



UNIVERSIDAD
DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL
PIRHUA

CRITERIOS PARA EL PLANEAMIENTO DE LA CIUDAD DE PIURA

Darío Segundo Cumpa Alayza

Piura, 04 de Septiembre de 2002

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil

Septiembre 2002



Esta obra está bajo una [licencia](#)
[Creative Commons Atribución-](#)
[NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](#)

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

**UNIVERSIDAD DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA**



“Criterios para el planeamiento de la ciudad de Piura”

**Tesis para optar por el Título de
Ingeniero Civil**

Dario Segundo Cumpa Alayza

Asesor : Ing. Germán Gallardo Zevallos

Piura, Setiembre 2002

PROLOGO

La crisis económica en la cual se encuentra el Perú desde hace muchos años, la ausencia de un adecuado Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Piura, el crecimiento explosivo que experimentan las ciudades, incrementado en gran parte por la migración de la gente del campo a la ciudad, además de la imperiosa necesidad de la población de buscar un lugar donde vivir, vienen provocando la invasión de terrenos de la localidad que muchas veces no están preparados para este uso de vivienda. Estas invasiones, con el pasar del tiempo comienzan a constituir los diversos Asentamientos Humanos que se vienen formando en el Perú y en particular en Piura. Esto se viene agudizando con el tiempo debido a la política planteada por el gobierno, y por las mismas Municipalidades, de propiciar el lote individual derivando en el crecimiento horizontal de la ciudad. Esta forma de crecimiento genera tugurización, lo que da como consecuencia una urbe inhumana, pues es muy costoso habilitar los servicios de agua desagüe, etc.

Este crecimiento horizontal se hace, en la mayoría de ciudades, a expensas de la tierra agrícola. En el caso particular de Piura se agrava esta situación al considerar que además los suelos están sueltos y ubicados algunas veces en cotas muy bajas.

Efectivamente, como ya se mencionó, la formación de estos asentamientos humanos se hace de forma desordenada, provocando que la ciudad crezca horizontalmente y dejando completamente de lado la opción del crecimiento y desarrollo vertical tan necesario en estos tiempos. Esto se viene desarrollando debido a las grandes extensiones de terreno con las que cuenta la ciudad en sus alrededores; pero sin tener en cuenta los grandes problemas que este crecimiento provocará en la ciudad dentro de algunos años.

En Piura existen muchos Asentamientos Humanos ubicados en zonas clasificadas como no habitables y también otros se han ubicado en zonas donde no existe un mínimo estudio de factibilidad de servicios; es por ello que la mayoría de los Asentamientos Humanos carecen de las condiciones mínimas para poder vivir (luz, agua, alcantarillado), constituyendo así una seria preocupación para las autoridades.

Adicionalmente, dichos Asentamientos Humanos podrían estar ubicados en zonas de alto riesgo ante fenómenos naturales (sismo, inundaciones, etc.). Es notoria la falta de un adecuado Planeamiento de la ciudad y sobre todo de estudios que la avale, este aspecto es de singular importancia y constituye materia de la presente Tesis.

La ciudad de Piura está ubicada en la zona norte del Perú tiene un clima cálido y relativamente seco, con lluvias promedio muy escasas, que bordean los 70 mm. anuales en la temporada Diciembre-Marzo. Esto contrasta bruscamente cuando se produce la presencia del Fenómeno El Niño; el cual produce lluvias de aproximadamente 623 mm. mensuales como las que se registraron en Piura en los años 97-98. En Piura, la presencia cada vez más frecuente de este fenómeno, afecta de modo impresionante a la ciudad y a la región, a las diferentes infraestructuras, vial, agrícola, urbana, etc. Es necesario por tanto hacer investigaciones sobre la vulnerabilidad de Piura y tomar en cuenta estos estudios para elaborar el Planeamiento de la Ciudad.

Uno de los fenómenos asociados a la presencia de este evento lluvioso es la licuación de arenas sueltas, que da como resultado la pérdida considerable de la capacidad portante del suelo, produciendo, si no se han tomado las medidas necesarias, el colapso de muchas estructuras que no han tomado en cuenta la presencia de este fenómeno.

La Universidad de Piura ha realizado estudios en varias zonas de la ciudad, los cuales indican que hay zonas de bajas capacidades portantes y de niveles freáticos altos, así como zonas de probable inundación por lo cual es necesario un estudio de drenaje para resolver estos problemas.

Uno de los problemas que afronta la ciudad Piura lo constituyen las diferentes vías urbanas y su rápido deterioro, así como el existente caos en el tránsito de nuestra ciudad. Es fundamental realizar los estudios respectivos y tratar de dar una solución a estos problemas poniendo en práctica las recomendaciones de dichos estudios a la hora de realizar el planeamiento de la ciudad.

Adicionalmente en Piura se tiene el grave problema de Contaminación Ambiental debido a varios factores como son: la presencia de residuos sólidos, a los cuales no se les da un plan adecuado para su tratamiento y posterior almacenamiento; la presencia de residuos líquidos no tratados, los cuales son vertidos en el río o en zonas no apropiadas para dicho fin; la creciente contaminación atmosférica, debido principalmente al tránsito vehicular; la contaminación por ruido, debido a la falta de una adecuada política de control.

Todos los problemas antes mencionados hacen ver la necesidad de realizar diversos estudios, con los cuales se podrá realizar un adecuado planeamiento de la ciudad.

Esta tesis tiene el propósito de recopilar información de los diferentes problemas que aquejan a la ciudad, analizar y dar a conocer algunos de los principales criterios necesarios en el Planeamiento de la ciudad de Piura. Además tiene como finalidad informar sobre la realidad de los Asentamientos Humanos en Piura.

Finalmente, quisiera agradecer a mi asesor Ing. Germán Gallardo Cevallos por el asesoramiento otorgado y de manera especial a todas aquellas personas que de forma desinteresada aportaron generosamente para el desarrollo y culminación del presente trabajo.

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es el de recopilar la mayor cantidad de información acerca de los diferentes problemas que aquejan a la ciudad de Piura, analizar dicha problemática y dar a conocer los diferentes criterios que se deben tener en cuenta al momento de realizar el planeamiento de la ciudad lo cual permitirá establecer las medidas correctivas para reducir o minimizar los daños que podría sufrir la población.

El trabajo se ha dividido en seis partes, la primera consiste en analizar y dar a conocer los criterios de ingeniería geotécnica que se deben tener en cuenta al momento de realizar el planeamiento de la ciudad. En la segunda parte se analiza la problemática de las vías urbanas y del transporte en la ciudad de Piura, así mismo se da a conocer los diferentes criterios y pautas que se deben seguir para un adecuado manejo vial y de transporte. En la tercera parte se da a conocer la metodología necesaria para el Análisis de tormentas y su correcta interpretación; así mismo se dan a conocer los criterios que se deben tener en cuenta para la elaboración del drenaje de la ciudad. En la cuarta parte se realiza una investigación acerca de los principales agentes contaminantes y se dan los criterios necesarios para hacerles frente, evitando así el deterioro gradual de la salud de la población. En la quinta parte contiene un informe acerca de la realidad de los Asentamientos Humanos y su formación, se da a conocer como los criterios vistos anteriormente son necesarios e imprescindibles al momento de realizar el planeamiento urbano de la ciudad de Piura. Finalmente en la sexta parte se dan a conocer las conclusiones y recomendaciones a las que nos conduce todo lo anteriormente expuesto.

INDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: CRITERIOS DE INGENIERIA GEOTECNICA	
1.1 Introducción	3
1.2 In fluencia del suelo ante amenaza sísmica	3
1.3 Estudio de Mecánica de Suelos según la Norma Peruana	4
1.3.1 Aplicaciones de las Técnicas de Investigación	4
1.3.2 Informe del Estudio de Mecánica de Suelos	5
1.4 Caracterización de los suelos de Piura usando ensayos SPT	7
1.4.1 Determinación del Perfil Estratigráfico de la zona estudiada	7
1.4.2 Capacidad Portante	10
1.5 Identificación de zonas de potencial licuación de suelos en la ciudad de Piura con ensayos SPT	11
1.5.1 Niveles Freáticos en Piura	11
1.5.2 Evaluación del Potencial de Licuación realizado por Pinto	12
1.6 Estudio Comparativo con nuevos ensayos SPT de la zona Descrita por Chiroque y Pinto	12
1.6.1 Ubicación de los ensayos	12
1.6.2 Selección del método para cálculos de Capacidad Portante	13
1.6.3 Cálculo de la Capacidad Portante “ q_a ” por Terzaghi Peck	13
1.6.4 Cálculo de la Capacidad Portante “ q_a ” por Terzaghi para corte	19
1.6.5 Cálculo de la Capacidad Portante “ q_a ” por Brinch Hansen para corte	22
1.6.6 Evaluación de Potencial de Licuefacción	24
1.7 Estudio Geológico, Geotécnico y de Mecánica de Suelo para la Habilitación Urbana UPIS Luis Antonio Eguiguren, Los Polvorines y Zonas aledañas al parque Kurt Beer.	27
Resumen	29

CAPITULO II: CRITERIOS DE INGENIERIA VIAL Y DE TRANSPORTES

2.1	Introducción	30
2.2	Desarrollo Histórico de Piura	31
2.3	Jerarquización Vial	34
2.3.1	Criterios de Jerarquización Municipal de las redes Viales Urbanas	35
2.4	Ejes Viales de Piura	36
2.5	Concepción de Esquemas Viales en el Desarrollo Urbano	36
2.5.1	Proporción del área vial al área Urbana	36
2.5.2	Espaciamiento de la red vial Urbana	36
2.6	El transporte y el uso del suelo	37
2.7	Evaluación breve del Transporte en Piura	39
2.7.1	Pavimentos	40
2.7.2	Infraestructura Vial	41
2.7.3	Terminal Terrestre	42
2.7.4	Sistema Público de Transporte masivo	42
2.7.5	Sistema Público de transporte auxiliar	44
2.7.6	Sistema de transporte pesado	45
2.7.7	Combatir la Informalidad	45
2.8	Plan Maestro de Transporte de los Distritos de Piura y Castilla	46
2.9	Análisis y Proyecciones del transporte	48
2.9.1	Pronósticos del volumen del tránsito futuro	48
2.9.2	Capacidad Vial y Nivel de Servicio	49
2.9.2.1	Concepto de Capacidad Vial	49
2.9.2.2	Concepto de Nivel de Servicio	50
	Resumen	51

CAPITULO III: CRITERIOS DE INGENIERIA HIDROLOGICA E HIDRAULICA

3.1	Introducción	53
3.2	Fenómeno El Niño	54
3.2.1	Descripción del fenómeno El Niño	55
3.2.2	Breve Historia del Fenómeno El Niño	56
3.2.3	Características de la presencia del Fenómeno El Niño	57
3.2.4	El Fenómeno El Niño en Piura	57
3.3	Hidrología para el cálculo de tormentas	58
3.3.1	Factores Hidrológicos	59
3.4	Análisis de Frecuencia	59
3.4.1	Distribuciones de Valores Extremos: Método de Gumbel	59
3.5	Tormentas de Diseño	60
3.5.1	Curvas IDF mediante un Análisis de Frecuencia	61
3.6	Análisis comparativo del estudio realizado por la Empresa Consultora y la Evaluación realizada por la Universidad de Piura	62
3.6.1	Diseño de Precipitaciones	62
3.6.1.1	Enfoque del Proyecto realizado por la Empresa Consultora	62
3.6.1.2	Evaluación del Proyecto realizado por la Universidad de Piura	64
3.6.1.3	Conclusión sobre el Análisis de tormentas	65

3.6.2	Determinación de descargas	65
3.6.2.1	Cálculo de la Descarga según enfoque de la Empresa Consultora	69
3.6.2.2	Revisión del cálculo de la descarga realizado por la Universidad de Piura	71
3.6.2.3	Conclusión sobre el cálculo de caudales	72
3.7	Hidráulica para el Drenaje Urbano	72
3.7.1	Norma Técnica para el Drenaje Pluvial Urbano	73
3.7.1.1	Conclusión sobre el cálculo de caudales	73
3.7.2	Análisis de Riesgos en el Diseño de Drenajes	74
3.7.3	Características de las vías canal	75
3.7.4	Criterios de Diseño	76
3.7.5	Empleo de Tuberías	77
3.7.6	Formulas de Calculo	77
3.7.7	El plan Maestro de Drenaje de Piura	79
	Resumen	88

CAPITULO IV: CRITERIOS DE INGENIERIA SANITARIO AMBIENTAL

4.1	Introducción	90
4.2	Contaminación debido a Residuos Sólidos	91
4.2.1	Clasificación de Residuos Sólidos	91
4.2.2	Manejo de Residuos Sólidos	92
4.2.3	Sistema de Manejo de Residuos Sólidos	93
4.2.4	Riesgo asociado al manejo de residuos sólidos	93
4.2.5	Producción per Cápita (PPC)	95
4.2.5.1	Estimación teórica de Producción per Per (PPC)	95
4.2.5.2	Estadísticas de Generación	96
4.2.6	Características de los residuos sólidos	96
4.2.7	Recolección de residuos	98
4.2.8	Disposición final del residuo	98
4.2.9	Relleno sanitario	99
4.2.9.1	Requerimientos generales de los rellenos sanitarios	100
4.2.10	Tipos de rellenos	100
4.2.10.1	Método de trinchera o zanja	100
4.2.10.2	Método de área	100
4.2.11	Criterios Ambientales en rellenos sanitarios	100
4.2.12	Zonas de exclusión	102
4.2.13	Medidas de mitigación del Impacto Ambiental producido por el relleno sanitario	103
4.3	Contaminación debido a residuos líquidos	104
4.3.1	Problemática del Abastecimiento de Agua en Piura	104
4.3.2	Contaminación del agua	106
4.3.3	Definición de contaminación de aguas	106
4.3.4	Aguas Residuales	107
4.3.4.1	Los vertidos humanos como contaminantes	107
4.3.5	Composición y características de las aguas residuales	108
4.3.6	Tratamiento de aguas residuales en la región	108
4.3.7	Lagunas de estabilización	109

4.3.7.1	Objetivos de las lagunas de estabilización	110
4.3.7.2	Lagunas de oxidación existentes en la ciudad de Piura	110
4.3.7.3	Evaluación del Impacto	111
4.3.7.4	Uso de los efluentes	111
4.3.7.5	Riesgos ambientales en la instalación inadecuada de las lagunas de estabilización	112
4.4	Contaminación Atmosférica	113
4.4.1	Contaminantes gaseosos	114
4.4.1.1	Compuestos gaseosos del carbono	114
4.4.1.2	Compuestos gaseosos del azufre	116
4.4.1.3	Compuestos gaseosos del Nitrógeno	116
4.4.1.4	Gases Halogenados	117
4.4.1.5	El ozono	117
4.4.1.6	Metales	117
4.4.1.7	Partículas y aerosoles	118
4.4.2	Límites máximos permisibles de emisiones contaminantes vehiculares	118
4.4.3	Procedimientos de Prueba y Análisis de emisiones vehiculares	119
4.4.3.1	Medición de gases	119
4.4.3.2	Equipo para la medición de emisiones	120
4.4.4	Calidad del Aire en Piura	121
4.5	Contaminación por ruido	122
4.5.1	El ruido y el sonido	122
4.5.2	Fuentes de contaminación por ruido	123
4.5.3	Clasificación de los sonidos	123
4.5.4	Daño auditivo	124
4.5.5	Estándares de ruido	126
4.5.6	Control del ruido	126
4.5.7	Configuración Urbanística	127
Resumen		128

CAPITULO V: CRITERIOS DE URBANISMO

5.1	Ubicación	130
5.2	Descripción de la ciudad de Piura (zona en estudio)	130
5.2.1	Ubicación	130
5.2.2	Características	132
5.2.3	Evolución Histórica de las ciudades	132
5.2.4	Breve descripción de la evolución histórica de la ciudad de Piura	132
5.2.5	Problemática de la migración Rural – Urbana	134
5.2.6	Breve descripción de Problemática de las Urbanizaciones y Asentamientos Humanos en Piura	135
5.3	Núcleos Urbanos	136
5.4	Los Asentamientos Humanos	136
5.4.1	Los Asentamientos Humanos en Piura	136
5.4.2	La importancia del reconocimiento Municipal	137
5.4.3	El origen de los Asentamientos Humanos	137
5.4.4	Lista de Asentamientos Humanos en Piura	138
5.5	Urbanización Popular de Interés Social	140

5.5.1	Descripción y características	140
5.5.2	Lista de UPIS en Piura	140
5.6	La ciudad y su ordenamiento Urbano	141
5.6.1	Herramientas de orden Urbano	141
5.6.2	Planificación del desarrollo de la ciudad	141
5.6.3	Plan Director	141
5.6.4	Lineamientos Básicos del Plan Director de la ciudad de Piura	142
5.7	Criterios de Ingeniería necesarios para el Desarrollo Urbano	144
5.7.1	Condiciones básicas de habitabilidad	144
5.7.2	Criterios de Ingeniería Geológica	144
5.7.3	Criterios de Ingeniería Vial y de Transporte	145
5.7.4	Criterios de Ingeniería Hidrológica y Hidráulica	145
5.7.5	Criterios de Ingeniería Sanitario Ambiental	146
	Resumen	147

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO A

ANEXO B

ANEXO C

ANEXO D

INTRODUCCION

La presente tesis titulada “*Criterios para el planeamiento de la ciudad de Piura*” fue desarrollada a partir de la necesidad y problemática que surge en la formación de nuevos núcleos urbanos o núcleos de viviendas en una ciudad, y en especial en la ciudad de Piura. El objetivo principal es dar a conocer los diversos criterios y ramas de la Ingenierías que se deben tener en cuenta en el planeamiento de un nuevo Núcleo Urbano y principalmente en el planeamiento de la ciudad de Piura. Para ello el trabajo se ha llevado a cabo en seis capítulos como se detalla a continuación:

Capítulo I: “Criterios de Ingeniería Geotécnica”, presenta conceptos y criterios básicos relacionados con la Geotecnia y la Mecánica de Suelos, así como una breve descripción de la metodología necesaria para realizar un correcto análisis, además de los ensayos usados en la determinación de los parámetros para hallar la Vulnerabilidad de los suelos y como se deben tener en cuenta al momento de construir en Piura, enfatizando aquellos relacionados a la estabilidad de los suelos y su comportamiento ante eventos naturales.

Capítulo II: “Criterios de Ingeniería Vial y de Transportes”, presenta conceptos y criterios básicos relacionados con el Análisis del Transporte en una ciudad, descripción de los principales problemas que afectan a la ciudad de Piura. Se dan a conocer los criterios básicos en cuanto a la Ingeniería Vial, y los diferentes parámetros que se deben tener en cuenta en la concepción de nuevas vías.

Capítulo III: “Criterios de Ingeniería Hidrológica e Hidráulica”, presenta conceptos y criterios básicos relacionados con el Análisis de Tormentas, el cual es el primer paso para poder realizar un diseño Hidráulico correcto, así como también se da a conocer los conceptos básicos que se deben tener en cuenta al momento de realizar un diseño hidráulico el cual aseguraría un buen funcionamiento del drenaje urbano en la ciudad.

Capítulo IV: “Criterios de Ingeniería Sanitaria Ambiental”, presenta conceptos y criterios básicos relacionados con el Impacto Ambiental producido por el hombre en la sociedad. Los conceptos, criterios y acciones que se deben tener en cuenta para evitar la

contaminación debido a residuos sólidos y líquidos, contaminación por ruido, y contaminación atmosférica.

Capítulo V: “Criterios de Urbanismo”, presenta conceptos y criterios básicos relacionados con el Diseño Urbano, además nos muestra los criterios de Ingeniería que se deben tener en cuenta al momento de diseñar.

Capítulo VI: “Conclusiones y Recomendaciones”, presenta las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron en el presente trabajo de investigación.

Este trabajo marca el inicio de una línea de investigación sobre la problemática de vivienda y desarrollo urbano de las ciudades que necesitan ser investigadas en la región de Piura. Dentro de esta línea de investigación observamos el enorme empuje de los Asentamientos Humanos y el uso necesario de los diversos criterios de la Ingeniería para su desarrollo. Se observa también la influencia marcada de los fenómenos naturales que impactan a estos núcleos de desarrollo además de los problemas generados por la acción del hombre (problemas viales y de transporte, contaminación ambiental) y se concluye la gran necesidad de resolver los diferentes problemas que afronta la ciudad para garantizar su seguridad, condición primordial para aspirar a su posterior desarrollo.

CAPITULO I: CRITERIOS DE INGENIERIA GEOTECNICA

1.1 INTRODUCCIÓN

El estudio de la Mecánica de Suelos ha alcanzado hoy en día un gran desarrollo en los países más avanzados a nivel mundial. Todo este gran adelanto científico logrado no es sino consecuencia de haber comprendido que el suelo constituye un elemento de primordial importancia para la ejecución de cualquier obra o proyecto de construcción, es decir, se ha tomado conciencia que mientras mayor sea la información que se tenga, menor será la probabilidad de que la estructura falle ya que se habrán tomado las medidas correctivas apropiadas, si las hubiese, así como las respectivas precauciones que el caso amerite. Se ha hecho una recopilación de los estudios de Ingeniería existentes, realizados para la ciudad de Piura. Haremos una breve reseña de cada uno de ellos. Además se ha considerado los datos hallados entre 1995 y 2002 para la zona en estudio (definida por algunas zonas urbanizadas de la ciudad de Piura, y zonas de probable expansión urbana), los cuales han permitido actualizar la información presentada por el Ing. Chiroque y el Ing. Pinto.

1.2 INFLUENCIA DEL SUELO ANTE AMENAZA SÍSMICA

La influencia del suelo es enorme y es materia de estudio de la Dinámica de Suelos. Se tiene que considerar aquellos comportamientos del suelo que aumentan la capacidad destructiva de un sismo y que están asociados principalmente al desarrollo de fallas en el terreno. La mayor parte de fallas del terreno ocasionadas por un sismo son producidas por:

- Licuación de arenas saturadas y limos.
- Debilitamiento de arcillas sensitivas.
- Desacoplamiento del suelo y la roca en taludes empinados.

De los tres comportamientos, el más probable que ocurra en un futuro inmediato dada las condiciones favorables del suelo y la sismicidad de la zona de Piura, es el de licuación de suelos.

El fenómeno de Licuación se define como la transformación de un material granular de estado sólido en estado licuado como consecuencia del incremento de la presión intersticial y por consiguiente la reducción del esfuerzo efectivo. La licuación en sí no es una falla del terreno, pero cuando existen condiciones favorables, tales como pendiente del terreno y extensión de la zona licuada, generalmente la licuación produce dichas fallas.

