8
Sur	07:20 a.m.	7	60,1	74,2	85,6
Sur	07:25 a.m.	8	60,7	76,0	89,0
TRAMO AV EL HATILLO' FARMATODO CIED					
Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DB Max
Sur	09:35 a.m.	9	62,4	75,3	88,5
Sur	09:45 a.m.	10	64,4	73,8	83,2
Norte	09:50 a.m.	11	62,4	78,9	98,0
Norte	10:00 a.m.	12	60,1	72,2	85,4
TRAMO EL HATILLO-PROTER&GAMBLE-CENTRO MEDICO					
Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DB Max
Sur	05:00 p.m.	13	60,5	73,2	85,8
Sur	05:10 p.m.	14	62,6	76,9	90,9
Norte	05:15 p.m.	15	63,8	78,6	94,1
Norte	05:20 p.m.	16	62,1	75,1	96,4
TRAMO AV EL HATILLO' CENTRO MEDICO LA TRINIDAD					
Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DB Max
Norte	06:25 p.m.	17	61,8	74,9	88,4
Norte	06:30 p.m.	18	63,6	75,3	88,3
Sur	06:35 p.m.	19	61,9	76,3	88,9
Sur	06:40 p.m.	20	60,0	75,5	85,9
TRAMO AV EL HATILLO' FARMATODO CIED					
Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DB Max
Sur	06:50 p.m.	21	61,6	75,2	91,0
Sur	06:55 p.m.	22	60,9	77,2	92,1
Norte	07:05 p.m.	23	61,8	74,7	91,5
Norte	07:10 p.m.	24	62,6	76,4	86,6

ESTUDIO DE IMPLANTACION DE BARRERAS ANTIRUIDO

REGISTRO DE MEDICIONES DE RUIDO EN LATERAL DE CALZADA

N ESTACION

HORA

FECHA

15/08/2008

DIA

Viernes

IDENTIFICACION DE LA VIALIDAD Y UBICACIÓN =

TRAMO EL HATILLO-PROTER&GAMBLE-CENTRO MEDICO

LISTADO DE MEDICIONES REGISTRO DE DATOS

Lateral	Hora	N registro	DB min.	DB Prom.	DB Max
Sur	06:35 a.m.	49	59,4	69,2	81,9
Sur	06:45 a.m.	50	60,6	72,5	82,6
Norte	06:50 a.m.	51	62,8	73,9	88,0
Norte	07:00 a.m.	52	64,5	74,3	88,4

TRAMO AV EL HATILLO' CENTRO MEDICO LA TRINIDAD

Lateral	Hora	N registro	DB min.	DB Prom.	DB Max
Norte	07:10 a.m.	53	59,6	76,9	93,5
Norte	07:15 a.m.	54	62,1	75,5	92,1
Sur	07:20 a.m.	55	60,3	74,4	85,9
Sur	07:25 a.m.	56	60,9	76,2	89,3

TRAMO AV EL HATILLO' FARMATODO CIED

Lateral	Hora	N registro	DB min.	DB Prom.	DB Max
Sur	10.30am	57	62,6	75,5	88,8
Sur	10.35am	58	64,6	74,0	83,4
Norte	10.40am	59	62,6	79,1	98,3
Norte	10.45am	60	60,3	72,4	85,7

IDENTIFICACION DE LA VIALIDAD Y UBICACIÓN =

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DB Max
Sur	5.00 p.m.	61	60,7	73,4	86,1
Sur	5.10pm	62	62,8	77,1	91,2
Norte	5.15 pm	63	64,0	78,8	94,4
Norte	5.20 pm	64	62,3	75,3	96,7

TRAMO AV EL HATILLO' CENTRO MEDICO LA TRINIDAD

Lateral	Hora	N registro	DB min.	DB Prom	DB Max
Norte	5.25 pm	65	62,0	75,1	88,7
Norte	5.30 pm	66	63,8	75,5	88,6
Sur	5.35 pm	67	62,1	76,5	89,2
Sur	5.40 pm	68	60,2	75,7	86,2

TRAMO AV EL HATILLO' FARMATODO CIED

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DB Max
Sur	06:50 p.m.	69	61,8	75,4	91,3
Sur	06:55 p.m.	70	61,1	77,4	92,4
Norte	07:05 p.m.	71	62,0	74,9	91,8
Norte	07:10 p.m.	72	62,8	76,6	86,9

ESTUDIO DE IMPLANTACION DE BARRERAS ANTIRUIDO

REGISTRO DE MEDICIONES DE RUIDO EN LATERAL DE CALZADA

N ESTACION

FECHA

16/08/2008

HORA

DIA

Sábado

IDENTIFICACION DE LA VIALIDAD Y UBICACIÓN =

TRAMO EL HATILLO-PROTER&GAMBLE-CENTRO MEDICO

LISTADO DE MEDICIONES REGISTRO DE DATOS

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom.	DBMax
Sur	9.35 am	73	46,2	53,8	63,7
Sur	9.45 am	74	47,1	56,4	64,3
Norte	9.50 am	75	48,8	57,5	68,4
Norte	10.00 am	76	50,2	57,8	68,7