1.3 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS SEGÚN LA NORMA PERUANA

La norma Peruana, es la encargada de establecer los requisitos necesarios para la ejecución de Estudios de Mecánica de Suelos (EMS) con fines de cimentación de edificaciones y de diferentes obras civiles. La obligatoriedad de esta norma comprende todo el territorio nacional.

En los casos en que es obligatorio un EMS, el informe correspondiente deberá ser firmado por el Profesional Responsable. Así mismo deberá incluirse en los planos de cimentación una transcripción literal del resumen de las condiciones de cimentación que en el EMS deberá constar expresamente para ser transcrito en los planos de cimentación.

Todos los documentos deben ser firmados por el profesional responsable, que por lo mismo asume la responsabilidad del contenido y de las conclusiones del informe. El profesional responsable no debe delegar a terceros dicha responsabilidad.

1.3.1 Aplicación de las técnicas de Investigación

Las técnicas de Investigación de Campo aplicables al uso de los EMS son las siguientes:

- **PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN MÍNIMO**

a) Número “n” de puntos a investigar

En urbanizaciones es de 3 puntos por cada Ha. de terreno habilitado; para edificaciones, el n a usar dependerá del tipo de edificación y del área de superficie a ocupar por éste.

b) Profundidad “p” mínima a alcanzar en cada punto

En un edificio sin sótano, p será igual a la distancia D_f . (distancia vertical de la superficie del terreno al fondo de la cimentación) más la distancia z (es igual a $1.5 B$, siendo B el ancho de la cimentación prevista de mayor área).

En caso de ser conocida la existencia de un estrato resistente que normalmente se utiliza como plano de apoyo de la cimentación en la zona, a juicio y bajo responsabilidad del Profesional Responsable, se podrá adoptar para p la profundidad del estrato resistente más una profundidad de verificación, la cual no deberá ser menor de 1m. La profundidad p mínima será de 3m.

c) Distribución de los puntos de exploración

Se distribuirán uniformemente en la superficie del terreno y por lo menos el 70% de los puntos caerán dentro de la superficie a ocuparse con la edificación.

1.3.2 Informe del Estudio de Mecánica de Suelos EMS.

El Informe del EMS comprenderá:

- Memoria Descriptiva.
- Planos y Perfiles de Suelos.
- Resultados de los Ensayos “In-Situ” y de Laboratorio.

• MEMORIA DESCRIPTIVA

a) Resumen de las condiciones de cimentación

Descripción resumida de todos y cada uno de los tópicos principales del informe:

- Tipo de cimentación.
- Estrato de apoyo de la cimentación.
- Parámetros de diseño para la cimentación (profundidad de la cimentación, presión admisible, factor de seguridad para corte y asentamiento diferencial o total).
- Agresividad del suelo a la cimentación.
- Recomendaciones adicionales inherentes a las condiciones de cimentación.

b) Información Previa

Descripción detallada de la información recibida de quien solicita el EMS y de la recolectada por el Profesional Responsable.

c) Exploración de campo

Descripción de los ensayos efectuados, con referencia a las Normas empleadas en el campo.

d) Ensayos de Laboratorio

Descripción de los ensayos efectuados, con referencia a las Normas empleadas en el Laboratorio.

e) Perfil del Suelo

Descripción de los diferentes estratos que constituyen el terreno investigado indicando para cada uno de ellos: origen, nombre y símbolo del grupo del suelo, según el sistema unificado de suelos (SUCS, ASTM D 2487), plasticidad de los finos, consistencia o densidad relativa, humedad, color, tamaño máximo y angularidad de las partículas, olor, cementación y otros comentarios (raíces o cavidades, etc.) de acuerdo a la Norma ASTM D 2488.

f) Nivel de la Napa Freática

Ubicación de la napa freática indicando la fecha de medición y comentarios sobre su variación en el tiempo.

g) Análisis de la Cimentación

Descripción de las características físico mecánicas de los suelos que controlan el diseño de la cimentación. Análisis y diseño de solución para cimentación. Se incluirá memorias de cálculo en cada caso, en la que deberá indicarse todos los parámetros utilizados y los resultados obtenidos. En esta sección se incluirá como mínimo:

- Memoria de cálculo.
- Tipo de cimentación y otras soluciones si las hubiera.
- Profundidad de cimentación (Df).
- Determinación de la carga de rotura al corte y factor de seguridad (FS).
- Estimación de los asentamientos que sufriría la estructura con la carga aplicada (diferenciales y/o totales).
- Presión admisible del terreno.
- Indicaciones de las precauciones especiales que deberá tomar el diseñador o el constructor de la obra, como consecuencia de las características particulares del terreno investigado (Efecto de la napa freática, contenido de sales agresivas al concreto, etc.).
- Parámetros para el diseño de muros de contención y/o calzada.
- Otros parámetros que se requieran para el diseño o construcción de las estructuras y cuyo valor depende directamente del suelo.

h) Efecto de sismo

Se proporcionará la información suficiente para la aplicación de las Normas de Diseño Sismo-Resistente vigentes y como mínimo:

S = Factor del suelo.

T_s = Período predominante de vibración del suelo.

Estos valores serán determinados a partir de las características de los suelos que conforman el perfil estratigráfico.

Para una condición de suelo o estructura que lo amerite, el profesional responsable, deberá recomendar la medición “in-situ” del período fundamental del suelo, a partir del cual se calculará su período predominante de vibración.

En el caso que en la zona activa de la cimentación, se encuentren suelos granulares saturados sumergidos de los tipos: arenas limos no plásticos o gravas contenidas en una matriz de estos materiales, el informe deberá evaluar el potencial de licuefacción de suelos.

- **PLANOS Y PERFILES DEL SUELO**

a) Plano de Ubicación del Programa de Exploración

Plano topográfico o planimétrico del terreno relacionado a una base de referencia y mostrando la ubicación física de la cota (ó BM) de referencia utilizada.

b) Perfil Estratigráfico por punto Investigado

Debe incluirse la información del perfil del suelo, así como las muestras obtenidas y los resultados de los ensayos “in situ”.

- **RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO**

Se incluirán los gráficos y resultados obtenidos en el laboratorio.

1.4 CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS DE PIURA USANDO ENSAYOS SPT

Este estudio fue realizado por Juan Carlos Chiroque, en la tesis titulada “Caracterización de los suelos de Piura usando ensayos SPT” (1995). El objetivo central de este estudio es determinar las principales propiedades físicas y mecánicas de los suelos de la ciudad de Piura; calcular los valores de capacidad portante y definir si existen puntos en los cuales exista la posibilidad de ocurrencia del fenómeno de licuación. Además, con toda la información y base de datos obtenida, se han definido rangos de valores reales para dichas propiedades motivo del presente estudio. Como se puede observar, estos datos fueron de hace 7 años, en cuyo lapso de tiempo se han llevado más investigaciones que deben tomarse en cuenta. Efectivamente, es motivo de este trabajo actualizar información y mejorar las conclusiones. Para ello se anexarán a esta información histórica los nuevos datos obtenidos. Este estudio estuvo comprendido entre las siguientes zonas, las cuales se muestran en el en el plano 1.1:

- Por el Norte: Av. Panamericana, desde la margen derecha del río Piura hasta la Av. Sullana (llegando al cementerio metropolitano).
- Por el Sur: La Av. Circunvalación, desde la margen derecha del río Piura hasta la Av. Gullman.
- Por el Este: La margen derecha del río Piura, desde la Av. Panamericana hasta la Av. Circunvalación.
- Por el Oeste: Las Avenidas Sullana, Blas de Atienza y Gullman, desde la Av. Panamericana hasta la Av. Circunvalación.

1.4.1 Determinación del Perfil Estratigráfico de la Zona estudiada

- **Descripción del perfil tomado en una cota promedio de 29.71 m. desde 0.0 m. a 1.0 m. de profundidad.**

Se trata de relleno superficial constituido por: desechos de ladrillo, desmonte, arena media a fina en estado suelto, materia inorgánica y limosa, grava areno-arcillosa de color marrón claro. Presenta baja compacidad y en algunos casos en estado húmedo. La potencia del relleno podría variar dependiendo de la cota natural del terreno, lo importante es que una vez superado dicho relleno, la secuencia de los estratos es como se indica en el perfil típico.

Se puede apreciar que la napa es poco profunda en aquellas zonas donde existen depresiones topográficas importantes como es el caso del antiguo cauce del río Piura o cerca de las márgenes del río. Para años lluviosos se pueden esperar fluctuaciones pico de gran magnitud que afectan a numerosas zonas, modificando radicalmente las características de la napa freática. Tomando como base datos obtenidos en los diferentes estudios, se ha determinado una profundidad de napa freática promedio de 5.56 metros. Cabe destacar que en presencia del fenómeno del niño este valor variará de 1.5 a 2 metros en promedio es decir se ubicará a 3.56 metros de profundidad.

A continuación se muestra en la figura 1.1 el perfil estratigráfico de la zona analizada.

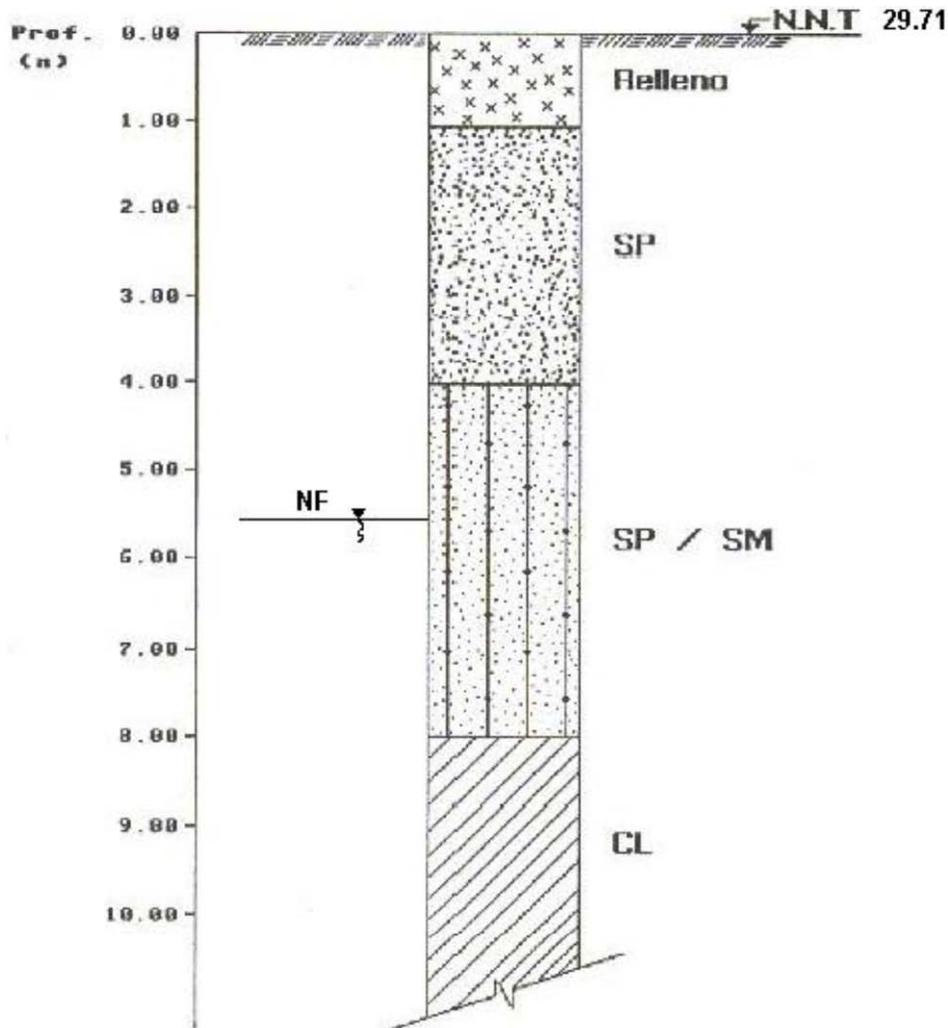


Figura 1.1 Perfil Estratigráfico de la zona

- **Descripción del perfil desde 1.0m a 4.0m de profundidad. Suelo tipo SP**

Granulometría:

Está compuesto por arena fina limpia mal graduada, de origen eólico y de color marrón claro.

Los valores de D_{10} (diámetro efectivo) y C_U (coeficiente de uniformidad) varían entre:

$$0.85 < D_{10} < 0.135$$

$$1.50 < C_U < 1.60$$

Contenido de Humedad (w):

Debido a que no se tiene registro de puntos fijos en la ciudad no es posible definir rangos del porcentaje del contenido de humedad ya que se trata de un valor

errático. Lo que sí se puede afirmar es que su valor se mantiene bajo, en el orden de 5% aproximadamente.

La profundidad del nivel freático oscila entre los 2m y 5m, dependiendo de la ubicación.

Gravedad específica:

Para éste estrato, G_s oscila entre $2.57 < G_s < 2.66$.

Resistencia al corte directo:

El ángulo de fricción interna obtenido de ensayos de corte directo están entre el siguiente rango $27^\circ \leq \phi \leq 36^\circ$

Análisis Químico:

El contenido de cloruros (Cl^-) alcanza valores máximos de 350 ppm. En algunos puntos la concentración de sulfatos (SO_4^-) llega a las 2 000 ppm. Según la norma Peruana, se tiene que para valores de SO_4^- se considera una exposición severa (los valores están entre 1500 y 10000) por lo cual se recomienda el empleo de cemento tipo V y de una relación agua/cemento máxima de 0.45. La presencia de cloruros esta dentro de los valores permisibles.

Cálculo de permeabilidad “K”:

Se ha obtenido los siguientes valores de K: $0.009 \leq K \leq 0.022$

- **Descripción del perfil desde 4.0m a 8.0m de profundidad. Suelo tipo SP/SM**

Granulometría:

Está compuesto por arena fina a media mal graduada, de origen eólico y de color marrón claro. Presenta limos no plásticos en un porcentaje que varía entre 6% y 11%

Los valores de D_{10} (diámetro efectivo) y C_U (coeficiente de uniformidad) varían entre:

$$0.074 < D_{10} < 0.13$$

$$1.35 < C_U < 2.00$$

Contenido de Humedad (w):

En la mayoría de puntos analizados el suelo se encuentra en estado saturado. El porcentaje de humedad alcanza valores de 25% aproximadamente.

Gravedad específica:

Para éste estrato, G_s oscila entre $2.63 \leq G_s \leq 2.67$.

Resistencia al corte directo:

El ángulo de fricción interna obtenido de ensayos de corte directo está entre el siguiente rango $29^\circ \leq \phi \leq 39^\circ$.

Análisis Químico:

La información que se tiene para este estrato es insuficiente.

Calculo de permeabilidad “K”:

Se han obtenido los siguientes valores de K: $0.009 < K < 0.022$.

- **Descripción del perfil desde 8.0m a 10.0m de profundidad. Suelo tipo CL.**

En algunos puntos se presentan lentes de arcilla con espesores de hasta 50 cm. dentro de los primeros 8 metros.

Contenido de humedad:

Se conoce que el suelo a esta profundidad se halla en estado saturado. La información es casi nula, por eso no es posible definir valores de “w”

Gravedad específica:

Para este estrato, G_s oscila entre $2.65 \leq G_s \leq 2.70$.

Límites de consistencia:

Los valores de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, son los siguientes:

$$25 < L.L < 37$$

$$8 < L.P < 22$$

$$9 < I.P < 19$$

$$10$$

Según esto valores se puede decir que se trata de una arcilla tipo CL, inorgánica, de mediana plasticidad, de baja compresibilidad.

1.4.2 Capacidad portante

Los pesos de estructura necesarios para hallar el q_a , fueron los pertenecientes a dos tipos de estructuras. Una estructura tipo A con Q igual a 75 toneladas y una estructura B con un Q igual a 288 toneladas.

Para efectos de predimensionamiento y elección del tipo de cimentación, se recomienda usar los siguientes rangos de valores aproximados, los cuales se muestran en la tabla 1.1:

Tabla 1.1 Valores Aproximados de Capacidad Portante

Profundidad de cimentación D_f (m)	Capacidad Portante q_a (kg/cm ²)
1.00 - 1.50	0.65
1.50 - 2.00	0.85
2.00 - 2.50	1.1

A continuación se presenta, en la tabla 1.2, el resumen de las características principales del perfil estratigráfico de la zona realizada. Además, en el anexo A, se muestra un resumen de los estudios empleados en el trabajo de Chiroque. A sí mismo se muestran los valores de ensayos SPT, para los principales puntos de la zona estudiada.

**Tabla 1.2 Resumen de Propiedades de Perfil Estratigráfico de Zona Analizada
S/D= sin determinar**

Propiedades	PROFUNDIDADES		
	1.0 - 4.0	4.0 - 8.0	8.0 - 10.0
Granulometría	0.85 < D ₁₀ < 0.135 1.50 < C _U < 1.60	0.074 < D ₁₀ < 0.13 1.35 < C _U < 2.00	S/D
Cont.de Humedad	< 5%	0.25	Saturado
Gravedad Especifica	2.57 < G _s < 2.66	2.63 £ G _s £ 2.67	2.65 £ G _s £ 2.70
Resistencia al Corte	27° £ f £ 36°	29° £ f £ 39°	S/D
Análisis Químico	Cl - 350 ppm SO ₄ - 2 000 ppm	La Información es insuficiente	S/D
Cálculo de Permeabilidad	0.009 £ K £ 0.022	0.009 < K < 0.022	S/D
Límites de Consistencia	S/D	S/D	S/D
LL	S/D	S/D	25 < L.L < 37
LP	S/D	S/D	8 < L.P < 22
IP	S/D	S/D	9 < I.P < 19

1.5 IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE POTENCIAL LICUACIÓN DE SUELOS EN LA CIUDAD DE PIURA CON ENSAYOS SPT

Este estudio fue realizado por Cesar Pinto Zegarra, en la tesis titulada “Identificación de zonas de potencial licuación de suelos en la ciudad de Piura con ensayos SPT”. El objetivo principal de éste estudio es determinar la extensión del área de posible licuación con diversas zonas de la ciudad de Piura. Los límites del área de estudio, los cuales se muestran en el plano 1.2, corresponden a aquella zona que presente la mayor concentración de sondajes recopilados. Los límites físicos son:

- Norte: con la UDEP,
- Sur: con la laguna Negra
- Este: con el río
- Oeste: con el AAHH Micaela Bastidas

La mayor parte de la información de esta tesis se basa en la recopilación de los ensayos SPT realizados por el Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción - L.E.M.C. de la UDEP y distintas instituciones públicas o privadas. Como criterio general se buscó la información más crítica y desfavorable ante el fenómeno analizado, para ello se tomaron los ensayos que presentaron menores resistencias a la penetración. Las profundidades de los sondajes oscilan entre los 3 a 9 m. Y están constituidos principalmente por arena de pobre graduación con algunos lentes de arcillas y limos.

1.5.1 Niveles Freáticos en Piura

La mayor parte de la información proporcionada corresponde a períodos de años secos o lluvias moderadas y no consideran la recarga del acuífero superficial durante los dos fenómenos El Niño (1983 y 1998), por lo que según estudios la variación puede llegar a un metro aproximadamente. En el plano 1.3 adjunto, se indican las áreas afectadas por la napa freática.

1.5.2 Evaluación del Potencial de Licuación realizado por Pinto

Pinto Zegarra determinó los lugares donde podría ocurrir licuación, en base a los datos obtenidos de los valores de los ensayos SPT. Se empleó el método descrito por SEED e IDRIS.

En el plano 1.4, se muestran las zonas con peligro de licuefacción. Como se puede apreciar en estos planos, el riesgo que ocurra licuación en la zona que el Municipio piensa emplear para una nueva habilitación urbana, que comprende el Proyecto de Habilitación Urbana UPIS Luis Antonio Eguiguren, Los Polvorines, y zonas Aledañas al Parque Kurt Beer es relativamente alto. Por tal motivo es conveniente efectuar un adecuado estudio de suelos en la zona.

1.6 ESTUDIO COMPARATIVO CON NUEVOS ENSAYOS SPT DE LAS ZONAS DESCRITAS POR CHIROQUE Y PINTO.

Se ha buscado nueva información en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Universidad de Piura, encontrándose 7 nuevos ensayos SPT, que por su ubicación nos pueden ayudar a realizar un análisis comparativo con los resultados obtenidos por Pinto y Chiroque. A partir de estos ensayos se analizará la capacidad portante y el peligro de licuefacción que se presente en dichos ensayos.

1.6.1 Ubicación de los ensayos

En la tabla 1.3 se muestra la ubicación de los nuevos ensayos así como el año de realización, cota y la profundidad máxima alcanzada en cada ensayo. Así mismo, en el plano 1.5 se muestra la ubicación de los diferentes ensayos SPT.

Tabla 1.3 Descripción de los ensayos realizados

Ensayo N°	Obra	Ubicación	Año	Cota	Profundidad
1	Terminal terrestre de Piura	Parque Centenario	1997	34.41	10.00
2	Centro educativo San José	San José	1999	30.83	7.45
3	Casa Puhira	Malecón Eguiguren	1999	29.45	9.45
4	Instituto Almirante Miguel Grau	Av. Grau	1999	35.41	6.45
5	Ampliación Colegio Vallesol	San Eduardo	1999	44.31	5.00
6	Edificio Multifamiliar "Las Casuarinas I"	Urbanización Los Geranios	2001	32.18	4.45
7	Catedral de Piura	Esquina Tacna Huancavelica	2001	29.64	4.95

1.6.2 Selección del Método para cálculo de Capacidad portante

En el caso de las arenas, generalmente, el diseño de la cimentación resulta controlado por los asentamientos. Por esto, el procedimiento usual consiste en dimensionar primero la cimentación por asentamiento y luego verificar que el factor de seguridad por corte no sea menor a 3.

Fueron Karl Terzaghi y Ralph Peck, quienes estudiaron el comportamiento de las arenas y propusieron una serie de fórmulas y consideraciones a tener en cuenta al momento de diseñar una cimentación superficial por asentamiento. Este método será el empleado para el cálculo por asentamiento, luego se verificará por el método de Terzaghi por corte, y luego este será comparado con el método de Brinch Hansen. En el método de Brinch Hansen gobierna el modo de falla por corte general.

1.6.3 Cálculo de la Capacidad Portante “ q_a ” por Terzaghi y Peck

El presente estudio ha considerado los cálculos efectuados por Chiroque, para dos estructuras, la primera “A” una edificación convencional de 3 pisos la cual tendrá una carga de 75 toneladas. La segunda, una edificación “B”, de hasta 8 pisos, la cual tendrá una carga de 288 toneladas.

Los diferentes valores de “N” obtenidos en los diferentes ensayos serán los valores a ser empleados en el cálculo de q_a .

En la tabla 1.4 se muestran los valores de “N”, obtenidos de los ensayos SPT efectuados en las diferentes obras.

Tabla 1.4.-Valores de “N” obtenidos de ensayos SPT

Terminal terrestre de Piura	Profundidad	2	3	4	6	8	9	10
	N	32	34	37	35	27	72	73
Centro educativo San Jose	Profundidad	1.15	2.15	3.15	4.15	5.15	-----	-----
	N	13	20	19	29	45	-----	-----
Casa Puhira	Profundidad	2	3	4	5	6	8	9
	N	5	7	8	4	6	20	36
Instituto Almirante Miguel Grau	Profundidad	1.15	2.15	3.15	4.15	5.15	6.15	-----
	N	16	21	23	40	43	73	-----
Pabellon de aulas Colegio Vallesol	Profundidad	1	2	3	4	4.85	-----	-----
	N	18	25	34	43	46	-----	-----
Edificio Multifamiliar Las Casuarinas I	Profundidad	1	2	3	4	-----	-----	-----
	N	11	50	49	41	-----	-----	-----
Catedral de Piura	Profundidad	1.5	3	4.5	-----	-----	-----	-----
	N	3	13	51	-----	-----	-----	-----

A continuación se muestran los valores obtenidos de “ q_a ” considerando una estructura tipo “A” para los diferentes ensayos SPT que se han tomado en cuenta.

ESTUDIO N° 1: TERMINAL TERRESTRE. ESTADIO CENTENARIO

Valores de "N" obtenidos im-situ				
Profundidad (m)	N	Df=1.50m Nprom.	Df=2.00m Nprom.	Df=2.50m Nprom.
2	32	32	32	-----
3	34	33	33	34
4	37	34	34	35
6	35	34	34	35
8	27 (21)	31	31	31
9	72 (43)	33	33	34
10	73 (44)	35	35	35

Los valores de “N” que se encuentran entre paréntesis, son los valores de “N” corregidos debido a la presencia de nivel freático.

Df (m)	B inicial (m)	N prom	f E	f Df	fNF	f d	q a	B final
1	1.53	32	1	1.10	1.00	0.53	1.45	2.27
	2.27	33	1	1.00	1.00	0.53	1.29	2.41
	2.41	34	1	1.00	1.00	0.53	1.32	2.39
1.5	1.53	33	1	1.32	1.00	0.53	1.79	2.05
	2.05	33	1	1.15	1.00	0.53	1.50	2.23
	2.23	34	1	1.11	1.00	0.53	1.48	2.25
2	1.53	33	1	1.38	1.00	0.53	1.88	2.00
	2.00	34	1	1.33	1.00	0.53	1.79	2.05
2.5	1.49	35	1	1.44	1.00	0.53	2.09	1.89
	1.89	35	1	1.38	1.00	0.53	1.93	1.97
	1.97	35	1	1.38	1.00	0.53	1.91	1.98

ESTUDIO N° 2: COLEGIO SAN JOSÉ. URBANIZACIÓN SAN JOSÉ

Valores de "N" obtenidos im-situ					
Profundidad (m)	N	Df=1.00m Nprom.	Df=1.50m Nprom.	Df=2.00m Nprom.	Df=2.50 Nprom.
1.15	13	13	-----	-----	-----
2.15	20	16	20	20	19
3.15	19	17	19	19	19
4.15	29 (22)	18	20	20	20
5.15	45 (30)	21	23	23	23

Df (m)	B inicial (m)	N prom	f E	f Df	fNF	f d	q a	B final
1	2.16	16	1	1.00	0.86	0.53	0.54	3.73
	3.73	19	1	1.00	0.71	0.53	0.50	3.87
	3.87	20	1	1.00	0.70	0.53	0.52	3.80
1.5	3.80	20	1	1.00	0.70	0.53	0.52	3.79
	1.94	20	1	1.18	0.84	0.53	0.78	3.09
	3.09	21	1	1.00	0.71	0.53	0.56	3.65
	3.65	23	1	1.00	0.68	0.53	0.58	3.59
2	3.59	23	1	1.00	0.68	0.53	0.58	3.58
	1.94	20	1	1.34	0.77	0.53	0.82	3.03
	3.03	22	1	1.11	0.67	0.53	0.62	3.48
2.5	3.48	23	1	1.05	0.65	0.53	0.59	3.57
	3.57	23	1	1.04	0.65	0.53	0.58	3.60
	1.94	20	1	1.38	0.71	0.53	0.77	3.11
	3.11	23	1	1.20	0.63	0.53	0.66	3.38
	3.38	23	1	1.16	0.62	0.53	0.62	3.48
	3.48	23	1	1.14	0.61	0.53	0.61	3.52

ESTUDIO N° 3: CASA PUHIRÁ. MALECÓN EGUIGUREN

Valores de "N" obtenidos im-situ				
Profundidad (m)	N	Df=1.50m Nprom.	Df=2.00m Nprom.	Df=2.50m Nprom.
2	5	5	5	-----
3	7	6	6	6
4	8	6	6	6
5	4	6	6	6
6	6	6	6	6
8	20	8	8	8
9	36	12	12	12

Df (m)	B inicial (m)	N prom	f E	f Df	fNF	f d	q a	B final
1.5	3.56	6	1	1.00	0.89	0.53	0.20	6.14
	6.14	7	1	1.00	0.72	0.53	0.18	6.40
	6.4	8	1	1.00	0.71	0.53	0.21	6.03
	6.03	7	1	1.00	0.73	0.53	0.18	6.38
	6.38	7	1	1.00	0.72	0.53	0.18	6.44
2	3.56	6	1	1.04	0.85	0.53	0.20	6.15
	6.15	8	1	1.00	0.70	0.53	0.20	6.07
	6.07	8	1	1.00	0.71	0.53	0.20	6.06
2.5	3.56	6	1	1.13	0.82	0.53	0.21	6.02
	6.02	9	1	1.00	0.69	0.53	0.22	5.79
	5.79	9	1	1.00	0.69	0.53	0.23	5.76

ESTUDIO N° 4: INSTITUTO ALMIRANTE MIGUEL GRAU. PROLONGACIÓN GRAU.

Valores de "N" obtenidos im-situ				
Profundidad (m)	N	Df=1.50m Nprom.	Df=2.00m Nprom.	Df=2.50 Nprom.
1.15	16	16	-----	-----
2.15	21	18	21	22
3.15	23	20	22	22
4.15	40	25	28	28
5.15	43	28	31	31
6.15	73	36	40	40

Df (m)	B inicial (m)	N prom	f E	f Df	fNF	f d	q a	B final
1.5	2.10	17	1	1.14	1.00	0.53	0.76	3.13
	3.13	26	1	1.00	1.00	0.53	0.98	2.76
	2.76	25	1	1.03	1.00	0.53	0.98	2.76
2	1.89	21	1	1.34	1.00	0.53	1.12	2.58
	2.58	29	1	1.18	1.00	0.53	1.32	2.39
	2.39	29	1	1.22	1.00	0.53	1.37	2.34
2.5	1.85	22	1	1.56	1.00	0.53	1.38	2.33
	2.33	30	1	1.34	1.00	0.53	1.57	2.19
	2.19	29	1	1.35	1.00	0.53	1.54	2.21

ESTUDIO N° 5: COLEGIO VALLESOL. URBANIZACIÓN SAN EDUARDO.

Valores de "N" obtenidos im-situ				
Profundidad (m)	N	Df=1.50m Nprom.	Df=2.00m Nprom.	Df=2.50 Nprom.
1	18	18	-----	-----
2	25	21	25	29
3	34	25	29	29
4	43	30	34	34
4.85	46	33	37	31

Df (m)	B inicial (m)	N prom	f E	f Df	fNF	f d	q a	B final
1.5	1.88	21	1	1.20	1.00	0.53	1.00	2.73
	2.73	30	1	1.03	1.00	0.53	1.18	2.52
	2.52	30	1	1.06	1.00	0.53	1.23	2.47
2	1.64	28	1	1.37	1.00	0.53	1.56	2.19
	2.19	34	1	1.27	1.00	0.53	1.69	2.10
	2.10	34	1	1.30	1.00	0.53	1.74	2.08
2.5	1.58	30	1	1.43	1.00	0.53	1.76	2.07
	2.07	32	1	1.37	1.00	0.53	1.72	2.09

ESTUDIO N° 6: EDIFICIO LAS CASUARINAS. URBANIZACIÓN LOS GERANIOS.

Valores de "N" obtenidos im-situ					
Profundidad (m)	N	Df=1.00m Nprom.	Df=1.50m Nprom.	Df=2.00m Nprom.	Df=2.50 Nprom.
1	11	11	-----	-----	-----
2	50	30	30	50	-----
3	49	36	36	49	49
4	41	37	37	46	45

Df (m)	B inicial (m)	N prom	f E	f Df	fNF	f d	q a	B final
1.00	1.64	28	1	1.07	1.00	0.53	1.22	2.48
	2.48	36	1	1.00	1.00	0.53	1.39	2.32
	2.32	37	1	1.00	1.00	0.53	1.44	2.28
1.50	1.58	30	1	1.30	1.00	0.53	1.59	2.17
	2.17	36	1	1.13	1.00	0.53	1.59	2.17
2.00	1.25	48	1	1.43	1.00	0.53	2.93	1.60
	1.60	47	1	1.37	1.00	0.53	2.64	1.69
	1.69	47	1	1.36	1.00	0.53	2.59	1.70
2.50	1.29	45	1	1.49	1.00	0.53	2.84	1.62
	1.62	45	1	1.42	1.00	0.53	2.61	1.69
	1.69	45	1	1.41	1.00	0.53	2.57	1.71

ESTUDIO N° 7: CATEDRAL DE PIURA. CALLE TACNA.

Valores de "N" obtenidos im-situ				
Profundidad (m)	N	Df=1.50m Nprom.	Df=2.00m Nprom.	Df=2.50 Nprom.
1.5	3	3	-----	-----
3	13	8	3	3
4.5	51	22	32	32

Df (m)	B inicial (m)	N prom	f E	f Df	fNF	f d	q a	B final
1.50	2.24	15	1	1.11	0.82	0.53	0.54	3.74
	3.74	22	1	1.00	0.69	0.53	0.57	3.63
	3.63	22	1	1.00	0.70	0.53	0.57	3.61
2.00	1.94	20	1	1.34	0.81	0.53	0.86	2.95
	2.95	32	1	1.12	0.70	0.53	0.95	2.80
	2.80	32	1	1.14	0.71	0.53	1.00	2.75
2.50	1.94	20	1	1.38	0.74	0.53	0.82	3.03
	3.03	32	1	1.21	0.66	0.53	0.97	2.79
	2.79	32	1	1.26	0.67	0.53	1.03	2.70
	2.70	32	1	1.28	0.68	0.53	1.06	2.66

A continuación se presenta en la tabla 1.5 el resumen de los valores de capacidad portante “q_a” obtenidos para las distintas profundidades de cimentación teniendo en cuenta el asentamiento.

Tabla 1.5 Resumen de Valores de “q_a” por Terzaghi y Peck.

Cuadro Resumen de los valores de "q_a"				
Ubicación del Ensayo	Profundidad " Df " (m)			
	1.0	1.5	2.0	2.5
	q a	q a	q a	q a
Terminal terrestre de Piura	1.32	1.48	1.79	1.91
Centro educativo San José	0.52	0.58	0.58	0.61
Casa Puhira	-----	0.18	0.20	0.23
Instituto Almirante Miguel Grau	-----	0.98	1.37	1.54
Ampliación Colegio Vallesol	-----	1.23	1.74	1.72
Edificio Multifamiliar "Las Casuarinas I"	1.44	1.59	2.59	2.57
Catedral de Piura	-----	0.57	1.00	1.06

Como se puede apreciar, los valores hallados en estos nuevos ensayos, guardan similitud con los valores hallados por Chiroque. Se debe advertir también que los valores de “q_a” hallados en el estudio hecho en la casa Puhira, son los más bajos.

1.6.4 Cálculo de la Capacidad Portante “ q_a ” por Terzaghi para corte

El método de Terzaghi nos permite hallar valores de q_u , y a través de estos valores verificar el factor de seguridad por corte que debe existir el cual debe ser igual o mayor de 3 para el caso estudiado.

Para la realización de estos cálculos se empleará también la carga obtenida de 75 toneladas para una zapata. Así mismo, los diferentes valores de ϕ obtenidos en los ensayos serán los empleados en la obtención de los valores de “ q_a ”.

A continuación se muestran los valores obtenidos de “ q_a ” considerando una estructura tipo “A” para los diferentes ensayos SPT que se han tomado en cuenta

ESTUDIO N° 1: TERMINAL TERRESTRE. ESTADIO CENTENARIO

Peso Unitario 1.62
NF 7

D	B inicial	s' D	f	Nq	N g	qa	B final
1	1.53	1.62	30	22.5	20.2	1.83	2.02
	2.02	1.62	30	22.5	20.2	2.04	1.92
	1.92	1.62	30	22.5	20.2	2	1.94
1.5	1.53	2.43	31	25.3	23.7	2.75	1.65
	1.65	2.43	31	25.3	23.7	2.81	1.63
2	1.53	3.24	32	28.5	28	3.9	1.39
	1.39	3.24	32	28.5	28	3.81	1.4
2.5	1.49	4.05	32	28.5	28	4.61	1.28
	1.28	4.05	32	28.5	28	4.49	1.29

ESTUDIO N° 2: COLEGIO SAN JOSÉ. URBANIZACIÓN SAN JOSÉ

Peso Unitario 1.62
NF 4.1

D	B inicial	s' D	f	Nq	N g	qa	B final
1	2.16	1.62	32	28.5	28	2.79	1.64
	1.64	1.62	32	28.5	28	2.48	1.74
	1.74	1.62	32	28.5	28	2.54	1.72
1.5	1.94	2.43	32	28.5	28	3.4	1.49
	1.49	2.43	32	28.5	28	3.13	1.55
	1.55	2.43	32	28.5	28	3.16	1.54
2	1.94	3.24	32	28.5	28	4.14	1.35
	1.35	3.24	32	28.5	28	3.79	1.41
2.5	1.41	3.24	32	28.5	28	3.82	1.4
	1.8	4.05	32	28.5	28	4.8	1.25
	1.25	4.05	32	28.5	28	4.47	1.3

ESTUDIO N° 3: CASA PUHIRÁ. MALECÓN EGUIGUREN

Peso Unitario 1.61
NF 7

D	B inicial	s' D	f	Nq	N g	qa	B final
1.5	3.5	2.415	28	17.8	14.6	2.45	1.75
	1.75	2.415	28	17.8	14.6	1.9	1.99
	1.99	2.415	28	17.8	14.6	1.98	1.95
2	3.5	3.22	28	17.8	14.6	2.9	1.61
	1.61	3.22	28	17.8	14.6	2.31	1.8
	1.8	3.22	28	17.8	14.6	2.37	1.78
2.5	3.5	4.025	28	17.8	14.6	3.35	1.5
	1.5	4.025	28	17.8	14.6	2.72	1.66
	1.66	4.025	28	17.8	14.6	2.77	1.65

ESTUDIO N° 4: INSTITUTO ALMIRANTE MIGUEL GRAU. PROLONGACIÓN GRAU.

Peso Unitario 1.6
NF -----

D	B inicial	s' D	f	Nq	N g	qa	B final
1.5	2.1	2.4	34	36.5	39.6	4.61	1.28
	1.28	2.4	34	36.5	39.6	3.92	1.38
	1.38	2.4	34	36.5	39.6	4.01	1.37
2	1.1	3.2	35	41.4	47.2	5.42	1.18
	1.18	3.2	35	41.4	47.2	5.5	1.17
2.5	1.85	4	35	41.4	47.2	7.25	1.02
	1.02	4	35	41.4	47.2	6.41	1.08
	1.08	4	35	41.4	47.2	6.47	1.08

ESTUDIO N° 5: COLEGIO VALLESOL. URBANIZACIÓN SAN EDUARDO.

Peso Unitario 1.6
NF -----

D	B inicial	s' D	f	Nq	N g	qa	B final
1.5	1.88	2.4	35	41.4	47.2	5.13	1.21
	1.21	2.4	35	41.4	47.2	4.45	1.3
	1.3	2.4	35	41.4	47.2	4.54	1.29
2	1.64	3.2	36	47.2	56.7	6.91	1.04
	1.04	3.2	36	47.2	56.7	6.19	1.1
	1.1	3.2	36	47.2	56.7	6.26	1.09
2.5	1.58	4	36	47.2	56.7	8.07	0.96
	0.96	4	36	47.2	56.7	7.32	1.01

ESTUDIO N° 6: EDIFICIO LAS CASUARINAS. URBANIZACIÓN LOS GERANIOS.

Peso Unitario 1.8
NF -----

D	B inicial	s' D	f	Nq	N g	qa	B final
1	1.64	1.8	36	47.2	56.7	5	1.22
	1.22	1.8	36	47.2	56.7	4.43	1.3
	1.3	1.8	36	47.2	56.7	4.54	1.29
1.5	1.5	2.7	40	81.3	121.5	11.6	0.8
	0.8	2.7	40	81.3	121.5	9.56	0.89
	0.89	2.7	40	81.3	121.5	9.82	0.87
2	0.73	3.6	41	93.8	148.4	13.74	0.74
	0.74	3.6	41	93.8	148.4	13.77	0.74
2.5	2.5	4.5	42	108.8	182.5	27.12	0.53
	0.53	4.5	42	108.8	182.5	18.49	0.64

ESTUDIO N° 7: CATEDRAL DE PIURA. CALLE TACNA.

Peso Unitario 1.8
NF 4.4

D	B inicial	s' D	f	Nq	N g	qa	B final
1.5	2.24	2.7	25	12.7	9.2	1.55	2.2
	2.2	2.7	25	12.7	9.2	1.54	2.21
2	1.95	3.6	27	15.9	12.5	2.37	1.78
	1.78	3.6	27	15.9	12.5	2.32	1.8
2.5	1.94	4.5	29	20	17.1	3.65	1.43
	1.43	4.5	29	20	17.1	3.44	1.48

A continuación se presenta en la tabla 1.6 el resumen de los valores de capacidad portante “q_a” obtenidos para las distintas profundidades de cimentación con el método de Terzaghi.

Tabla 1.6 Resumen de valores de “q_a” por Terzaghi para corte.

Cuadro Resumen de los valores de "qa"				
Ubicación del Ensayo	Profundidad " Df " (m)			
	1	1.5	2	2.5
	q a	q a	q a	q a
Terminal terrestre de Piura	2	2.81	3.81	4.49
Centro educativo San José	2.54	3.16	3.82	4.47
Casa Puhira	-----	1.98	2.37	2.77
Instituto Almirante Miguel Grau	-----	4.01	5.5	6.47
Ampliación Colegio Vallesol	-----	4.54	6.26	7.32
Edificio Multifamiliar				
"Las Casuarinas I"	4.54	9.82	13.77	18.49
Catedral de Piura	-----	1.54	2.32	3.44

1.6.5 Cálculo de la Capacidad Portante “ q_a ” por Brinch Hansen para corte.

El método de Brinch Hansen nos permite hallar valores de “ q_u ”, y a través de este valor podremos hallar “ q_a ”. Estos valores obtenidos serán comparados con los obtenidos anteriormente por Terzaghi. .

A continuación se muestran los valores obtenidos de “ q_a ” considerando una estructura tipo “A” para los diferentes ensayos SPT que se han tomado en cuenta

ESTUDIO N° 1: TERMINAL TERRESTRE. ESTADIO CENTENARIO

Peso Unitario 1.62

NF 7

D	B inicial	s' D	f	Nq	sq	dq	N g	s g	d g	qa	B final
1	1.53	1.62	30	18.40	1.50	1.17	15.10	0.60	1	2.07	1.90
	1.90	1.62	30	18.40	1.50	1.14	15.10	0.60	1	2.11	1.89
1.5	1.53	2.43	31	20.60	1.52	1.25	17.70	0.60	1	3.52	1.46
	1.46	2.43	31	20.60	1.52	1.20	17.70	0.60	1	3.38	1.49
2	1.53	3.24	32	23.20	1.53	1.23	20.80	0.60	1	5.11	1.21
	1.21	3.24	32	23.20	1.53	1.25	20.80	0.60	1	5.11	1.21
2.5	1.49	4.05	32	23.20	1.53	1.26	20.80	0.60	1	6.39	1.08
	1.08	4.05	32	23.20	1.53	1.29	20.80	0.60	1	6.40	1.08

ESTUDIO N° 2: COLEGIO SAN JOSÉ. URBANIZACIÓN SAN JOSÉ

Peso Unitario 1.62

NF 4.1

D	B inicial	s' D	f	Nq	sq	dq	N g	s g	d g	qa	B final
1	2.16	1.62	32	23.20	1.53	1.11	20.80	0.60	1	2.81	1.63
	1.63	1.62	32	23.20	1.53	1.15	20.80	0.60	1	2.70	1.67
1.5	1.94	2.43	32	23.20	1.53	1.19	20.80	0.60	1	4.00	1.37
	1.37	2.43	32	23.20	1.53	1.21	20.80	0.60	1	3.85	1.40
2	1.94	3.24	32	23.20	1.53	1.20	20.80	0.60	1	5.14	1.21
	1.21	3.24	32	23.20	1.53	1.25	20.80	0.60	1	5.11	1.21
2.5	1.94	4.05	32	23.20	1.53	1.23	20.80	0.60	1	6.39	1.08
	1.08	4.05	32	23.20	1.53	1.29	20.80	0.60	1	6.40	1.08

ESTUDIO N° 3: CASA PUHIRÁ. MALECÓN EGUIGUREN

Peso Unitario 1.61

NF 7

D	B inicial	s' D	f	Nq	sq	dq	N g	s g	d g	qa	B final
1.5	3.50	2.42	28	14.70	1.47	1.12	10.90	0.60	1	2.48	1.74
	1.74	2.42	28	14.70	1.47	1.24	10.90	0.60	1	2.38	1.78
2	3.50	3.22	28	14.70	1.47	1.16	10.90	0.60	1	3.19	1.53
	1.53	3.22	28	14.70	1.47	1.25	10.90	0.60	1	3.07	1.56
2.5	3.50	4.03	28	14.70	1.47	1.20	10.90	0.60	1	3.95	1.38
	1.38	4.03	28	14.70	1.47	1.30	10.90	0.60	1	3.86	1.39

ESTUDIO N° 4: INSTITUTO ALMIRANTE MIGUEL GRAU. PROLONGACIÓN GRAU.