TRAMO AV EL HATILLO' CENTRO MEDICO LA TRINIDAD

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom.	DBMax
Norte	10.10 am	77	46,3	59,8	72,7
Norte	10.15 am	78	48,3	58,7	71,6
Sur	10.20 am	79	46,9	57,9	66,8
Sur	10.25 am	80	47,3	59,3	69,4

TRAMO AV EL HATILLO' FARMATODO CIED

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom.	DBMax
Sur	10.30am	81	48,7	58,7	69,0
Sur	10.35am	82	50,2	57,6	64,9
Norte	10.40am	83	48,7	61,5	76,4
Norte	10.45am	84	46,9	56,3	66,6

TRAMO EL HATILLO-PROTER&GAMBLE-CENTRO MEDICO

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom.	DBMax
Sur	5.00 p.m.	85	47,2	57,1	66,9
Sur	5.10pm	86	48,8	60,0	70,9
Norte	5.15 pm	87	49,8	61,3	73,4
Norte	5.20 pm	88	48,4	58,6	75,2

TRAMO AV EL HATILLO' CENTRO MEDICO LA TRINIDAD

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom.	DBMax
Norte	5.25 pm	89	48,2	58,4	69,0
Norte	5.30 pm	90	49,6	58,7	68,9
Sur	5.35 pm	91	48,3	59,5	69,3
Sur	5.40 pm	92	46,8	58,9	67,0

TRAMO AV EL HATILLO' FARMATODO CIED

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom.	DBMax
Sur	5.50 pm	93	48,0	58,7	71,0
Sur	5.55 pm	94	47,5	60,2	71,8
Norte	6.05 pm	95	48,2	58,3	71,4
Norte	6.10 pm	96	48,8	59,6	67,5

ESTUDIO DE IMPLANTACION DE BARRERAS ANTIRUIDO

REGISTRO DE MEDICIONES DE RUIDO EN LATERAL DE CALZADA

N ESTACION

HORA

FECHA

20/08/2008

DIA

Miércoles

IDENTIFICACION DE LA VIALIDAD Y UBICACIÓN =

TRAMO EL HATILLO-PROTER&GAMBLE-CENTRO MEDICO

LISTADO DE MEDICIONES REGISTRO DE DATOS

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DBMax
Sur	9.35 am	121	59,5	69,3	82,1
Sur	9.45 am	122	60,7	72,7	82,8
Norte	9.50 am	123	62,9	74,1	88,1
Norte	10.00 am	124	64,6	74,5	88,5

TRAMO AV EL HATILLO- CENTRO MEDICO LA TRINIDAD

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DBMax
Norte	10.10 am	125	59,7	77,1	93,7
Norte	10.15 am	126	62,2	75,7	92,3
Sur	10.20 am	127	60,4	74,6	86,0
Sur	10.25 am	128	61,0	76,4	89,4

TRAMO AV EL HATILLO- FARMATODO CIED

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DBMax
Sur	10.30am	129	62,7	75,7	88,9
Sur	10.35am	130	64,7	74,2	83,6
Norte	10.40am	131	62,7	79,3	98,5
Norte	10.45am	132	60,4	72,6	85,8

TRAMO EL HATILLO-PROTER&GAMBLE-CENTRO MEDICO

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DBMax
Sur	5.00 p.m.	133	60,8	73,6	86,2
Sur	5.10pm	134	62,9	77,3	91,4
Norte	5.15 pm	135	64,1	79,0	94,6
Norte	5.20 pm	136	62,4	75,5	96,9

TRAMO AV EL HATILLO- CENTRO MEDICO LA TRINIDAD

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DBMax
Norte	5.25 pm	137	62,1	75,3	88,8
Norte	5.30 pm	138	63,9	75,7	88,7
Sur	5.35 pm	139	62,2	76,7	89,3
Sur	5.40 pm	140	60,3	75,9	86,3

TRAMO AV EL HATILLO- FARMATODO CIED

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DBMax
Sur	5.50 pm	141	61,9	75,6	91,5
Sur	5.55 pm	142	61,2	77,6	92,6
Norte	6.05 pm	143	62,1	75,1	92,0
Norte	6.10 pm	144	62,9	76,8	87,0