Peso Unitario 1.6

NF

D	B inicial	s' D	f	Nq	sq	dq	N g	s g	d g	qa	B final
1.5	2.10	2.40	34	29.40	1.56	1.17	28.70	0.60	1	5.16	1.21
	1.21	2.40	34	29.40	1.56	1.21	28.70	0.60	1	4.90	1.24
2	1.89	3.20	35	33.30	1.57	1.18	33.90	0.60	1	7.52	1.00
	1.00	3.20	35	33.30	1.57	1.25	33.90	0.60	1	7.41	1.01
2.5	1.85	4.00	35	33.30	1.57	1.21	33.90	0.60	1	9.31	0.90
	0.90	4.00	35	33.30	1.57	1.27	33.90	0.60	1	9.25	0.90

ESTUDIO N° 5: COLEGIO VALLESOL. URBANIZACIÓN SAN EDUARDO.

Peso Unitario 1.6

NF

D	B inicial	s' D	f	Nq	sq	dq	N g	s g	d g	qa	B final
1.5	1.88	2.40	35	33.30	1.57	1.18	33.90	0.60	1	5.88	1.13
	1.13	2.40	35	33.30	1.57	1.21	33.90	0.60	1	5.59	1.16
2	1.64	3.20	36	37.80	1.59	1.19	40.10	0.60	1	8.56	0.94
	0.94	3.20	36	37.80	1.59	1.24	40.10	0.60	1	8.45	0.94
2.5	1.58	4.00	36	37.80	1.59	1.22	40.10	0.60	1	10.61	0.84
	0.84	4.00	36	37.80	1.59	1.27	40.10	0.60	1	10.55	0.84

ESTUDIO N° 6: EDIFICIO LAS CASUARINAS. URBANIZACIÓN LOS GERANIOS.

Peso Unitario 1.8

NF

D	B inicial	s' D	f	Nq	sq	dq	N g	s g	d g	qa	B final
1	1.64	1.8	36	37.8	1.5878	1.131	40.1	0.6	1	5.2	1.2
	1.2	1.8	36	37.8	1.5878	1.179	40.1	0.6	1	5.05	1.22
1.5	1.5	2.7	40	64.2	1.6428	1.179	79.5	0.6	1	13.24	0.75
	0.75	2.7	40	64.2	1.6428	1.198	79.5	0.6	1	12.35	0.78
2	0.73	3.6	41	73.9	1.6561	1.207	95.1	0.6	1	18.86	0.63
	0.63	3.6	41	73.9	1.6561	1.215	95.1	0.6	1	18.8	0.63
2.5	2.5	4.5	42	85.4	1.6691	1.161	114	0.6	1	29.8	0.5
	0.5	4.5	42	85.4	1.6691	1.221	114	0.6	1	26.98	0.53

ESTUDIO N° 7: CATEDRAL DE PIURA. CALLE TACNA.

Peso Unitario 1.8

NF 4.4

D	B inicial	s' D	f	Nq	sq	dq	N g	s g	d g	qa	B final
1.5	2.24	2.7	25	10.7	1.4226	1.196	6.8	0.6	1	1.82	2.03
	2.03	2.7	25	10.7	1.4226	1.216	6.8	0.6	1	1.83	2.02
2	1.95	3.6	27	13.2	1.454	1.226	9.3	0.6	1	3.03	1.57
	1.57	3.6	27	13.2	1.454	1.256	9.3	0.6	1	3.04	1.57
2.5	1.94	4.5	29	16.4	1.4848	1.246	12.8	0.6	1	4.85	1.24
	1.24	4.5	29	16.4	1.4848	1.3	12.8	0.6	1	4.88	1.24

A continuación se presenta la tabla 1.7, donde se tiene el cuadro resumen de los valores de capacidad portante “ q_a ” obtenidos para las distintas profundidades de cimentación con el método de Brinch Hansen.

Tabla 1.7 Resumen de valores de “ q_a ” por Brinch Hansen

Cuadro Resumen de los valores de " q_a "				
Ubicación del Ensayo	Profundidad " Df " (m)			
	1	1.5	2	2.5
	q_a	q_a	q_a	q_a
Terminal terrestre de Piura	2.11	3.38	5.11	6.4
Centro educativo San José	2.71	3.85	5.11	6.4
Casa Puhira	-----	2.38	3.07	3.86
Instituto Almirante Miguel Grau	-----	4.91	7.41	9.26
Ampliación Colegio Vallesol	-----	5.6	8.46	10.55
Edificio Multifamiliar "Las Casuarinas I"	4.96	12.25	18.69	26.28
Catedral de Piura	-----	1.8	3.01	4.86

Se puede apreciar claramente en los cuadros resumen de los diseños por corte, que para los 2 métodos empleados, el de Terzaghi presenta un factor de seguridad mayor que el de Brinch Hansen.

También se puede observar al comparar los valores en las diferentes formas de diseños, por corte y por asentamiento que, efectivamente, en arenas es el diseño por asentamiento el que nos dará los valores de capacidad portante que debemos emplear.

1.6.6 Evaluación de Potencial de Licuefacción.

Para la realización de este análisis se empleó la propuesta hecha por Seed e Idriss, la cual es muy bien descrita por Pinto.

Para los estudios realizados Pinto realizó un estudio de peligro sísmico en la zona mediante el cual se determinó que las aceleraciones esperadas para los distintos niveles de excedencia corresponden a sismos con una magnitud máxima de $7 \frac{1}{2}$ grados, y una aceleración máxima de 0.24 gravedad.

A continuación se muestran los cuadros empleados en la determinación del potencial de licuefacción a partir de los nuevos ensayos de SPT.

ESTUDIO N° 1: TERMINAL TERRESTRE. ESTADIO CENTENARIO

Condiciones:

Peso Unitario: 1.62

Aceleración Máxima: 0.24g

Profundidad Nivel Freático: 7.00

Intensidad: 7.5

Prof. (m)	P total (Kg/cm2)	P efectivo (Kg/cm2)	rd	Demanda 1	N	Cn	N1	Capac. 2	F.S. -2/1-
2.00	0.32	0.32	0.97	0.17	32	1.76	56	0.70	No Licua
3.00	0.49	0.49	0.96	0.16	34	1.43	49	0.65	No Licua
4.00	0.65	0.65	0.94	0.16	37	1.24	46	0.64	No Licua
6.00	0.97	0.97	0.91	0.16	35	1.01	36	0.46	No Licua
8.00	1.30	1.20	0.88	0.16	27	0.91	25	0.28	No Licua
9.00	1.46	1.26	0.87	0.17	72	0.89	64	0.72	No Licua
10.00	1.62	1.32	0.85	0.18	73	0.87	64	0.72	No Licua

ESTUDIO N° 2: COLEGIO SAN JOSÉ. URBANIZACIÓN SAN JOSÉ

Condiciones:

Peso Unitario: 1.62

Aceleración Máxima: 0.24g

Profundidad Nivel Freático: 4.10

Intensidad: 7.5

Prof. (m)	P total (Kg/cm2)	P efectivo (Kg/cm2)	rd	Demanda 1	N	Cn	N1	Capac. 2	F.S. -2/1-
1.15	0.19	0.19	0.98	0.17	13	2.32	30	0.34	No Licua
2.15	0.35	0.35	0.97	0.17	20	1.69	34	0.45	No Licua
3.15	0.51	0.51	0.95	0.16	19	1.40	27	0.30	No Licua
4.15	0.67	0.67	0.94	0.16	29	1.22	36	0.46	No Licua
5.15	0.83	0.73	0.92	0.18	45	1.17	53	0.68	No Licua

ESTUDIO N° 3: CASA PUHIRÁ. MALECÓN EGUIGUREN

Condiciones:

Peso Unitario: 1.61

Aceleración Máxima: 0.24g

Profundidad Nivel Freático: 7.00

Intensidad: 7.5

Prof. (m)	P total (Kg/cm2)	P efectivo (Kg/cm2)	rd	Demanda 1	N	Cn	N1	Capac. 2	F.S. -2/1-
2.00	0.32	0.32	0.97	0.17	5	1.76	9	0.11	Licua
3.00	0.48	0.48	0.96	0.16	7	1.44	10	0.12	Licua
4.00	0.64	0.64	0.94	0.16	8	1.25	10	0.12	Licua
5.00	0.81	0.81	0.93	0.16	4	1.11	4	0.05	Licua
6.00	0.97	0.97	0.91	0.16	6	1.02	6	0.06	Licua
8.00	1.29	1.19	0.88	0.16	20	0.92	18	0.20	No Licua
9.00	1.45	1.25	0.87	0.17	36	0.89	32	0.35	No Licua

ESTUDIO N° 4: INSTITUTO ALMIRANTE MIGUEL GRAU. PROLONGACIÓN GRAU.

Condiciones:

Peso Unitario: 1.60

Aceleración Máxima: 0.24g

Profundidad Nivel Freático: No

Intensidad: 7.5

Prof. (m)	P total (Kg/cm ²)	P efectivo (Kg/cm ²)	rd	Demanda 1	N	Cn	N1	Capac. 2	F.S. -2/1-
1.15	0.18	0.18	0.98	0.17	16	2.33	37	0.46	No Licua
2.15	0.34	0.34	0.97	0.17	21	1.70	36	0.46	No Licua
3.15	0.50	0.50	0.95	0.16	23	1.41	32	0.35	No Licua
4.15	0.66	0.66	0.94	0.16	40	1.23	49	0.65	No Licua
5.15	0.82	0.82	0.92	0.16	43	1.10	47	0.63	No Licua
6.15	0.98	0.98	0.91	0.16	73	1.01	74	0.76	No Licua

ESTUDIO N° 5: COLEGIO VALLESOL. URBANIZACIÓN SAN EDUARDO.

Condiciones:

Peso Unitario: 1.60

Aceleración Máxima: 0.24g

Profundidad Nivel Freático: No

Intensidad: 7.5

Prof. (m)	P total (Kg/cm ²)	P efectivo (Kg/cm ²)	rd	Demanda 1	N	Cn	N1	Capac. 2	F.S. -2/1-
1.00	0.16	0.16	0.99	0.15	18	2.50	45	0.65	No Licua
2.00	0.32	0.32	0.97	0.15	25	1.77	44	0.64	No Licua
3.00	0.48	0.48	0.96	0.15	34	1.44	49	0.68	No Licua
4.00	0.64	0.64	0.94	0.15	43	1.25	54	0.69	No Licua
4.85	0.78	0.78	0.93	0.14	46	1.14	52	0.67	No Licua

ESTUDIO N° 6: EDIFICIO LAS CASUARINAS. URBANIZACIÓN LOS GERANIOS.

Condiciones:

Peso Unitario: 1.80

Aceleración Máxima: 0.24g

Profundidad Nivel Freático: No

Intensidad: 7.5

Prof. (m)	P total (Kg/cm ²)	P efectivo (Kg/cm ²)	rd	Demanda 1	N	Cn	N1	Capac. 2	F.S. -2/1-
1.00	0.18	0.18	0.99	0.17	11	2.36	26	0.27	No Licua
2.00	0.36	0.36	0.97	0.17	50	1.67	83	0.78	No Licua
3.00	0.54	0.54	0.96	0.16	49	1.36	67	0.75	No Licua
4.00	0.72	0.72	0.94	0.16	41	1.18	48	0.65	No Licua

ESTUDIO N° 7: CATEDRAL DE PIURA. CALLE TACNA.

Condiciones:

Peso Unitario: 1.80

Aceleración Máxima: 0.24g

Profundidad Nivel Freático: 4.40

Intensidad: 7.5

Prof. (m)	P total (Kg/cm ²)	P efectivo (Kg/cm ²)	rd	Demanda 1	N	Cn	N1	Capac. 2	F.S. -2/1-
1.50	0.27	0.27	0.98	0.17	3	1.92	6	0.06	Licua
3.00	0.54	0.54	0.96	0.16	13	1.36	18	0.20	No Licua
4.50	0.81	0.80	0.93	0.16	51	1.12	57	0.70	No Licua

Como se puede apreciar en los diferentes cuadros obtenidos en el estudio de licuación de suelos, los valores obtenidos guardan relación con los valores hallados por Pinto. Por lo cual se deduce que las capacidades de los suelos se han mantenido, y se concluye que la zona estudiada por Pinto y Chiroque, guardan relación con los últimos ensayos tomados en cuenta.

1.7 ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO Y DE MECÁNICA DE SUELO PARA LA HABILITACIÓN URBANA UPIS LUIS ANTONIO EGUIGUREN, LOS POLVORINES Y ZONAS ALEDAÑAS AL PARQUE KURT BEER.

Este informe, realizado por la escuela profesional de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Piura comprende un estudio de la geología local, y dentro de la exploración y ensayos de laboratorio se menciona entre otras cosas: reconocimiento de los sectores para programar las excavaciones, reconocimiento geológico de las diferentes áreas, trabajos de excavación (50) calicatas, ensayos de penetración standard (SPT) en total 10, descripción de calicatas y muestreo de suelos alterados e inalterados (monolitos), ensayos de laboratorio y obtención de parámetros Físico - Mecánicos de los suelos, análisis de la capacidad portante y admisible del terreno con fines de cimentación, toma de fotografías de la zona de estudio.

Se realizaron 50 c alicatas con una sección de 1.00 x 1.50m x 3.00 m. de profundidad. Además de esto, se realizaron 10 ensayos SPT hasta una profundidad de 4 metros, los cuales se realizaron luego de la excavación de calicatas de 1.5 metros de profundidad.

Este ensayo da a conocer una descripción de los tipos de suelos, así como la profundidad a la que se ha encontrado la napa freática.

Las propiedades geomecánicas de los diversos suelos (SP, SM, SC, CL y SP-SM) que se observaron en las excavaciones de las 50 calicatas y en los que se realizaron los ensayos de laboratorio se muestran en la siguiente tabla, generalizada y agrupada por sectores :

Tabla 1.8 Propiedades del suelo en diversos sectores

La cimentación a realizarse en estas zonas, deberán considerar ciertas especificaciones, debido a la presencia de nivel freático alto en algunas zonas, así como debido a los diferentes tipos de suelo presentes.

En general, el estudio realizado por la Universidad Nacional, no cumple con las especificaciones de la norma E050. El programa de exploración de campo es insuficiente. Ya que 50 calicatas se han cavado hasta 2.00 metros olvidándose que si el suelo por debajo de esta profundidad es licuable, afectará las edificaciones cimentados dentro de los 2.00 metros desde la superficie.

Los ensayos de penetración estándar están mal ejecutados. Han dejado de lado la advertencia de la norma E050 que indica "... no se deben ejecutar ensayos SPT en el fondo de las calicatas debido a la pérdida de confinamiento.." y como se ve en este informe, se han realizado los SPT desde el fondo de las calicatas. Además de esto, se registran como "N" el número de golpes para penetrar 30 cm., en forma continua. El "N" es el número de golpes para penetrar los últimos 30 c m. al hincar 45 c m. despreciando los golpes implicados para penetrar los primeros 15 cm. Esto, descalifica dichos ensayos.

Llama la atención que indiquen la existencia de suelos granulares con un ϕ' entre 15 y 31. Ningún suelo arenoso como los hallados tiene un ϕ' menor a 25 aunque se hallen muy sueltos.

Las recomendaciones para la cimentación no son factibles para casas habitación de familias de escasos recursos.

Las zonas con posible riesgo de licuefacción deberían estar mejor delimitadas. Así mismo, en el informe no se encuentran datos de capacidad portante.

RESUMEN

- El suelo constituye un elemento de primordial importancia para la ejecución de cualquier obra o proyecto de construcción.
- En toda el área de Piura se debe diseñar necesariamente considerando un factor de sismicidad.
- Es necesario la consideración de ensayos SPT, pues nos permite conocer entre otras cosas, la naturaleza y secuencia de los estratos; las condiciones de agua subterránea; presiones admisibles; así como si el suelo es o no es potencialmente licuable.
- Es muy importante saber que la ciudad de Piura se encuentra en una zona sísmica, presenta predominancia de arenas finas a medias en estado suelto y un nivel freático alto, por consiguiente es muy probable ante la ocurrencia de un fenómeno sísmico de magnitud mayor o igual 7 grados se produzca el fenómeno de licuación, de graves consecuencias para la población.
- Los sectores de la ciudad ubicados al oeste de la avenida Gullman y al norte de la avenida Panamericana, no presentan potencial de licuación, debido a la mayor profundidad del nivel freático.
- La zona sur de la ciudad, cerca al final del dren Sullana (AAHH Manuel Scorza, Jorge Basadre, Victor Raúl), presentan potencial de licuación, principalmente por la presencia de niveles freáticos poco profundos y por las características del suelo, propias de un material aluvial.
- Se debe tener en cuenta que la posibilidad de ocurrencia del fenómeno de licuación no es característica propia de una zona en especial sino que se presenta en varios puntos, distantes entre sí, de la ciudad de Piura.
- Se da a conocer la presencia de cloruros y sulfatos en regular grado de concentración por lo que se recomienda que el diseño de cimentación u otros elementos estructurales que trabajen dentro del suelo se consideren la importancia de este factor. Es necesario el uso de cemento puzolánico IP o de cemento Pórtland tipo II ó IV.
- La dimensión “B” de una zapata podría ser muy grande para capacidades portantes bajas por lo que se recomienda aumentar la profundidad de cimentación “Df” lo cual resulta, en la mayoría de casos, más económico.
- Los resultados antes obtenidos, muestran cuan importante es el conocimiento que tengamos de los suelos de nuestra localidad pues mientras mayor sea este conocimiento, más seguros estaremos.

CAPITULO II: CRITERIOS DE INGENIERIA VIAL Y DE TRANSPORTE

2.1 INTRODUCCIÓN

Además del buen planeamiento urbano de viviendas, el desarrollo urbano de una ciudad tiene mucho que ver con una buena ubicación y desarrollo de los Ejes Viales, pues existe una estrecha relación entre la ubicación de las urbanizaciones y asentamientos humanos y la necesidad de la infraestructura vial. Donde exista un núcleo urbano, siempre habrá la necesidad de movilizarse desde y hacia él, razón por la cual el desarrollo urbano de una ciudad involucra definitivamente a la Ingeniería de Transportes.

En el caso de la ciudad de Piura, tenemos que los principales ejes viales cumplen una doble función, pues además de ser ejes de desarrollo, son diseñados para permitir la evacuación de aguas pluviales en cantidades importantes, siendo necesario adaptar su geometría más allá de las consideraciones normales de diseño (pendiente lateral o bombeo). Debido a que estos ejes constituyen vías que soportan intensamente el desplazamiento de la población, reducir su vulnerabilidad resulta una tarea primordial, buscando darles la seguridad necesaria que no comprometan el normal desenvolvimiento de las actividades de la ciudad.

En las últimas décadas se ha comprobado a nivel mundial una tendencia migratoria de grandes masas de población hacia los centros urbanos, lo que ha producido un rápido crecimiento de las ciudades. Conjuntamente con este comportamiento, la necesidad por medios de transportes ha crecido en una progresión geométrica. En este proceso, muchas áreas de las ciudades experimentan incrementos de la densidad poblacional y cambios en el uso del suelo, con el consecuente crecimiento de la demanda por transporte, sin que exista la posibilidad de que aumente proporcionalmente la infraestructura vial, debido principalmente a las altas inversiones requeridas.

El impacto producido por la actividad del transporte en las grandes ciudades, se traduce en congestionamientos, contaminación y en el incremento del índice de accidentes,

contribuyendo todo esto factores con el al deterioro de la calidad de vida. Es importante hacer notar que el impacto negativo de estos factores, ocasiona pérdidas de todo tipo, desde demoras en los desplazamientos, pérdidas económicas, hasta daños personales que pueden ser fatales.

Las soluciones a los problemas deben estar orientadas a mejorar el uso del sistema vial, lo que implica mejoras funcionales al sistema existente, traducido en mejoras de capacidad y nivel de servicio, así como en una adecuada disposición geométrica de las vías urbanas.

Además de velar por diseños adecuados de los ejes viales, desde el punto de vista estructural y geométrico, el Desarrollo Urbano no debe descuidar el manejo ordenado de la infraestructura vial, siendo la Planificación del Transporte una actividad estratégica para el mantenimiento óptimo del sistema en su conjunto. La planificación implica un pleno conocimiento de las actividades desarrolladas en el núcleo urbano, de manera que sea posible prever la necesidad que una nueva urbanización, un nuevo asentamiento humano o un nuevo desarrollo, tengan por transporte. Para llegar a esto, es necesario cuantificar y proyectar a futuro la demanda de viajes, establecer orígenes y destinos y asignar modos y rutas con los cuales la demanda será cubierta. Desde el punto de vista vial, el Desarrollo Urbano no sólo implica mantener en óptimas condiciones la infraestructura, sino también manejar ordenadamente su uso a través de la continua evaluación de capacidades y niveles de servicio, parámetros de congestión, contaminación, etc. que permita identificar tendencias de comportamiento a futuro.¹

2.2 DESARROLLO HISTÓRICO DE PIURA

El crecimiento de la ciudad, y la vialidad están muy vinculados al desarrollo urbano. A continuación se muestran los ejes viales históricos más importantes en el plano 2.1. En él se muestran los diferentes períodos y etapas de crecimiento que viene experimentando la ciudad, así como la creación de los diferentes ejes viales.

La forma de crecimiento de Piura desde sus inicios, hasta hace muy poco fue dada por la manera clásica de crecimiento de una ciudad antigua, es decir la formación de la ciudad fue en un núcleo pequeño, y a partir de este núcleo fue creciendo radialmente. Ante esto, se vio un crecimiento no planeado de la ciudad, y sus vías.

El sistema vial es el principal soporte de los flujos generados por las actividades urbanas y es también el principal estructurador de las ciudades, determinando la localización de las actividades urbanas y sus limitaciones de expansión.

La apertura de una nueva vía repercute sobre el uso del suelo, induciendo el establecimiento de algunas actividades, inhibiendo el asentamiento de otras, acelerando procesos de deterioro o cambios en los usos del suelo. La importancia de la alteración que producen los sistemas viales queda demostrada por la expansión que ocurre en muchas ciudades alrededor de las vías que las entrecruzan.

¹ Introducción al Planeamiento del Transporte.-Michael J. Bruton

- **LA CIUDAD DE PIURA EN EL AÑO 1783**

La ciudad de Piura en el año 1783 contaba con un área total de 48 Ha. aproximadamente, de las cuales estaban pobladas la totalidad de estas, es decir las mismas 48 Ha. La ciudad comprendía:

- Por el norte hasta la calle Junín.
- Por el Sur estaba delimitado por el río Piura.
- Por el Este hasta la Av. San Teodoro, (barrio de La Mangachería).
- Por el Oeste hasta la Av. Bolognesi.

En ese año, tal como se puede apreciar en el plano, algunas calles que ahora son tomadas como principales ya eran usadas, tal es el caso de la Av. Grau, Av. Bolognesi, Av. Sánchez Cerro, además de las calles que se encuentran comprendidas en esta zona.

- **LA CIUDAD DE PIURA EN EL AÑO 1940**

La ciudad de Piura en el año 1940 contaba con un área total de 196 Ha. aproximadamente, de las cuales estaban pobladas 148 Ha. La ciudad comprendía:

- Por el norte hasta la Avenida Guillermo Gullman.
- Por el Sur estaba delimitado por el río Piura. Además de algunas zonas que se encuentran ubicadas en el lado de Castilla, frente al puente San Miguel e iban hacia el oeste.
- Por el Este hasta el Colegio Santa María.
- Por el Oeste hasta la Av. Circunvalación.

En este año, debido al crecimiento de la ciudad, se puede apreciar el aumento en el sistema vial, el que ahora comprende además de las mencionadas anteriormente, la Av. Sullana, Av. Circunvalación.

- **LA CIUDAD DE PIURA EN EL AÑO 1961**

La ciudad de Piura en el año 1961 contaba con un área total de 416.75 Ha aproximadamente, de las cuales estaban pobladas 220.75 Ha. La ciudad comprendía:

- Por el norte hasta la Avenida Cesar Vallejo, entre las Avenidas Grau e Integración.
- Por el Sur estaba delimitado por el río Piura. Se incremento la población en el lado de Castilla hacia el lado oeste.
- Por el Este se mantuvo como límite el Colegio Santa María. Además de la zona de la Urb. Club Grau, Urb. Clark, y el A.H. Pachitea.
- Por el Oeste se mantuvo delimitado por la Av. Circunvalación.

En este año, se puede apreciar el aumento en el sistema vial, el que ahora comprende además de las mencionadas anteriormente, la Av. Cesar Vallejo, Av. Integración, Av. Luis Montero (Castilla).

- **LA CIUDAD DE PIURA EN EL AÑO 1972**

La ciudad de Piura en el año 1972 contaba con un área total de 1175.25 Ha aproximadamente, de las cuales estaban pobladas 758.5 H a. La ciudad comprendía:

- Por el norte hasta la Avenida Primero de Diciembre, entre las Avenidas Prolongación Grau y Av. Juan Velasco Alvarado Integración, hasta la Av Marcavelica, y luego de ésta, hasta la Av. Perú.
- Por el Sur estaba delimitado por el río Piura. Se incremento la población en el lado de Castilla hacia el lado oeste principalmente, pero también hacia el lado este y sur.
- Por el Este se tiene como límite la Av. Panamericana. Además de la zona de la Urb. Los Algarrobos, primera etapa y Urb. San Eduardo.
- Por el Oeste se mantuvo delimitado por la Av. Integración y la Av. Perú.

En este año, se puede apreciar el gran crecimiento de la ciudad, principalmente hacia el Norte. El sistema vial, con el que ahora comprende además de las mencionadas anteriormente son: la Av. Panamericana y la Av. Integración y la Av. Cesar Vallejo, que conforman un anillo de Vías Colectoras.

- **LA CIUDAD DE PIURA EN EL AÑO 1982**

La ciudad de Piura en el año 1982 contaba con un área total de 2040.55 Ha aproximadamente, de las cuales estaban pobladas 865.3 H a. La ciudad comprendía:

- Por el norte hasta la Avenida Mario Balán, entre las Avenidas Sánchez Cerro y Av. Juan Velasco Alvarado.
- Por el Sur estaba delimitado por el río Piura. Se incremento la población en el lado de Castilla hacia el lado oeste principalmente, pero también hacia el lado este y sur.
- Por el Este se tiene como límite la Universidad de Piura y la Universidad Nacional, además de las urbanizaciones San Eduardo, El Chipe, San Felipe, Zona Industrial.
- Por el Oeste se mantuvo delimitado hasta el A.H. Quinta Julia, A.H. San Pedro, Calle Alfonso Ugarte.

Se tiene que recordar que hasta 1980, el crecimiento de Piura fue longitudinal hacia el Oeste. Es a partir de 1982 que en Piura se inicia un crecimiento radial hacia el Norte y Nor Oeste. El uso del suelo destinado a la infraestructura vial, en 1982, equivalía al 30% (55 Has.) del área total ocupada de las cuales el 38.6% se encontraban pavimentadas, el 5.8% afirmadas y el 55.6% sin afirmar.

- **LA CIUDAD DE PIURA EN EL AÑO 2000**

La ciudad de Piura en el año 2000 contaba con un área total de 3510.776 Ha aproximadamente, de las cuales estaban pobladas 1470.226 H a. La ciudad comprende:

- Por el norte hasta el Conjunto habitacional Micaela Bastidas IV etapa, ciudad Del Sol, Avenida Mario Balán, entre las Avenidas Sánchez Cerro y Av. Juan Velasco Alvarado.
- Por el Sur estaba delimitado por el río Piura. Se incremento la población en el lado de Castilla hacia el lado sur principalmente, con Ciudad Del Niño, Los Medanos, Las Mercedes.
- Por el Este se tiene como límite las Urbanizaciones Lourdes, Los Jardines, A.H. Seoane.
- Por el Oeste esta limitado por el A.H. Villa Perú Canada, A.H. Nueva Esperanza, A.H. Señor de los Milagros, A.H. Buenos Aires.

Las lluvias de 1998 y 1999 deterioraron e hicieron colapsar el Sistema Vial regional y urbano. Así mismo las zonas vulnerables y de riesgo que ocasionan las lluvias están cuestionando el plan de vías colectoras, así como las vías secundarias de la ciudad, que es necesario reconstruir proyectándose al futuro.

En este año, se puede apreciar el continuo crecimiento de la ciudad, en todas las direcciones.

2.3 JERARQUIZACIÓN VIAL

La jerarquización vial es un instrumento básico para la planeación y gestión de la infraestructura pública vial terrestre, que, agrupando las redes y vías en base a sus funcionalidades e importancia, facilita la correspondencia entre las necesidades de los usuarios del transporte y tránsito, los tipos de vialidad y las responsabilidades jurisdiccionales de las respectivas autoridades competentes.

La infraestructura pública vial terrestre, según el alcance de los viajes, se compone por dos grandes tipos de redes: Redes Viales Urbanas y Redes Viales Interurbanas y Rurales. Las Redes Viales Urbanas, por la naturaleza e importancia de la aglomeración urbana a la que sirven, se clasifican en: Redes del Área Metropolitana de Lima y Callao, Redes de Ciudades Intermedias, Redes de Ciudades Menores

Las Redes Viales Interurbanas y Rurales, de acuerdo a la importancia del rol que cumplen en la ocupación y estructuración del territorio, se clasifican en: Red Nacional, Redes Regionales o Departamentales, Redes Municipales Rurales

Las Redes Viales de Ciudades Intermedias están compuestas por las vías que sirven al funcionamiento del transporte y tránsito en las capitales de departamentos o ciudades con no menos de 50,000 habitantes. Comprenden vías locales, colectoras, arteriales y, en algunas ciudades, expresas o semi-expresas.

- La vía Expresa se denomina a la vía urbana que soporta grandes volúmenes de vehículos que circulan a alta velocidad, en condiciones de flujo libre. Une zonas de importante generación de viajes, así como extensas zonas de vivienda, concentraciones comerciales e industriales.
- La vía Local se denomina a la vía urbana cuya función principal es proveer acceso a los predios; tiene tránsito propio, generado por el ingreso y salida a propiedades

adyacentes. Los recorridos del tránsito son cortos y los volúmenes son bajos. Deberá evitarse el tránsito de paso por estas calles, ya que de otra manera se distorsiona su función. Generalmente son de doble sentido del tránsito y para evitar el tránsito de paso se diseña con retorno en uno de sus extremos (calles cerradas). Un ejemplo para el caso de la ciudad de Piura serían las calles: Tomás Cortés, Arellano, La Arena, etc, localizadas en la Urbanización San Isidro.

- La vía Colectora se denomina a la vía urbana que tiene por función llevar el tránsito de una vía local a una vía arterial. Estas vías tienen características geométricas más reducidas que las arteriales. Pueden tener un tránsito intenso de corto recorrido, movimientos de vueltas, estacionamiento, ascenso y descenso de pasaje, carga y descarga y acceso a las propiedades colindantes. Generalmente son de un solo sentido del tránsito. Un ejemplo para el caso de la ciudad de Piura serían las calles: la Avenida Gullman, calle Arequipa, Av. San Martín, etc.
- La vía Arterial se denomina a la vía urbana que lleva apreciables volúmenes de todo tipo de vehículos, a velocidad media de circulación, entre áreas principales de generación de viajes y tienen el carácter de eje dentro del sistema vial urbano. Estas vías son aquellas vías primarias con intersecciones controladas con semáforos, en gran parte de su longitud. El derecho de vía es menor que el requerido para las autopistas y arterias principales. Con o sin faja separadora central (camellón). De uno o dos sentidos del tránsito. Un ejemplo para el caso de la ciudad de Piura serían: Avenida Grau, Avenida Sánchez Cerro, Avenida Bolognesi, etc.

2.3.1 Criterios de Jerarquización Municipal de las Redes Viales Urbanas

La jerarquización de las redes viales urbanas sirve de base para orientar las decisiones de inversión y operación vial en función de los siguientes criterios básicos:

- Aislamiento de los factores negativos que generan las funciones de transporte y tránsito de alta intensidad, y protección en las vías de los usuarios no motorizados y de las áreas residenciales y de esparcimiento.
- Priorización de un transporte público eficiente que use unidades grandes, rápidas y no contaminantes.
- Protección de la infraestructura vial y del tránsito respecto al transporte de carga de pesos y volúmenes excesivos.

Así mismo, la jerarquización de las redes viales urbanas tiene en cuenta, por lo menos, las siguientes funcionalidades:

- Según el uso de suelo que sirven: productivo, comercial, residencial y de esparcimiento.
- Según el modo de transporte que transita: motorizado particular, de transporte público, de transporte público masivo y de transporte de carga; y no motorizado peatonal, animal y ciclístico.
- Según el volumen y la velocidad del tránsito: vía expresa, vía semi-expresa, vía arterial, vía colectora y vía local.

Las vías expresas y avenidas conforman el esquema o sistema vial primario, las vías colectoras conforman el esquema o sistema secundario y las calles locales, los esquemas o sistemas locales.

El esquema o sistema vial primario deberá constituir un sistema continuo en su estructura. Sirve para permitir los movimientos masivos entre los centros importantes de generación y atracción de viajes personales y carga.

El esquema secundario deberá tener continuidad solo en lo que sea necesario para permitir una estructura eficiente del transporte público masivo convencional.

2.4 EJES VIALES DE PIURA

Los ejes viales que comprende la ciudad de Piura se fueron formando a través de los años y de acuerdo al continuo crecimiento y las necesidades de la población de contar con medios de comunicación para la realización de las diferentes actividades de la ciudad. A continuación se muestra el plano 2.2. En este se pueden definir claramente los ejes viales de la ciudad de Piura, vías principales, vías colectoras, vías interprovinciales, así como las vías principales en las zonas de expansión.

2.5 CONCEPCIÓN DE ESQUEMAS VIALES EN EL DESARROLLO URBANO

En el reglamento nacional de construcción se indica que toda habilitación urbana necesariamente deberá intercomunicarse con el núcleo urbano del que formará parte; por lo menos con una vía pública.

El ancho y demás características de las vías que servirán para tal intercomunicación estarán en función de la distancia entre los elementos que deberán comunicarse; de la población total que albergará la nueva habilitación; del tipo de esta y de la trama vial existente o prevista en la zona

Las habilitaciones para el uso de vivienda deberán sujetarse al Plan Regulador correspondiente, en cuanto a zonificación, esquemas viales primario y secundario. Deberá realizarse también una adecuada coordinación entre el esquema vial local de la habilitación y el de las zonas urbanas colindantes.

2.5.1 Proporción del área vial al área urbana

El Manual de Normas y Reglas de Vialidad, Dispositivos de Tránsito y Mobiliario Urbano emitido por la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio (México), menciona que si el desarrollo económico y político a seguir en una población determinada es el de regular el uso del vehículo particular y desarrollar el sistema de transporte masivo, la proporción que se destinará al sistema vial urbano será de un máximo del 25% del área total urbana.

Si por el contrario, la utilización del automóvil particular va en escala ascendente, el porcentaje del sistema vial urbano será un máximo del 30% del área urbana total.

En algunos países recomiendan que las proporciones de los diferentes tipos de vías, estén lo más cercanos o iguales a los valores mostrados como ejemplo en la tabla 2.1 tal como lo indica el Manual de Normas y Reglas de Vialidad, Dispositivos de Tránsito y Mobiliario Urbano emitido por la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio (México).

Tabla 2.1 Proporción destinada a diferentes vías

TIPO DE VÍA	% DE LA LONGITUD
Vías de acceso controlado	5
Arterias	20
Calles colectoras	15
Calles locales	60

2.5.2 Espaciamiento de la red vial urbana

La experiencia en diversos países de América y Europa muestra que en las áreas urbanas, el espaciamiento entre las vías primarias está condicionado a la localización de los generadores de mayor tránsito, a las condiciones topográficas, uso del suelo y los sistemas de transporte; por lo tanto, es indispensable conocer los datos que proporcionan los estudios de Origen y Destino, la distribución de los viajes por las diversas vías y los diferentes modos de transporte.

En la tabla 2.2 se muestran algunas distancias de espaciamiento de la red vial urbana, según el Manual de Normas y Reglas de Vialidad, Dispositivos de Tránsito y Mobiliario Urbano emitido por la Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio (México).

Tabla 2.2 Valores de espaciamiento para diferentes vías

TIPO DE VÍA	ESPACIAMIENTO EN KM
Vía Principal	1.5 (1)
Arterias	1.5 a 5.0 (2)
Calles colectoras	0.5 a 1.0
Calles locales	0.1

(1) Para el área central

(2) Para el área periférica.

Cabe tener en cuenta que además de considerar la clasificación de las diferentes vías en el momento de llevar a cabo una habilitación urbana, también se

debe hacer un estudio de transporte, considerando como base el año que será el de referencia para dicho proyecto y para poder realizar las estimaciones en el futuro.

2.6 EL TRANSPORTE Y EL USO DEL SUELO

En la actualidad se reconoce la existencia de una relación muy fuerte entre los servicios de transporte y las características y formas de uso del suelo, así como su efecto combinado en la calidad de vida de una comunidad.

Las inversiones en transporte, por un lado significan mejoras en el funcionamiento, pero por otro lado representan serias molestias en un sector de la comunidad. Algo muy importante a tener en cuenta es que no sólo se debe planificar el sistema más ventajoso, sino que debe buscarse la aceptación de la comunidad en las decisiones públicas. Si por ejemplo, se prohíbe el estacionamiento en todo el centro de la ciudad, sin darle al usuario una alternativa razonable para que estacione su vehículo, es evidente que esta medida no tendrá la aceptación de los usuarios que terminarán simplemente ignorando la prohibición y simultáneamente se comienza a perder el principio de autoridad. Es necesario por lo tanto buscar metodologías de trabajo en las cuales se involucre a grupos de ciudadanos en el proceso de planificación y decisión.

Existe una gran relación entre el transporte y los Usos del Suelos. Este proceso se puede explicar del siguiente modo:

- Los usos del suelo en las diferentes zonas de la ciudad, generan un cierto número de viajes (zonas residenciales de alta densidad generan una gran cantidad de viajes);
- Debido a los viajes generados por el uso del suelo, surge la necesidad de transporte;
- Debido a la demanda por transporte, aparecen los operadores de transporte (público y/o privado), así como la infraestructura (paraderos, nuevas vías, terminales, etc.);
- Las facilidades del transporte incrementan la accesibilidad al lugar en estudio;
- La accesibilidad a un área determinada produce un incremento en el valor del suelo; y,
- Un incremento en el valor del suelo resulta en un mayor uso del mismo, cerrándose de esta manera el círculo entre el uso del suelo y el transporte.

En la figura 2.1, se puede ver más claramente la estrecha relación que existe entre el transporte y el uso del suelo.

Debido a esta relación entre el transporte y el uso del suelo, se debe lograr un adecuado plan de desarrollo del transporte y de las diferentes vías de comunicación, se contará con un estudio de las diferentes zonas, así como las características de las posibles proyecciones. Este estudio presenta los siguientes pasos o acciones a seguir:

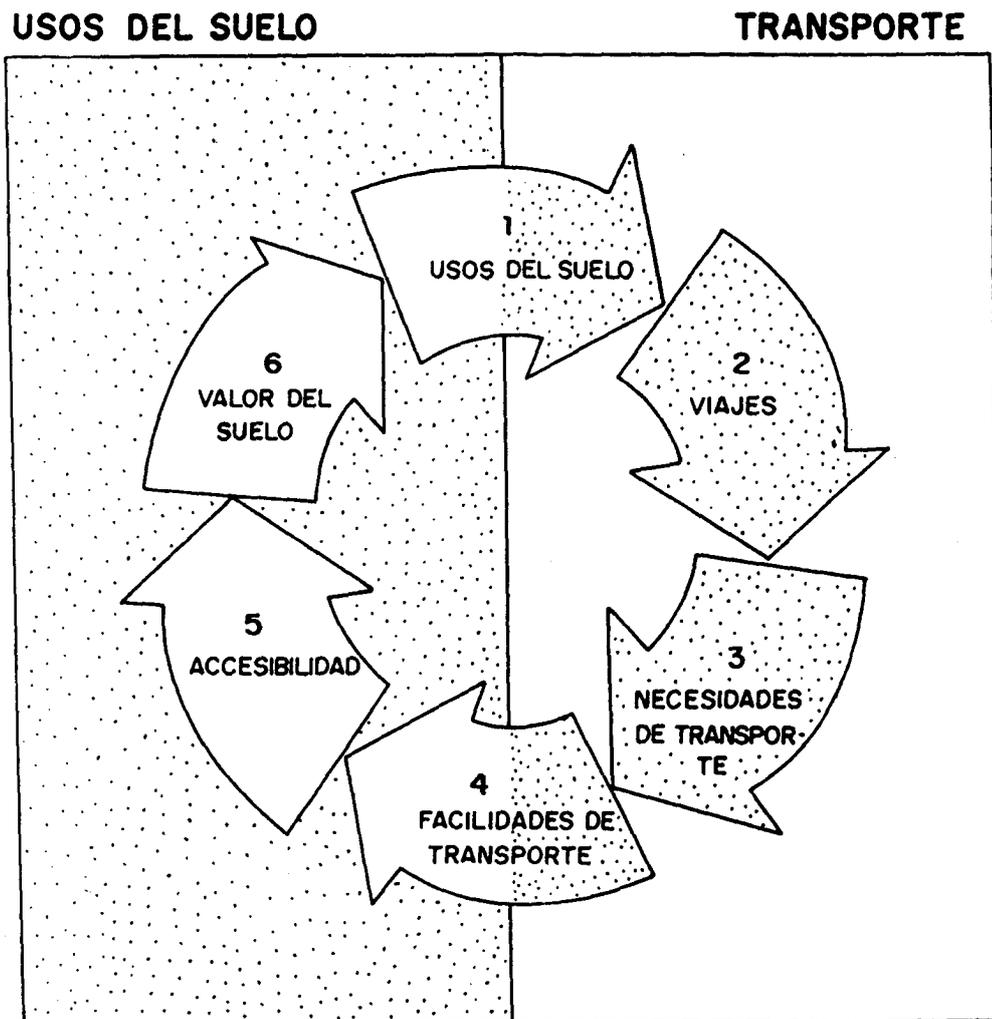


Figura 2.1 Relación entre el Transporte y los Usos del Suelo

- Realizar una encuesta sobre el uso del suelo en la zona en estudio
- Tomar datos sobre la generación de viajes, es decir cuantos probables viajes genera y atrae la zona.
- Verificar la distribución, de cuantos viajes y a donde se dirigirán, así como la interrelación entre las diferentes zonas.
- Analizar cual es el medio de transporte más utilizado, en que viajaran las personas, la elección del medio de transporte.
- Plantear una posible asignación de viajes y rutas para los diferentes lugares de generación de viajes.
- Comprobar que existe un beneficio por parte del usuario pues la razón de ser en la elección del medio de transporte es la comodidad y seguridad de la persona.

2.7 EVALUACIÓN BREVE DEL TRANSPORTE EN PIURA

Durante el último evento del Fenómeno El Niño del año 1998, las lluvias ocasionaron el colapso del sistema vial de la ciudad de Piura. La manifestación más crítica de este colapso fue la caída del puente Bolognesi y la restricción al transporte público, por medidas de seguridad, a través del puente Sánchez Cerro.

Para poder analizar la situación del Transporte en Piura, se analizará teniendo en cuenta diferentes criterios, y problemáticas, los cuales serán mostrados a continuación.

2.7.1 Pavimentos

Como consecuencia de la ocurrencia de lluvias, los pavimentos asfálticos de la ciudad de Piura sufren desprendimientos superficiales y se degradan ante la presencia de agua. Entre otras causas, este hecho reflejaría la naturaleza hidrofílica de los agregados utilizados en las mezclas asfálticas y que fallan por adherencia, además de técnicas deficientes en el tratamiento de mezclas asfálticas en frío. Los pavimentos de concreto por otro lado, fallan mucho en las juntas, ya sea por un mal sellado o por la deficiente disposición de losas que no garantizan una adecuada transferencia de carga. El tratamiento de bases acorde con la naturaleza de nuestro suelo es otro factor que debe dársele la debida atención.

En la ciudad de Piura debido a la presencia cada vez más continua del Fenómeno de El Niño, cada vez toma más fuerza, el diseñar vías vehiculares que además de servir para el transporte vehicular, puedan transportar flujos de agua provenientes de lluvias. Para poder realizar esto, se deben conocer los efectos perjudiciales del agua cuando ingresa a la estructura del pavimento bien sea como infiltración a través de las grietas, juntas, superficies de pavimento y bermas, o como agua subterránea proveniente de un alto nivel freático. Estos efectos son:

- Se reduce la resistencia de los materiales granulares y del suelo de la subrasante.
- Se causa bombeo de los pavimentos de concreto con la subsiguiente falla, grieta y deterioro general de la berma.
- Con alta presión hidrodinámica generada por el movimiento del tráfico, el bombeo de los finos en la capa de base de los pavimentos flexibles podría también ocurrir con la resultante pérdida de soporte.
- El agua causa levantamientos diferenciales sobre suelos expansivos.
- Los continuos contactos con el agua producen el desgaste de la mezcla asfáltica en pavimentos flexibles y la durabilidad o agrietamiento del concreto en pavimentos rígidos.