ESTUDIO DE IMPLANTACION DE BARRERAS ANTIRUIDO

REGISTRO DE MEDICIONES DE RUIDO EN LATERAL DE CALZADA

N ESTACION

HORA

FECHA

22/08/2008

DIA

Viernes

IDENTIFICACION DE LA VIALIDAD Y UBICACIÓN =

TRAMO EL HATILLO-PROTER&GAMBLE-CENTRO MEDICO

LISTADO DE MEDICIONES REGISTRO DE DATOS

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DBMax
Sur	9.35 am	145	59,0	68,8	81,5
Sur	9.45 am	146	60,2	72,1	82,1
Norte	9.50 am	147	62,4	73,5	87,4
Norte	10.00 am	148	64,1	73,9	87,8

TRAMO AV EL HATILLO- CENTRO MEDICO LA TRINIDAD

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DBMax
Norte	10.10 am	149	59,2	76,5	92,9
Norte	10.15 am	150	61,7	75,1	91,5
Sur	10.20 am	151	59,9	74,0	85,3
Sur	10.25 am	152	60,5	75,8	88,7

TRAMO AV EL HATILLO- FARMATODO CIED

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom.	DBMax
Sur	10.30am	153	62,2	75,1	88,2
Sur	10.35am	154	64,2	73,6	82,9
Norte	10.40am	155	62,2	78,7	97,7
Norte	10.45am	156	59,9	72,0	85,1

TRAMO EL HATILLO-PROTER&GAMBLE-CENTRO MEDICO

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom.	DBMax
Sur	5.00 p.m.	157	60,3	73,0	85,5
Sur	5.10pm	158	62,4	76,7	90,6
Norte	5.15 pm	159	63,6	78,4	93,8
Norte	5.20 pm	160	61,9	74,9	96,1

TRAMO AV EL HATILLO- CENTRO MEDICO LA TRINIDAD

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DBMax
Norte	5.25 pm	161	61,6	74,7	88,1
Norte	5.30 pm	162	63,4	75,1	88,0
Sur	5.35 pm	163	61,7	76,1	88,6
Sur	5.40 pm	164	59,8	75,3	85,6

TRAMO AV EL HATILLO- FARMATODO CIED

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom.	DBMax
Sur	5.50 pm	165	61,4	75,0	90,7
Sur	5.55 pm	166	60,7	77,0	91,8
Norte	6.05 pm	167	61,6	74,5	91,2
Norte	6.10 pm	168	62,4	76,2	86,3

ESTUDIO DE IMPLANTACION DE BARRERAS ANTIRUIDO

REGISTRO DE MEDICIONES DE RUIDO EN LATERAL DE CALZADA

N ESTACION

FECHA

IDENTIFICACION DE LA VIALIDAD Y UBICACIÓN =

26/08/2008

HORA

DIA Martes

TRAMO EL HATILLO-PROTER&GAMBLE-CENTRO MEDICO

LISTADO DE MEDICIONES REGISTRO DE DATOS

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DBMax
Sur	9.35 am	169	59,7	69,5	82,3
Sur	9.45 am	170	60,9	72,9	83,0
Norte	9.50 am	171	63,1	74,3	88,4
Norte	10.00 am	172	64,8	74,7	88,8

TRAMO AV EL HATILLO' CENTRO MEDICO LA TRINIDAD

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DBMax
Norte	10.10 am	173	59,9	77,3	93,9
Norte	10.15 am	174	62,4	75,9	92,5
Sur	10.20 am	175	60,6	74,8	86,3
Sur	10.25 am	176	61,2	76,6	89,7

TRAMO AV EL HATILLO' FARMATODO CIED

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DBMax
Sur	10.30am	177	62,9	75,9	89,2
Sur	10.35am	178	64,9	74,4	83,8
Norte	10.40am	179	62,9	79,5	98,8
Norte	10.45am	180	60,6	72,8	86,1

TRAMO EL HATILLO-PROTER&GAMBLE-CENTRO MEDICO

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DBMax
Sur	5.00 p.m.	181	61,0	73,8	86,5
Sur	5.10pm	182	63,1	77,5	91,6
Norte	5.15 pm	183	64,3	79,2	94,8
Norte	5.20 pm	184	62,6	75,7	97,2

TRAMO AV EL HATILLO' CENTRO MEDICO LA TRINIDAD

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DBMax
Norte	5.25 pm	185	62,3	75,5	89,1
Norte	5.30 pm	186	64,1	75,9	89,0
Sur	5.35 pm	187	62,4	76,9	89,6
Sur	5.40 pm	188	60,5	76,1	86,6

TRAMO AV EL HATILLO' FARMATODO CIED

Lateral	Hora	N registro	DB Min	DB Prom	DBMax
Sur	5.50 pm	189	62,1	75,8	91,7
Sur	5.55 pm	190	61,4	77,8	92,8
Norte	6.05 pm	191	62,3	75,3	92,2
Norte	6.10 pm	192	63,1	77,0	87,3