En el trabajo de tesis denominado “Diseño del subdrenaje de pavimentos y su aplicación a dos zonas de Piura”, realizado por el Ingeniero Carlos Cuyes Gutiérrez, se enfocó en el subdrenaje y el comportamiento interno de la estructura

del pavimento rígido ante un fenómeno lluvioso importante. De este trabajo se obtuvieron las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda la colocación de dos capas de filtro en pavimentos de nuestra zona: uno grueso que garantice la permeabilidad y otro fino que impida la erosión. Las canteras analizadas en la ciudad demuestran que cumplen con los requisitos necesarios. Se recomienda hacer un diseño especial para cada caso, pues las condiciones del suelo de subrasante y canteras de Piura así lo exigen.
- Se comprobó que cambiar el filtro fino por geotextil es más barato. Pero queda la incertidumbre, de su posible desgarramiento al momento de compactar la sub base. En la región recién se está teniendo la experiencia con el uso de geotextil y tal vez se necesiten más pruebas de laboratorio al respecto.
- La mejor ubicación del filtro grueso es debajo de la subbase; y la del filtro fino debajo de aquel.
- Siempre que haya cierta seguridad de que la base se haya saturado se recomienda bajar el nivel de carga y su frecuencia. Es decir es importante reducir la fatiga que se producirá en la estructura bajo estas condiciones.

En cuanto a la utilización de pavimento flexible, se debería tener en cuenta, el uso de emulsiones asfálticas en lugar de mezclas asfálticas con diluido. Según el trabajo de tesis denominado “Estudio comparativo entre mezclas asfálticas con diluido RC-250 y emulsión” realizado por el Ingeniero Freddy Erick Rolando Franco, se enfocó en la comparación de mezclas asfálticas con diluido y mezclas asfálticas con emulsión, de esto, se obtuvo las siguientes conclusiones:

- Los agregados de Sojo, Cerromochó y todos aquellos con problemas de adherencia, no son recomendables para su uso en mezclas asfálticas, a menos que se utilice un buen aditivo mejorador de adherencia. De ser así, la cantidad de aditivo debería ser estrictamente controlada. En la ciudad de Piura se sigue empleando los agregados de estas canteras, con las consecuencias vistas por todos, el rápido deterioro de la carpeta asfáltica ante la presencia de agua.
- El mecanismo fisicoquímico de rotura que prevalece en una emulsión hace que la superficie del agregado pase de ser hidrofílica a hidrofóbica. Esto es muy importante pues se asegura que no exista un rápido deterioro ante la presencia de agua.
- El uso de emulsiones asfálticas presenta, frente a los diluidos, diferentes ventajas las cuales están siendo desaprovechadas en nuestra región. Tales ventajas son: técnicas (mejor adherencia, posibilidad de mezclar con agregados húmedos, mayor durabilidad), económicas (involucra un gasto energético irreparable por la evaporación de los solventes del petróleo; en contraposición, el curado de una mezcla de emulsión sólo produce la evaporación del agua), de seguridad (el manejo de asfaltos emulsionados elimina los riesgos de inflamación que son inherentes a los diluidos) y protección ambiental (la evaporación de agua hace que las emulsiones asfálticas sean no contaminantes, en tanto que los diluidos liberan solventes orgánicos a

la atmósfera) Las emulsiones asfálticas también podrían ser utilizadas para fabricar mezclas asfálticas diseñadas para soportar un tráfico pesado.

2.7.2 Infraestructura Vial.

Una de las deficiencias observadas en la infraestructura vial, se refiere a la concepción geométrica de muchas avenidas, sobre todo en las intersecciones. Así tenemos algunas intersecciones como Gullman-Calle 5, Sullana-Sánchez Cerro, Vice-Panamericana, Sullana-Panamericana, Gullman-Circunvalación.

El dren Pluvial que atraviesa la Av. Grau en la intersección con la Av. César Vallejo merece una inmediata corrección, por ser un obstáculo para la fluidez del tráfico.

Dada las características de la ciudad, se podría tomar a Piura y Castilla como un todo, en cuanto a concepción vial, entonces la problemática surge debido a la existencia del río Piura que divide a ambas ciudades. Las ciudades de Piura y Castilla producen un alto índice de generación de viajes en ambos sentidos. Por consiguiente es un serio problema para la planificación de la ciudad, la constante, y buena conexión entre Piura y Castilla, que por las características de los usos del suelo se requiere integrar; de allí la necesidad de los Puentes, y los problemas de congestión con ellos.

Es necesario tener en cuenta la unión de los principales vías que unen Piura con Castilla, de tal manera que el tráfico entre estas ciudades sea fluido. Teniendo como base este concepto, se debe considerar en el futuro la construcción de un nuevo puente, que una estas ciudades.

2.7.3 Terminal Terrestre.

La falta de un terminal terrestre en la ciudad de Piura ha originado la utilización de viviendas y otros locales acondicionados para ser usados como tal, por el transporte interprovincial. La mayoría se ubica principalmente en la Avenida Sánchez Cerro, en la zona del Mercado Central, contribuyendo aún más con la congestión y el desorden.

Se tiene que reconocer que los ingresos y salidas en los sistemas de transporte interurbano no deben interferir con el sistema de transporte urbano. El que interfiera produce una congestión innecesaria del transporte público.

Entonces es necesario dotar a la ciudad de Piura de un terminal terrestre principal y dos complementarios que permitirá reubicar a las empresas de transporte interurbano, descongestionando el tránsito vehicular en las arterias principales de la ciudad, así como atender las demandas del transporte interprovincial. La Propuesta estudiada por la Municipalidad de Piura plantea la ubicación del terminal terrestre principal en la prolongación de la Av. Gullman al Sur de Piura.

La ubicación de los terminales terrestres complementarios estarían ubicados al Este del Distrito de Castilla, acceso a Piura del Sur y Oriente y el otro estaría en el acceso Oeste de la ciudad, en una zona cercana al Parque Centenario, definido por acuerdo de concejo.

2.7.4 Sistema Público de Transporte Masivo.

Las vías de la ciudad de Piura son compartidas por una sorprendente variedad de modos, incluyendo públicos y privados. Los privados incluyen automóviles, camiones, motocicletas, bicicletas, peatones e inclusive carretas jaladas por piajenos. En cuanto al transporte público, este servicio incluye combis, ómnibuses, taxicolectivos, taxis y mototaxis. La existencia de esta variedad de modos incrementa la complejidad de la actividad del transporte en la ciudad.

Cabe mencionar también que esta complejidad origina serios problemas para el uso –en países en vías de desarrollo – de los métodos de análisis de transporte que se emplean en países desarrollados donde solo se combinan dos modos: el transporte público y los autos privados.

Es necesario diseñar un sistema eficiente, seguro y rentable. En un sistema de transporte, es importante tener en cuenta los tres criterios, los dos primeros son inherentes al servicio que todo usuario espera, y el tercero no debe descuidarse teniendo en cuenta la premisa de que una ruta rentable para el operador del servicio, repercutirá en una mejora del servicio para el usuario. Se tiene que tener en cuenta además que a mayor oferta, menor calidad de servicio es la premisa que regula el sistema de transporte. La oferta en este caso, son “asientos disponibles para el servicio” y estos se encuentran circulando en la calle “a la caza” de pasajeros, ocasionando los efectos colaterales inmediatos como son desorden y congestión en las calles.

En las rutas que actualmente son servidas se tienen zonas con sobre saturación del servicio, empresas con recorridos similares, recorridos ineficientes, infraestructura vial en malas condiciones, elevada informalidad, pérdidas de tiempo por la congestión, etc.

Se tiene que del total del servicio público, un 9% pertenece a las combis, el 8.5% a los taxicolectivos, 31.4% a los taxis libres y 51.1% a los mototaxis.

En cuanto a la demanda de viaje realizados por los usuarios en algún medio de transporte público, el 63% de las personas lo realiza en unidades combi o taxicolectivos.

Según los datos obtenidos, la mayoría del transporte se realiza en combis que cuentan con una capacidad que oscila entre doce y quince pasajeros. Son pocas las empresas que utilizan unidades tipo ómnibus de treinta pasajeros. Frente a esta realidad, se llega a la conclusión que se debe fortalecer el sistema Público masivo renovando las unidades rurales tipo combi, con la incorporación de unidades de treinta pasajeros, entre otras cosas por las siguientes razones:

- La contaminación disminuye, debido a que las unidades son más grandes, habrán menos cantidad de unidades para satisfacer a la misma cantidad de pasajeros.
- Al haber menos unidades de transporte, esto repercutirá en un menor congestionamiento vial.
- El pasaje se mantendrá a un precio razonable.
- La calidad del servicio será mejor, en unidades más espaciosas.
- La seguridad aumenta.

2.7.5 Sistema Público de Transporte Auxiliar.

Frente a la necesidad de la población de buscar algún medio para ganarse la vida, es que aparece el uso del mototaxi en la ciudad. Esto se ve incrementado debido a la crisis económica que viene afrontando nuestro país en los últimos años, y a los despidos que se produjeron en muchas empresas a mediados de la última década, de lo cual muchas personas, con la liquidación que obtenían, no vieron mejor forma que invertir en esta forma de transporte para ganarse la vida. El gran incremento de este modo de transporte provocó en la ciudad un desorden que hasta el momento no se ha podido superar.

La municipalidad decidió introducir un “área restringida” para este modo de transporte en 1996. Debido a que esta área restringida incluía dos de los mayores centros de actividad, el centro de la ciudad y el mercado, la accesibilidad y popularidad de este modo declinó drásticamente y fue perdiendo su competitividad frente a otros modos. Luego de un tiempo, se han dado nuevas ordenanzas que permitieron el reingreso de estas unidades al centro de la ciudad. Se puede decir que existe un retroceso en el orden de la ciudad en cuanto al manejo del problema originado por los mototaxis.

Es una constante en la población, debido al gran desorden que genera este medio de transporte, el deseo que se reestablezca la restricción a los mototaxis tal como en años anteriores. No debe permitirse su ingreso al centro de la ciudad ni al mercado.

Debido al crecimiento desordenado y no regularizado de este medio, se tiene que la relación oferta-demanda del servicio de mototaxis es de 2.33. El servicio de mototaxis representa el 51.1% (2600 unidades) de la oferta cubriendo el 23.1% de la demanda. De este total, el 9.6% corresponde a las unidades formales, mientras que el 13.5% corresponde a los informales. Se tiene que la cantidad de unidades requeridas para que el servicio de mototaxi sea eficiente en las ciudades de Piura y Castilla, no debe superar las 1500 unidades.

Mediante Decreto Supremo 004-2000-MTC, el gobierno aprueba el Reglamento Nacional de Transporte Público Especial de Pasajeros de Vehículos Motorizados o no motorizados. Con Decreto Supremo, 009-2000-MTC, se

establecen modificaciones al Reglamento con el propósito de fomentar el desarrollo del servicio público de transporte terrestre en vehículos menores.

A partir de este reglamento, se establece que el servicio de mototaxis, definido como transporte especial, sólo podrá circular por vías alimentadoras y en vías urbanas donde no exista o sea deficiente el servicio público de transporte urbano masivo, estableciendo además un límite de 30 Km/hr como velocidad máxima de circulación.

Comparando el servicio de mototaxis con el servicio de transporte urbano, en términos técnicos de congestión y relación oferta-demanda, se aprecia una marcada diferencia que sustenta el hecho de que los trimóviles circulen sólo donde no existe o sea deficiente el transporte masivo. En términos de congestión, los mototaxis aportan 5.6 veces más que las combis, mientras que la relación oferta-demanda es 9.6 veces mayor, considerando que con sólo el 9% de la oferta de vehículos, las combis cubren el 38.9% de la demanda.

Por todo lo anteriormente dicho, es importante que se consideren todos estos puntos para la autorización de vías de circulación que se le quieren otorgar al servicio de mototaxis. Algunos puntos para tener en cuenta son:

- La velocidad máxima de circulación no será mayor de 30 km/hr.
- Por razones de seguridad, de ninguna manera se debe permitir que el servicio de mototaxis realice viajes interurbanos Piura-Catacaos o hacia la carretera a Sullana y camino a Chulucanas.
- Definir áreas rígidas que sean fáciles de controlar por parte de Municipalidad y la Policía Nacional. Las ordenanzas de deben ser claras por cuanto las disposiciones complicadas son contraproducentes y no se respetan.
- Considerando que el mercado y el centro de la ciudad son las zonas de mayor atracción de viajes y por tanto las más congestionadas, el servicio de transporte en mototaxi debe ser limitado.
- Teniendo en cuenta lo que dice la norma, que el servicio de mototaxi sólo podrá circular por vías alimentadoras y en vías urbanas donde no exista o sea deficiente el servicio público de transporte urbano masivo, se debe fomentar el servicio de mototaxis en la zona periférica de la ciudad.
- Fomentar la formalidad y la capacitación de los conductores de mototaxis con el fin de brindar un buen servicio y reducir riesgos de accidentes.

2.7.6 Sistema de Transporte Pesado.

Se ha observado que el transporte de vehículos pesados es frecuente en zonas urbanas, lo que ocasiona un daño prematuro en los pavimentos que no están preparados para soportar niveles elevados de carga. Es recomendable contar con una zona de descarga para transporte pesado, desde donde deben partir vehículos de reparto.

El contar transporte pesado produce que se planteen vías de acceso y salida a la ciudad así como vías de evitamiento o circunvalatorias para este tipo de transporte.

2.7.7 Combatir Informalidad.

Se tiene que la informalidad es de 10.9% para las combis, el 5.6% para los taxis colectivos, 45.4% para los taxis libre y 58.6% para los mototaxis. En términos generales, el 54.4% del transporte es formal y el 45.6% de las unidades permanecen en la informalidad, notándose la gran influencia de taxis y mototaxis en este rubro.

Se puede mencionar también que la informalidad se ve aumentada debido a la falta de seguridad y el deficiente control de la autoridad policial, pieza fundamental en el logro de las acciones de ordenamiento.

Un punto importante que deriva del aumento de la informalidad es que se tiene una oferta diaria de transporte público, en sus diversas modalidades, ascendente a 909615 asientos-día. La demanda de viajes en la ciudad de Piura y movilizadas diariamente por los transportistas del servicio urbano asciende a 238691 viajes-persona por día. Esto quiere decir que la relación oferta-demanda es 3.81 veces, es decir existe una sobreoferta de casi cuatro veces más asientos por día que los requeridos.

La informalidad se ve alentada por las diferentes dificultades que se encuentran en el proceso de obtener un permiso para laborar. El procedimiento para obtener una autorización que permita brindar el servicio de transporte público es más o menos como sigue: las empresas presentan a la Dirección de Transporte de la Municipalidad de Piura un expediente técnico que justifique, con un análisis de oferta y demanda, la necesidad de cubrir una determinada ruta donde exista demanda insatisfecha. La Municipalidad estudia la propuesta de ruta, la frecuencia y la oferta de unidades presentadas por las empresas, sugiriendo las modificaciones que sean necesarias.

Dado que la Municipalidad de Piura ha carecido siempre de información básica que permita una evaluación técnica confiable, la evaluación de los expedientes no ha sido la más adecuada, teniendo como consecuencia la superposición de rutas en muchos puntos del recorrido-sobre todo los más atractivos- y el abandono de zonas menos atractivas.

Se debe tener mucho cuidado al dictar una ordenanza Municipal, pues si sólo un grupo le hace caso (acogiéndose al lado del transporte formal), y el otro grupo se mantiene en el sector informal. Este último grupo al no observar la ley, no paga tributos, no tiene que cumplir con nada; y peor aún no son castigados. Este comportamiento pasivo de la autoridad destruye el Sistema Formal, pues el sector formal al ver que no hay ventajas por acogerse a la ley, y que los informales no son castigados, podría adoptar en el futuro mantenerse al margen de dicha ley.

2.8 PLAN MAESTRO DE TRANSPORTE DE LOS DISTRITOS DE PIURA Y CASTILLA

Para el correcto Planeamiento de la Ciudad de Piura y Castilla, el Concejo Provincial de Piura, encargó a la Universidad de Piura la elaboración de un “Diagnostico del Transporte de los Distritos de Piura y Castilla”, en el que se planteaban diferentes alternativas técnico-económicas, para la realización del presente estudio.

Esta Planificación urbana y regional es una herramienta fundamental para enfrentar los problemas asociados al uso del suelo, el desarrollo y la conservación de los recursos, el crecimiento de las ciudades, la ubicación y expansión de las industrias, y en general la conservación de ambientes adecuados para la vida humana

Lograr que el sistema de transporte funcione adecuadamente en el presente y que este preparado para funcionar correctamente en el futuro es la tarea Principal de la Dirección de Transportes. Para lograr esto es indispensable definir metas y objetivos. Meta es la idealización del estado final de un sistema, por lo tanto no es lo suficientemente específica como para implementarse. Las metas proveen la dirección en la que la sociedad quiere avanzar. El Objetivo es mucho más específico que una meta y se define a partir de ésta. Los objetivos son generalmente posibles de lograr, además de cuantificar (medir) que tanto de lo esperado se consiguió.

A partir de esto se presenta en la tabla 2.3 una relación de metas y objetivos para el Estudio de Transporte de los Distritos de Piura y Castilla.

Además de los Objetivos y Metas, se tiene que dar a conocer las diferentes políticas generales con sus respectivas estrategias y tareas para mejorar el sistema de transporte en Piura. Estas Políticas se muestran en el Anexo B. Estas políticas tiene como objetivo satisfacer la meta: “Proveer a la ciudad de Piura de un sistema de transporte eficiente y ordenado, dentro de las posibilidades económicas de la ciudad y acorde con la planificación de los usos del suelo desde la fecha hasta el 2010”.

2.9 ANÁLISIS Y PROYECCIONES DEL TRANSPORTE

En la elaboración de nuevos núcleos urbanos, así como en la construcción de nuevas vías, es de vital importancia realizar un estudio del tránsito futuro en las nuevas vías, y de cómo la construcción de estas nuevas vías podrían cambiar el entorno actual de la zona. Entonces, el proceso de planeamiento del transporte urbano se basa en una serie de supuestos y principios, los más importantes son los siguientes:

- Las características de los viajes son cuantificables, estables y predecibles.
- Las demandas de transportes se relacionan directamente con la distribución e intensidad del suelo y es posible determinarlas correctamente para alguna fecha futura.

Tabla 2.3 Metas y Objetivos de Estudio de Transporte de Piura y Castilla

METAS	OBJETIVOS	CUANTIFICACION
Mejorar el acceso entre Piura y Castilla.	Construcción de un nuevo puente.	Número de vehículos atridos por el nuevo puente.
Mejorar el sistema de transporte público masivo.	Organización de las empresas de transporte.	Control de la frecuencia, capacidad de vehículos, número de infracciones de sus unidades.
	Proveer de un sistema eficiente y atractivo para los usuarios.	Número de personas que dejan de utilizar mototaxis y taxi-colectivos y optan por el sistema de transporte público masivo.
Mejorar el funcionamiento de la red vial.	Reducir la congestión de la Av. Sánchez Cerro.	Grado de saturación de la Avenida Sánchez Cerro. Velocidad comercial en la vía.
	Reducir los conflictos en las intersecciones	Capacidad y fluidez del tráfico en la intersección.
	Mejorar el uso eficiente de las vías.	Cantidad de vehículos que circulan vs. Cantidad de personas trasladadas.
Reducir el desorden vehicular, peatonal y del comercio.	Adecuada señalización vial.	Número de conductores y peatones que respetan la señalización.
	Empadronamiento y ubicación de los vendedores informales	Número de vías recuperadas de los ambulantes.
Mejorar la seguridad del público en general.	Reducir la ocurrencia de accidentes	Número de accidentes antes y después de implementar una medida
	Reducir el número de muertos debido a la ocurrencia de accidentes.	Comparar la relación entre accidentes/muertos, antes y después de implementar una medida

2.9.1 Pronósticos del Volumen de Tránsito futuro

El volumen de tránsito futuro, por ejemplo el IMDA (tránsito medio diario anual) del año de proyecto en el mejoramiento de una carretera existente o en la construcción de una nueva carretera, deberá basarse no solamente en los volúmenes normales actuales, sino también en los incrementos del tránsito que se espera utilice la nueva carretera. Este volumen viene dado por la ecuación (2.1)

$$TF = TA + IT \quad (2.1)$$

Donde:

TF: tránsito futuro

TA: tránsito actual

IT: incremento de tránsito

El tránsito actual, ecuación (2.2), es el volumen que usará la carretera mejorada o la nueva carretera en el momento de quedar completamente en servicio. El incremento del tránsito, IT, ecuación (2.3), el volumen de tránsito que se espera en la nueva carretera en el año futuro seleccionado para el proyecto.

$$TA = TE + TAt \quad (2.2)$$

Donde:

TE : tránsito existente

TAt: tránsito atraído

El tránsito atraído, TAt, puede ser de otras carreteras, una vez finalizada la reconstrucción total. En el caso de una carretera nueva, el tránsito actual será completamente el tránsito atraído. Los usuarios eligen la nueva carretera motivados por la mejora de los tiempos de recorrido, distancia, características geométricas, comodidad y seguridad.

$$IT = CNT + TG + TD \quad (2.3)$$

Donde:

CNT : crecimiento normal del tránsito

TG : tránsito generado

TD : tránsito desarrollado

El crecimiento normal del tránsito, CNT, es el incremento del volumen de tránsito por el aumento normal en el uso de vehículos. El tránsito generado, TG, ecuación 2.4, son los viajes que no se realizarían si no se construye la nueva carretera. El tránsito desarrollado, TD, es el incremento en el volumen de tránsito debido a las mejoras en el suelo adyacente.

$$TG = TIn + TCon + TTr \quad (2.4)$$

El tráfico inducido, TIn, son los viajes no realizados previamente por ningún tipo de transporte. El tránsito convertido, TCon, son los nuevos viajes que previamente se hacían masivamente en transporte público, tren, avión y que por razón de la nueva carretera, se harían en vehículos particulares (cambio de modo). El tránsito trasladado, son los viajes hechos previamente a destinos completamente diferentes, atribuidos a la atracción de la nueva carretera.

2.9.2 Capacidad Vial y Nivel de Servicio

En el análisis de flujo vehicular, se ve que una corriente de tráfico, dentro de un sistema vial, funciona aceptablemente bien cuando la magnitud del flujo, circulando a una velocidad razonable, es menor que la capacidad del sistema; en otras palabras, cuando el sistema tiene la capacidad (oferta) para alojar el flujo vehicular presente (demanda), sin demoras excesivas para los usuarios.

Con los modelos de flujo vehicular, se estableció también que cuando los valores de los flujos vehiculares están muy próximos a los de la capacidad, el tránsito se torna inestable y la congestión se hace presente.

Para determinar la capacidad de un sistema vial no solo es necesario conocer sus características físicas o geométricas, sino también las características de

los flujos vehiculares, bajo una variedad de condiciones físicas y de operación, además de otras que tienen que ver con la calidad del servicio proporcionado.

Por tanto, un estudio de capacidad de un sistema vial es al mismo tiempo un estudio cuantitativo y cualitativo, el cual permite evaluar la suficiencia y calidad del servicio ofrecido por el sistema (oferta) a los usuarios (demanda).

2.9.2.1 Concepto de Capacidad Vial

En la fase de planeamiento, estudio, proyecto y operación de carreteras y calles, la demanda de tránsito, presente o futura, se considera como una cantidad conocida. Una medida de la eficiencia con la que un sistema vial presta servicio a esta demanda, es su capacidad (q_{max}) u oferta.

La capacidad se define para las condiciones prevalecientes, que son factores que al variar la modifican. Estas condiciones son de infraestructura vial, del tránsito y de control. Las primeras son las características físicas de la carretera o calle (de dos o más carriles, de tránsito continuo o discontinuo, dividida o no, etc.), el desarrollo de su entorno, las características geométricas (ancho de carriles, restricciones de sobrepaso, obstrucciones laterales, etc.) y el tipo de terreno donde se aloja la obra. Las condiciones de tránsito se refieren a la distribución del tránsito en el tiempo y en el espacio y a la composición en tipos de vehículos. Las condiciones de control hacen referencia a los dispositivos de control de tránsito.

2.9.2.2 Concepto de Nivel de Servicio

Para medir la calidad del flujo vehicular se usa el concepto de Nivel de Servicio (NDS). Es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación de un flujo vehicular y de su percepción de conductores y pasajeros. Estas condiciones se describen en términos de factores tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, la libertad de maniobras, la comodidad, la conveniencia y la seguridad vial.

Por lo general, no se realizan estudios de capacidad para determinar la cantidad máxima de vehículos que pueden alojar cierta parte de una carretera o calle, lo que se hace es tratar de determinar el nivel de servicio al que funciona cierto tramo, o bien la tasa de flujo admisible dentro de cierto nivel de servicio.

Tradicionalmente se ha considerado la velocidad como el principal factor usado para identificar el nivel de servicio. Sin embargo, los métodos modernos introducen además de la velocidad media de recorrido, dos nuevos factores: la densidad para casos de circulación continua y la demora para casos de circulación discontinua.

RESUMEN

- El desarrollo urbano de la ciudad involucra definitivamente a la Ingeniería de Transportes.
- La jerarquización vial es un instrumento básico para la planeación y gestión de la infraestructura pública vial terrestre, facilita la correspondencia entre las necesidades de los usuarios del transporte y tránsito, así como los tipos de vialidad y las responsabilidades jurisdiccionales de las respectivas autoridades competentes.
- En pavimentos flexibles se tiene que estudiar la naturaleza hidrofílica de los agregados utilizados en las mezclas asfálticas en la región y que fallan por adherencia, además de la existencia técnicas deficientes en el tratamiento de mezclas asfálticas en frío.
- Los pavimentos de concreto por otro lado, se debe tener especial cuidado para evitar las fallas en las juntas, ya sea por un mal sellado o por la deficiente disposición de losas que no garantizan una adecuada transferencia de carga. El tratamiento de bases acorde con la naturaleza de nuestro suelo es otro factor que debe dársele la debida atención.
- Es necesario dotar a la ciudad de Piura de un terminal terrestre principal para transporte interprovincial y dos complementarios que permitirá reubicar a las empresas de transporte interurbano.
- Las ciudades de Piura y castilla generan un alto índice de generación de viajes en ambos sentidos. Es un serio problema para la planificación de la ciudad, la constante, y buena conexión entre Piura y Castilla, que por las características de los usos del suelo se requiere integrar.
- Es necesario diseñar un sistema de transporte eficiente, seguro y rentable. Se tiene que tener muy en cuenta, que a mayor oferta, menor calidad de servicio es la premisa que regula el sistema de transporte.
- En términos técnicos de congestión y relación oferta-demanda, se aprecia una marcada diferencia que sustenta el hecho de que los trimóviles circulen sólo donde no existe o sea deficiente el transporte masivo.
- Se debe definir áreas rígidas que sean fáciles de controlar por parte de Municipalidad y la Policía Nacional. Las ordenanzas de deben ser claras por cuanto las disposiciones complicadas son contraproducentes y no se respetan.
- El contar con transporte pesado produce que se planteen vías de acceso y salida a la ciudad diseñadas para este tipo de tráfico, así como vías de evitamiento o circunvalatorias para este tipo de transporte. Además es recomendable contar con una zona de descarga para transporte pesado, desde donde deben partir vehículos de reparto.
- La Municipalidad de Piura ha carecido siempre de información básica que permita una evaluación técnica confiable, la evaluación de los expedientes no ha sido la más

adecuada, teniendo como consecuencia la superposición de rutas en muchos puntos del recorrido-sobre todo los más atractivos- y el abandono de zonas menos atractivas.

- Finalmente es hora que se ponga en marcha a todo nivel la relación de metas y objetivos considerados en el Estudio de Transporte de los Distritos de Piura y Castilla.

CAPITULO III: CRITERIOS DE INGENIERIA HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA

3.1 INTRODUCCIÓN

En 1998, ocurrió el último Mega evento del Fenómeno EL Niño, causando grandes precipitaciones en la Costa Peruana, las cuales dieron origen a inundaciones en las ciudades ubicadas dentro del área de influencia del fenómeno. Esto permitió detectar que las obras de drenaje y mitigación que se realizaron (con carácter de emergencia y provisionales) en los años 1982-1983, (debido a la presencia del fenómeno de El Niño) fueron inapropiadas e insuficientes. Debido a este problema, el evento de 1998 causó cuantiosos daños en las viviendas, pavimentos, y en la salud de los pobladores residentes en estas zonas urbanas.

Un sistema de drenaje pluvial tiene como objetivo la evacuación del agua producida por las lluvias en un determinado lugar y durante un tiempo determinado. En nuestro país, sobretodo en la zona norte del Perú, existen serios problemas de drenaje pluvial principalmente en las zonas urbanas. Se puede afirmar que estas ciudades no están preparadas para este evento.

Cada vez que llueve las calles se convierten en lagunas, principalmente en zonas bajas, donde no existe drenaje ó este es ineficiente o, en el peor de los casos no funciona por falta de mantenimiento adecuado, y periódico. Lo mismo sucede en "zonas bajas" de algunas carreteras y caminos.

Cuando se va a proyectar y diseñar una carretera, camino ó calle, se deben realizar estudios hidrológicos y geológicos para poder diseñar un sistema de drenaje funcional, económico, seguro y que contribuya con la belleza de la obra; con esto se evita el deterioro progresivo de : i) la capa de rodadura (de asfaltos, ó losa de concreto armado, etc.); ii) la base del pavimento; iii) la sub-base; y iv) la subrasante, para así prolongar la vida útil (20 años como mínimo), de estas obras. En nuestro país vemos como se deterioran nuestras vías públicas por efecto de un "drenaje pluvial inexistente o deficiente" antes de cumplir

con su periodo de vida útil (20 años) ocasionando con ello una mala inversión y un descrédito para la institución pública.

Es necesario, a la hora de realizar proyectos de nuevas vías, contar con un criterio claro de drenaje pluvial, sobretodo en nuestra ciudad cuya topografía es propensa a inundaciones. Un drenaje pluvial inexistente o deficiente afecta todas las actividades humanas (económicas, recreativas, turismo, transportes, etc.), al verse afectada seriamente las vías de comunicación. En nuestro país los sistemas de drenaje pluvial urbano (calles, avenidas, drenes, badenes, cunetas) son construidos, operados y mantenidos por las Municipalidades, las cuales deberían tener destinado algún presupuesto para tales fines. Debiera estar claro que las ciudades no están preparadas para las lluvias y es prioritario “hacerlas seguras y poco vulnerables” a estos eventos.

Un buen criterio de ingeniería es evitar que nuevas construcciones de viviendas se asienten en los cauces naturales de ríos y quebradas, o en cualquier zona propensa a inundación, pues es peligroso y además existen leyes que prohíben construir en estas condiciones.

A la hora de proyectar los diferentes sistemas para el drenaje pluvial de la ciudad, es importante que el criterio sea lo más aproximado a la realidad y la necesidad de la zona.

En resumen, hay que cuidar 3 aspectos importantes a la hora de analizar y diseñar:

- Tener un acertado conocimiento de la hidrología de la región.
- Un conocimiento exacto de la topografía de la zona.
- Un buen criterio hidráulico que tome los datos hidrológicos y topográficos para proyectar las obras hidráulicas que garanticen el drenaje de la ciudad.

Se debe tener un conocimiento topográfico totalmente desarrollado de la ciudad; que será muy útil para determinar las cotas del terreno, el ancho de vías y las pendientes y contribuirá también a definir los caudales de evacuación de aguas pluviales.

3.2 FENÓMENO EL NIÑO

Desde hace mucho tiempo nuestro planeta está sujeto a cambios climáticos originados por las actividades humanas, como son: el efecto invernadero, destrucción de la capa de ozono, etc.

Pero existe un fenómeno de la naturaleza de efectos globales llamado "El Niño", que es una anomalía climática del Pacífico que se presenta en intervalos de cuatro a siete años, ocasionando desastres naturales, con impactos en los ecosistemas marinos y terrestres de la región.

3.2.1 Descripción del Fenómeno El Niño

Es la Corriente de aguas cálidas, dirigida hacia el Sur, que se presenta anualmente en el mar, frente a las costas áridas del norte peruano, a finales de año, ocasionando un verano con lluvias. Esta corriente se ilustra en la figura 3.1.



Figura 3.1 Corriente de El Niño

El fenómeno de El Niño, se acentúa causando destrozos cuando es más notoria la aparición del Índice de Oscilación del Sur, que es la diferencia de presión atmosférica entre el Pacífico Oriental (Tahiti) y el Pacífico Occidental (Darwin). Si el índice es negativo (fase cálida) genera, aunque no necesariamente, la presencia de El Niño.

Conocido también con el nombre científico de "El Niño – Oscilación del Sur"; es un evento a gran escala, que se extiende más allá del Pacífico Sur. El fenómeno El Niño es el aumento generalizado de la temperatura de la superficie del mar en gran parte del sector Oriental y Central del Pacífico Ecuatorial. Así mismo una disminución de la presión atmosférica en el Pacífico Sur Oriental (costa de Sud – América) y aumento en la región de Oceanía.

En el siglo pasado, los pescadores del puerto de Paita, al norte del Perú, observaron que las aguas frías provenientes de la Corriente Peruana (con flujo hacia el norte), se calentaban alrededor de las fiestas navideñas y los cardúmenes de peces huían hacia el sur, debido a una corriente caliente procedente del Golfo de Guayaquil. A este fenómeno le dieron el nombre de Corriente del Niño, por el niño Jesús.

3.2.2 Breve Historia del Fenómeno El Niño

El niño más antiguo del cual se tenga testimonio ocurrió en 1578. Su efecto devastador se concentró en la ciudad de Lambayeque arrasando el pueblo y el íntegro de sus cultivos, dividiendo la ciudad en dos partes por la inundación ocasionada por las lluvias torrenciales.

Según datos de los últimos 66 años. De la medida de la temperatura del agua en la estación de Chicama (costa norte del Perú), se observó que los años 25, 33, 41, 57, 72, 82 – 83 y 98 fueron los más fuertes, y un grupo adicional de seis eventos (32, 39, 43, 53, 65 y 87) fueron considerados como moderados. En la tabla 3.1 se muestra la historia de la presencia del fenómeno El niño en nuestro territorio.

Tabla 3.1 Historia del Fenómeno de El Niño en el Perú

Ciudad	Efectos
1578: Piura Lambayeque	Llovió del 24.II al 5 -6.IV 24.II. Llovió fuerte toda la noche 3.III "diluvio"y "un brazo del río entró por en medio de la ciudad." Saña sufrió mucho daño "Las lluvias fueron recias como en 1574" Piura se traslada a Paita
1728: Piura Trujillo	Sechura: Maremoto y aluvión; el río destruyó San Martín de Sechura. Martínez de Compañón ordenó completar la construcción de la Iglesia en 1783. 24.II. Llovió fuerte toda la noche San Miguel de Piura: rompió la represa de Tacalá e inundó el barrio de la calle San Francisco (Lima)Saña sufrió mucho daño Las lluvias empezaron en febrero y duraron cuarenta días. Hubieron 6 ó 7 lluvias muy copiosas.
1791: Piura Lambayeque	Desborde del río Piura. El río se llevó parte de las dos manzanas de la plaza para abajo. Del 1-3 de marzo lluvias y vientos implacables, desborde del río arrasó sembríos
1828: Piura	Lluvias copiosas a mediados de marzo durante catorce días consecutivos El río Chira tuvo una crecida de más de 10 mts. y sus aguas llegaron hasta Colán. Las lluvias alcanzaron hasta el río Santa En Motupe llovió del 15 al 30.III. Hubo inundación y sismo.
1891: Piura Trujillo y el sur	Las lluvias duraron 60 días, empezaron a mediados de febrero hasta abril. En abril el río alcanzó 150 mts de ancho, 6 ó 7 de profundidad y 10 a 12 millas /hora El 12.IV rompió puente de fierro El río Sechura quebró el curso en sentido contrario. Desborde de los ríos Piura, Chira y Tumbes Destrucción de las líneas férreas. Desbordes de los ríos Santa y el Rímac (20.III) En Trujillo llueve desde el 19.III, por ocho días consecutivos. Fractura de parte del acueducto
1925: Piura	Periodo lluvioso: 4.II - 12.IV. Llovió por 36 días; aguaceros violentos, tempestad eléctrica, desborde del río y temblor. 1200 mm . de lluvia En Zorritos , hubieron 1524 mm. en 12 días de lluvia. El 16.II(375 mm)
1983: Piura	Periodo: diciembre-junio. Lluvias intensísimas en toda la zona Norte: Tumbes 3,200mm, Piura 2,381mm. Mucho menos en Lambayeque y al Sur.
1998: Piura	Periodo: diciembre-abril. Lluvias intensas en toda la zona Norte. Máximo aforo de río Piura 4680 m3/s. Carreteras destruidas,2 puentes de 4 fueron destruidos en la ciudad.

3.2.3 Características de la presencia del fenómeno El Niño

Las Características más saltantes del fenómeno de El niño son las que se mencionan a continuación:

- Incremento de la temperatura superficial del mar peruano.
- Incremento de la temperatura del aire en zonas costeras.
- Disminución de la presión atmosférica en zonas costeras.
- Vientos débiles.
- Disminución del afloramiento marino.
- Incremento del nivel del mar frente a la costa peruana.

Así mismo para que sea considerado como un evento Niño, ya sea moderado o severo, estas características deben permanecer por lo menos 04 meses consecutivos.

Los impactos negativos causados por el fenómeno de El niño en el Perú son: lluvias excesivas en la costa norte, causando muchas veces inundaciones y desbordes de ríos, deficiencia de lluvias en la sierra sur del Perú, (especialmente en el Altiplano), migración y profundización de peces de agua fría, (sardina, anchoveta, merluza, etc.), incremento de plagas y enfermedades en ciertos cultivos, presencia de epidemias, alteración de los ecosistemas marinos y costeros.

Los impactos positivos causados por el fenómeno de El Niño en el Perú son: la presencia de aguas cálidas permitirá el consumo de peces y moluscos que solo son consumidos al norte del país, presencia de vegetación en la costa árida (lomas, algarrobos, etc.), incremento del volumen de agua en los reservorios del norte, incremento del nivel de las aguas subterráneas.

3.2.4 El Fenómeno El Niño en Piura

Con una variable de periodicidad, El Niño fenómeno oceanográfico y climático conocido mundialmente, transforma el ambiente de Piura, elevando anormalmente la temperatura del mar y de la atmósfera y desencadenando lluvias torrenciales y desborde de ríos. La fuerza de El Niño, que renueva el bosque seco y limpia la tierra, destruye la infraestructura moderna de producción y comunicaciones. Los últimos eventos de El Niño, en 1983 y 1997-1998, fueron los más intensos de este siglo XX y su dramático impacto sobre la economía regional todavía persiste.

El fenómeno El Niño en 1983 se caracterizó por las fuertes lluvias y el período de duración, seis meses, además por los desbordes del río Piura. En el Perú la economía cayó 12.3%, con mayor impacto en las zonas norte y sur. Piura fue la ciudad más castigada, hubo 54,200 familias damnificadas, la mortalidad infantil se

duplicó, la producción se redujo a un tercio, las pérdidas en agricultura ascendieron a 72.6 millones de dólares, los precios se triplicaron debido al aislamiento producto del colapso de las vías de acceso (carreteras y puentes). En la tabla 3.2 se muestra la Evolución del Producto Bruto Interno en los años 1976-1997, ante la presencia del Fenómeno de El niño.

En 1998 tuvo un radio de acción más amplio, adentrándose en el Pacífico y se abatió sobre la cuarta parte del planeta, desde Perú y Ecuador. Los diarios informaban de la imposibilidad de vivir en las zonas azotadas por el fenómeno, el lodo en los poblados, sobre todo en las calles del Bajo Piura, se acumulaba e iba pudriéndose; los caminos eran intransitables por las inundaciones, y se propagaron enfermedades como la malaria, diarreas, infecciones respiratorias y dérmicas.

Además afectó infraestructura básica: 28,301 casas, 811 escuelas y 598 postas de salud; 54,035 Ha de tierras de cultivo; más de 8,000 kilómetros de carreteras y 90 puentes colapsaron, aislando pueblos aledaños por más de 30 días. Los daños en infraestructura han sido estimados en 1,000 millones de dólares y las pérdidas en exportaciones ascendieron a 752 millones de dólares (616 millones correspondieron a la industria pesquera).

Tabla 3.2 Evolución del Producto Bruto Interno 1976-1997

Año	PBI	Presencia de "El Niño"	Año	PBI	Presencia de "El Niño"
1976	2	Moderado	1987	8.5	Debil-Moderado
1977	0.4		1988	-8.3	
1978	0.3		1989	-11.7	
1979	5.8		1990	-5.4	
1980	4.5		1991	2.8	Moderado
1981	44		1992	-2.5	Moderado
1982	0.2	Extraordinario	1993	6.5	
1983	-12.6	Extraordinario	1994	12.9	
1984	4.8		1995	6.9	
1985	2.3		1996	2.8	
1986	9.2		1997	7.4	Extraordinario

3.3 HIDROLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE TORMENTAS

Un adecuado sistema de drenaje urbano estará muy influenciado por un acertado conocimiento de la hidrología. Mas aún, puede decirse que la hidrología y la hidráulica definirán el drenaje pluvial local y el principal o global; así como la correcta ubicación de las cámaras de bombeo, si fueran necesarias, y el cálculo de los caudales esperados. Para lograr todo ello se debe contar con un conocimiento y criterio claros del comportamiento de las lluvias en la región.

Finalmente, para realizar el cálculo del volumen que se tiene que tener en cuenta, se presentan los parámetros principales en las siguientes áreas:

- La interpretación del fenómeno lluvioso, (parte Hidrológica).

- El pronóstico del movimiento del agua sobre el terreno, (parte Hidráulica)
- El diseño de las canalizaciones pluviales, (parte Hidráulica)

3.3.1 Factores Hidrológicos

Como se mencionó anteriormente, es necesario y de suma importancia realizar un Análisis Hidrológico de la ciudad, usando métodos estadísticos para conocer tormentas para diferentes años de retorno.

Para poder realizar este Análisis se tendrá que llevar a cabo un Análisis de Frecuencias, con el cual se hallaran los diferentes periodos de retorno para diferentes intensidades de lluvia esperada. Luego, se realizará un estudio de Tormentas de Diseño con el que se hallaran los diferentes tipos de tormentas esperados para los años de retorno elegidos.

3.4 ANALISIS DE FRECUENCIA

Tal como se ha podido apreciar en la región, los sistemas hidrológicos son afectados algunas veces por eventos extremos, tales como las tormentas severas que se dieron en los fenómenos de El Niño de los años 1983 y 1998. La magnitud de un evento extremo está inversamente relacionada con su frecuencia de ocurrencia, es decir eventos severos ocurren con menor frecuencia que eventos moderados. El objetivo del Análisis de Frecuencia de información hidrológica es relacionar la magnitud de los eventos extremos con su frecuencia de ocurrencia mediante el uso de distribuciones de probabilidad.

3.4.1 Distribuciones de Valores Extremos: Método de Gumbel.

El estudio de eventos hidrológicos extremos incluye la selección de una secuencia de observaciones máximas o mínimas de un conjunto de datos. Los valores extremos son los valores máximos o mínimos seleccionados de unos conjuntos de datos. Por ejemplo, el caudal máximo anual en un lugar dado es el mayor caudal registrado histórico que conforman un conjunto de valores extremos que puede analizarse estadísticamente. Fisher y Tippett (1928) han demostrado que las distribuciones de valores extremos seleccionados de conjuntos de muestras de cualquier distribución de probabilidad convergen en una de las tres formas de distribuciones de valor extremo, llamadas tipo I, II y III respectivamente cuando el número de valores seleccionados es grande. Las propiedades de estas tres formas limitantes fueron estudiadas en mayor detalle por Gumbel (1941) para la distribución de Valor Extremo tipo I, por Frecher (1927) para la distribución de Valor Extremo tipo II y por Weibull (1939) para la distribución de Valor Extremo tipo III. La función de distribución de probabilidad de Valor Extremo tipo I viene descrita en la ecuación 3.1

$$F(x) = e^{-e\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)} \quad -\infty \leq x \leq \infty \quad (3.1)$$

donde, α es un parámetro de escala, u es la moda y $F(x)$ es la función de densidad de probabilidad. Estos parámetros, se obtienen de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6s}}{\Pi}$$

$$u = \bar{x} - 0.5772\alpha$$

El parámetro u es la moda de la distribución (punto de máxima densidad de probabilidad). Una variable reducida “ y ” puede definirse como:

$$y = \frac{x-u}{\alpha}$$

Sustituyendo esta variable en la ecuación 3.1 se encuentra:

$$F(x) = e^{-e^{(-y)}} \quad (3.2)$$

Además de esto se conoce que la probabilidad de ocurrencia de un evento (X) en cualquier observación es el inverso de su periodo de retorno (T), tal como se muestra en la ecuación 3.3

$$P(X \geq x_T) = \frac{1}{T} \quad (3.3)$$

Con todas las fórmulas anteriormente descritas se podrán obtener los valores máximos de precipitaciones para diferentes periodos de retorno. Se tiene que tener en cuenta que para el análisis de probabilidades existen varias distribuciones entre las que se pueden mencionar: la Distribución Normal, Lognormal, Exponencial, Gamma; pero para el análisis de valores extremos existen sólo tres tipos de distribuciones, la distribución de Valores Extremos tipo I, tipo II y tipo III. De estos tres tipos de Distribuciones de Valores Extremos, la tipo I o de Gumbel se emplea comúnmente para la modelación de tormentas de lluvia.

3.5 TORMENTAS DE DISEÑO

Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente las tormentas de diseño se emplean como datos de entrada en el análisis de modelos de lluvia-escorrentía para estimar avenidas en pequeñas cuencas.

Uno de los primeros pasos que debe seguirse en muchos proyectos de diseño hidrológico, como el diseño de un drenaje urbano, es la determinación del evento o los

eventos de lluvia que deben usarse. La forma más común de hacerlo es utilizar una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación entre la intensidad de lluvia, la duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados para la obra y el sitio. Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF), se presentan con la duración en el eje horizontal y la intensidad en el eje vertical, mostrando una serie de curvas, para cada uno de los periodos de retorno. Esta es la manera apropiada de determinar las alturas de precipitación (P_p), a través de la obtención de la intensidad para un periodo de retorno (T_r) y un tiempo de duración (t) determinados. A continuación se muestra en la figura 3.2 el ejemplo de una gráfica de curvas IDF, indicando la forma de obtener un valor de intensidad (I). En esta gráfica se muestra que para un periodo de retorno de 50 años y para una duración de 20 minutos, se obtiene una intensidad de 56 mm/h.

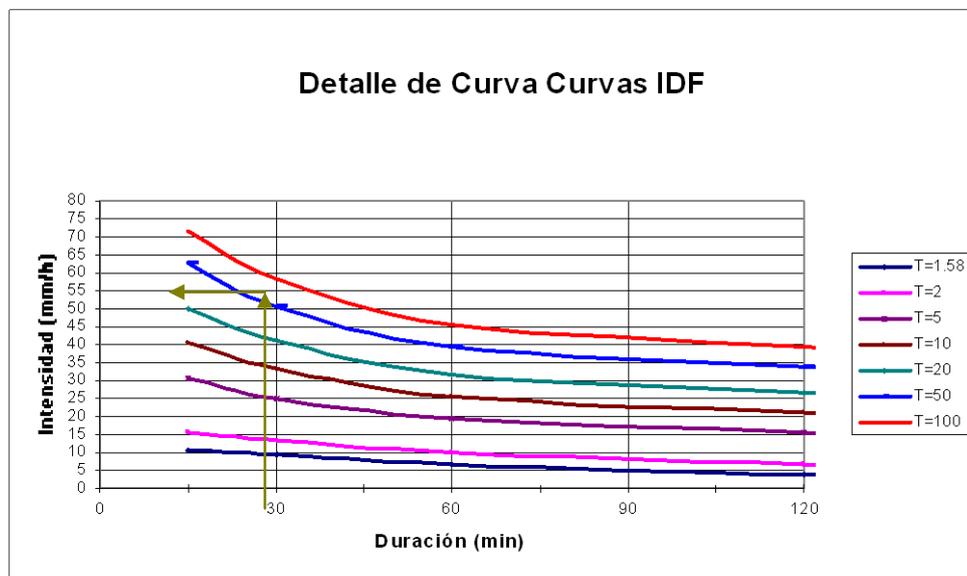


Figura 3.2 Curva Intensidad Duración Frecuencia

3.5.1 Curvas IDF mediante un Análisis de Frecuencia

Cuando la información de lluvia local está disponible, las curvas IDF pueden desarrollarse utilizando el análisis de frecuencia. Como se mencionó en la sección 3.4.1, una distribución comúnmente utilizada en el análisis de frecuencias es la distribución de valor extremo tipo I o Gumbel. La metodología empleada consiste en realizar un análisis de precipitaciones midiendo la intensidad de duración a través de diversos pluviogramas, o recurrir a la información de registros emitidos por los pluviógrafos.

Se procede a analizar las bandas pluviográficas para diversas tormentas, se toman en cuenta las mayores de 5 mm o de 10 mm, para encontrar intensidades (I) para diferentes intervalos de tiempo, para I_{15} , I_{30} , I_{60} , I_{120} , I_{180} , I_{240} , I_{360} .

Luego de obtener las intensidades para diferentes tiempos se procede a un análisis de frecuencia, usando la aproximación tipo I o Gumbel, mencionada anteriormente.

Se trabajará con los valores máximos extremos para diferentes periodos de retorno. Entonces se obtendrán las Intensidades Máximas anuales para cada periodo de duración de I_{15} , I_{30} , I_{60} , I_{120} , I_{180} , I_{240} , I_{360} para cada año.

3.6 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL ESTUDIO REALIZADO POR UNA EMPRESA CONSULTORA Y LA EVALUACIÓN REALIZADA POR LA UNIVERSIDAD DE PIURA

Para comprender el proceso en el análisis de tormentas se han tomado como referencia el “Estudio de Factibilidad del Proyecto Integral de Evacuación de Aguas por Gravedad – Cuencas Ignacio Merino, El Chilcal y Japón” el cual ha sido elaborado por una Empresa Consultora y la “Evaluación del Estudio de Factibilidad del Proyecto Integral de Aguas por Gravedad – Cuencas Ignacio Merino, El Chilcal y Japón” que realizó la Universidad de Piura. Se analizará la metodología seguida en el estudio de tormentas de diseño.

En el análisis de tormentas efectuado en el informe de la Empresa Consultora, se utilizaron los registros estadísticos de las precipitaciones medidas y/o recopiladas del SENAMHI por la División de Hidrometeorología del Proyecto Chira-Piura en la estación Miraflores. Se realizó un análisis de las precipitaciones mensuales desde 1971-1999, y de la información que contienen los registros pluviográficos de los días con mayor precipitación durante los Fenómenos de El Niño de 1983 y 1998.

Para el entendimiento de este proceso será necesario tener claro algunos conceptos:

- **Intensidad.** Se define como el volumen de precipitación por unidad de tiempo. Este valor varía durante la tormenta. Se expresa en milímetros por hora (mm/h).
- **Periodos de Diseño.** Período de tiempo dentro de la duración de la tormenta. Se escogen los periodos de duración tipo, por ejemplo para 10, 30, 60, 120, 180 minutos.
- **Frecuencia.** Probabilidad que existe para que una lluvia de determinada intensidad máxima y de una determinada duración se presente cada determinado número de años.

3.6.1 Diseño de Precipitaciones

3.6.1.1 Enfoque del Proyecto realizado por la Empresa Consultora

Para el diseño del Análisis de tormentas de la ciudad de Piura realizado por la Empresa Consultora, se tuvo en cuenta la tabla 3.3 de precipitaciones mensuales (mm) entre los años 1971 y 1999, el cual se muestra a continuación.

Teniendo en cuenta esta tabla que muestra los valores de precipitaciones (P_p) entre los años 1971 a 1999, se procedió a determinar una regresión

semilogarítmica, para el análisis de valores extremos, usando las alturas de precipitación P_p en mm/mes para diferentes periodos de retorno (T_r) en años, obteniéndose la fórmula $P_p = 448.384 * \text{Log} T_r - 83.580$, tal como se muestra en la tabla 3.4. Para obtener los valores de precipitación diaria y la intensidad horaria se recurrió a una metodología particular y diferente a la normalmente aceptada para estos casos.

Las alturas de precipitación mensuales en mm con periodos de retorno de 5, 10, 20, 50, 100 y 200 años alcanzaron los 229, 364, 499, 678, 813 y 948 respectivamente, como se muestra en la tabla 3.5.

Para obtener los valores de precipitación diaria y la intensidad horaria se recurrieron a los registros diarios de los meses de lluvia de los años 1983 y 1998, encontrando que en un mes las precipitaciones se prolongaron aproximadamente 17 días. Ahora, de las bandas pluviográficas de los días más lluviosos de los Niños del 83 y 98, se desprende que las tormentas tuvieron una duración promedio de 6 horas, tal como se presentan en toda la costa norte del país. Con estos dos últimos datos se han determinado las precipitaciones en mm por día y en mm por hora.

En la tabla 3.5 se muestra, en la primera columna el Periodo de retorno (T_r), desde 5 a 200 años; en la cuarta columna, los valores de precipitación mensual esperada para los diferentes periodos de retorno; en la quinta columna, los valores de la precipitación diaria, los cuales se obtuvieron dividiendo la precipitación mensual entre 17 días; en la sexta columna, los valores de la precipitación horaria, los cuales se obtuvieron dividiendo la precipitación diaria entre 6 horas.

A pesar de este Análisis estadístico, al recurrir a los registros pluviográficos de tormentas en los días más lluviosos de 1983 y 1998, se puede determinar intensidades que superan la intensidad de 9.3 mm/hr correspondientes al período de retorno de 200 años.

Tabla 3.5 Cálculo de P_p para diferentes T_r

T_r (años)	Log T_r	A*Log T_r	A*Log T_r+B P_p (mm/mes)	P_p (mm/día)	P_p (mm/hr)
5	0.70	313.40	229.82	13.52	2.25
10	1.00	448.38	364.80	21.46	3.58
20	1.30	583.36	499.78	29.40	4.90
50	1.70	761.78	678.20	39.89	6.65
100	2.00	896.76	813.18	47.83	7.97
200	2.30	1031.74	948.16	55.77	9.30

Un estudio más minucioso de las bandas limnigráficas permite establecer un sólo valor más alto, referido a una intensidad de 81.43 mm/hr en unos 40 minutos dentro de una tormenta de 7.2 horas entre las 18.8 horas del día 24 y las 01.3 horas del día 25 de enero de 1998 y por lo tanto no se consideró representativa de la tormenta.

Por tal motivo, se decidió ratificar el valor de 9.30 mm/hr, considerando que, de acuerdo al análisis estadístico que realizaron, se presentaría con un periodo

de retorno de 200 años, y los valores que superan esto, son valores de lluvias aislados, no considerados representativos en este análisis de tormentas.

3.6.1.2 Evaluación del Proyecto realizado por la Universidad de Piura

Debido que se trata de resolver el Drenaje Urbano de la ciudad de Piura, vemos muy conveniente un correcto Análisis de Tormentas, en el que interesa conocer las intensidades máximas producidas para duraciones muy cortas, asociadas a los tiempos de concentración de las cuencas en estudio, que suelen ser en éste caso del orden de décimas de hora. Por tanto es claro que a partir de determinar los tiempos de concentración en cada cuenca, se deberá determinar diferentes Intensidades máximas para cada una de ellas en vez de hablar de una sola intensidad representativa de 9.3 mm/hr sea cual sea.

El informe evaluado señala que el análisis de las precipitaciones mensuales máximas utiliza la distribución de Gumbel, la cual es apropiada para ese tipo de análisis. Sin embargo, consideramos que el análisis realizado no corresponde a dicha metodología, sino es más bien una regresión lineal P versus Log Tr, es decir se ha empleado un ajuste semilogarítmico, como se mencionó oportunamente. En la tabla 3.6 se muestra la forma correcta de realizar una aproximación mediante Gumbel, así como los valores de intensidades para periodos de retorno Tr.

Los valores que se mencionan en la tabla 3.5, presentan discrepancias más significativas que las propias de “errores de redondeo”, como se puede apreciar al comparar los resultados obtenidos en la tabla 3.6.

Si bien es cierto que los días en que se divide la precipitación mensual se han disminuido de 30 a 17, lo mismo que las horas, reducidas de 24 a 6 horas diarias de lluvia; estos valores no dejan de ser valores promedio, considerando que durante los 17 días del mes llueve lo mismo, así como a lo largo de las 6 horas que dura la tormenta. Por esta razón creemos que se están obteniendo valores por debajo de los valores máximos buscados. Así, la tan escasa precipitación horaria de 200 años de retorno, de 9,3 mm/h ha sido obtenida por el consultor sobre la base de considerar una precipitación mensual uniforme a lo largo de 17 días y durante 6 horas diarias.

Como ya se mencionó, es preciso hacer un estudio estadístico de las máximas tormentas anuales, no siendo suficiente analizar para este tipo de estudios unas cuantas tormentas. Asimismo, es recomendable no sólo tomar la máxima tormenta anual sino las dos o tres mayores, debido a que la intensidad máxima buscada puede haberse presentado, no en la tormenta más fuerte sino en las siguientes en orden de magnitud. Por ejemplo, si tenemos los valores de tres precipitaciones, 800mm., 700mm. y 600mm., no sería correcto afirmar, sin un análisis previo, que la mayor intensidad se dará en la mayor precipitación, pues podría ocurrir que la mayor intensidad se de en la lluvia de 700 mm o en la de 600 mm. Es por esta razón que debería haberse tomado una colección de tormentas a analizar para generar a partir de ellas las curvas IDF, típico análisis en este tipo de estudio.

Adicionalmente, el análisis mismo de las bandas pluviográficas (no limnigráficas) consideradas no presenta valores adecuados. Al respecto, la Universidad de Piura presenta en la tabla 3.7 el análisis de la tormenta del 24 de enero de 1998, a manera de ejemplo. En este análisis se ha encontrado que se obtienen intensidades varias veces mayores a la obtenida de 9.3 mm/h, incluso para duraciones mayores a las que serán de interés para el diseño, ya que los tiempos de concentración de las cuencas son del orden de las décimas de hora. En el estudio realizado por la Empresa Consultora, se señala que lluvias de duración de 40 minutos que suponen una intensidad de 81.43 mm/h no son representativas y por lo tanto son descartadas, creemos que este criterio no es del todo conveniente pues de los valores que se obtendrán en las curvas IDF, se verá claramente que estos valores de intensidad podrían repetirse en el futuro. Mayores detalles de este aspecto se encuentran en el Anexo 3.1.

Esta gran discrepancia en la definición de intensidades se corrobora con los resultados de intensidades máximas halladas para la tormenta del ejemplo (24/01/1998) y para las diferentes duraciones, donde incluso se muestra que para una duración de 6 horas (360 minutos) la intensidad máxima alcanzada en esa tormenta fue de 25.4 mm/h, muy por encima de los 9.3 mm/h.

3.6.1.3 Conclusión sobre el Análisis de Tormentas

Se ha observado dos formas diferentes de llevar a cabo un análisis de tormentas: uno que constituye un análisis particular que opta por quedarse con el cálculo simplista de precipitaciones mensuales, que arroja un valor de Intensidad de 9.3 mm/h, valor muy por debajo del adecuado; y el otro que se identifica con la metodología normalmente aceptada y recomendada para estos casos, que tiene en cuenta el análisis de un conjunto de tormentas, correspondientes a las dos o tres más grandes de cada año, obteniendo con esto, una serie de intensidades máximas anuales y aplicando distribuciones como la de Gumbel a cada serie de intensidades para las distintas duraciones. Esto llevará a obtener las curvas IDF de la estación Miraflores y por ende de la ciudad de Piura. En el Anexo C la Universidad de Piura presenta, a manera de ejemplo, los resultados de analizar las tormentas disponibles en el IHHS de la UDEP y las curvas que se obtienen con ellas.

3.6.2 Determinación de Descargas.

El Primer paso en el diseño de cualquier obra de drenaje de lluvias, es la determinación de las cantidades de agua que deben ser evacuadas. Las obras de drenaje son usualmente diseñadas para eliminar escurrimiento producido por una tormenta que tenga un periodo específico de retorno. Pero, verdaderamente en el análisis final, la buena voluntad de los habitantes o residentes de una zona para lograr el financiamiento de las obras de drenaje mediante impuestos o bonos, es la que tiene gran influencia en las características reales de diseño. Para la determinación de las descargas que generarían las aguas de lluvia extremas desde una cuenca en estudio, es necesario determinar la esorrentía o flujo superficial de cada cuenca, es decir el agua que se desplaza por los cauces. Existen varios métodos para hallar estas descargas. Entre estos métodos se puede mencionar el

método Racional, la fórmula Empírica de Fuller, fórmula práctica de Borkli-Ziegler, el método del Triángulo entre otros y además de estos el método del US Soil Conservation Service.

- **Método Racional**

Es probablemente el método más empleado hoy en día para el diseño de alcantarillados de agua de lluvias². Se sigue usando debido a su simplicidad. Este método es recomendado para valores de área menores a 1500 hectáreas. La fórmula viene dada por:

$$Q = 0.278 * CiA$$

Donde:

Q= caudal sección considerada.

C= coeficiente de flujo superficial de cuenca, va de 0.2 a 0.95 dependiendo de la naturaleza de la cuenca.

i= intensidad de lluvia de cálculo según período de retorno (mm/h).

A= área de cuenca tributaria para sección (km²).

- **Fórmula Empírica de Fuller**

Utilizada para la evaluación de caudales de máxima creciente para un período de retorno T. La fórmula viene dada por:

$$Q = CA^{0.8}(1 + 0.8 \log T)$$

Donde:

Q= caudal máximo esperado en el período T, en m³/s.

C= coeficiente de caudal igual a 0.796.

A= área de cuenca (km²).

T= tiempo o período de retorno de frecuencia en años.

- **Fórmula Práctica de Borkli-Zigler**

$$Q = 0.022EAI \sqrt{\frac{S}{A}}$$

Donde:

Q= caudal en m³/s.

E= coeficiente medio de flujo, depende de la impermeabilidad de la cuenca, varía desde 0.15-0.75.

A= área drenada, en hectáreas.

I= precipitación durante lluvia más fuerte cm/h.

S= pendiente media del terreno en m/1000m.

² Linsley, 1986

- **Método del Triángulo**

Este método asemeja el diagrama unitario de descargas. Utiliza conceptos del escurrimiento directo, la altura, intensidad de precipitación, capacidad de infiltración efectiva, tiempo de concentración pico, y base. La fórmula viene dada por:

$$Q_v = (0.208 * A * P_e) / T_c$$

Donde:

Q_v = caudal pico máximo m^3/s .

A = área de la cuenca.

P_e = precipitación efectiva, oscila entre el 12% y el 17% en cuencas abiertas.

- **Método Empírico del U.S Soil Conservation Service**

La fórmula empleada por el Soil Conservation Service esta dada por:

$$Q = q * P_e * A$$

Donde:

Q = caudal expresado en m^3/s para cada cuenca.

q = gasto unitario.

P_e = lluvia en exceso en mm.

A = área de la cuenca.

Para el empleo de este método es necesario conocer los siguientes parámetros:

- Las características fisiográficas de cada una de las subcuencas como son, magnitud de la cuenca A , longitud del cauce principal L , pendiente media de la subcuenca S , número de la curva de escurrimiento N y el tiempo de concentración T_c de la subcuenca.
- El cálculo de T_c se puede realizar de diferentes formas, las cuales veremos más adelante. Este valor es necesario para determinar el gasto unitario (q); así como para poder determinar finalmente los valores esperados de precipitación obtenidos de las cuencas IDF.

Este método es el resultado experimental que consolida varios procedimientos, siendo su principal aplicación la estimación de las cantidades de escurrimiento directo formado por los escurrimientos de cauce, superficial y sub-superficial.

- **Fórmulas para la obtención del Tiempo de concentración T_C**

Existen diversas fórmulas para hallar el tiempo de concentración T_C , entre las que podemos destacar las siguientes:

Fórmula Campos Aranda (1979) basada en la velocidad de onda de la avenida:

$$T_C = \frac{L}{V_W}$$

Donde:

L = longitud del cauce principal, en Km.

V_W= velocidad de la onda de avenida Km/h.

Fórmula de Rowe, del California Highway and Public Works:

$$T_C = \left[\frac{0.86 * (L)^3}{H} \right]^{0.385}$$

Donde:

L= longitud del cauce principal, en km.

H= desnivel total del cauce, principal, en m.

Fórmula del US Soil Corporation Service, para cuencas menores a 10 Km²

$$T_C = \frac{2.587 * (L)^{0.80} * [(1000/N) - 9]^{1.67}}{5400 * (S_C)^{0.50}}$$

Donde:

L = longitud hidráulica de la cuenca, en m.

A = área de la cuenca, en Ha.

N = número de la curva de escurrimiento, adimensional.

S_C= pendiente promedio de la cuenca, en %.

Fórmula de Kirpich (1940), desarrollada a partir de información del SCS en canales bien definidos y pendientes empinadas (3% a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar T_C por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2.

$$T_C = 0.39 \left(\frac{(L)^2}{S} \right)^{0.385}$$

Donde:

L= longitud del colector principal en Km.

S=pendiente del cauce principal en porcentaje, calculada como (H/L).

Ecuaciones de onda cinemática de Morgali y Linsley (1965) desarrollada a partir de análisis de onda cinemática de la esorrentía superficial desde superficies desarrolladas (superficies pavimentadas); el método requiere iteraciones debido a que tanto i como T_C son desconocidos; la superposición de una curva de intensidad-duración-frecuencia da una solución gráfica directa para T_C.

$$T_C = \frac{0.94L^{0.6}n^{0.6}}{(i^{0.4}s^{0.3})}$$

Donde:

L= longitud del flujo superficial, (pies).

n= coeficiente de rugosidad de Manning.

i= intensidad de lluvia, pulg/h.

s= pendiente promedio del terreno, pies/pie.

- **Forma de la Cuenca**

Es muy conveniente tener en cuenta la forma que presenta una cuenca pues esto determina la distribución del escurrimiento a lo largo de los cursos principales, además de ser la responsable del comportamiento y creciente que se presenta en la cuenca.

Existe un parámetro que nos ayuda a determinar la incidencia y susceptibilidad una cuenca a ser inundable, este es el Índice de Compacidad o Gravelius, que es la relación entre el perímetro de cuenca y el perímetro de un círculo cuya área sea igual al de la cuenca en estudio. Está dado por la siguiente fórmula:

$$K_C = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

Donde:

P= perímetro de la cuenca en km.

A= área de la cuenca en km².

A mayor valor de K_C , mayor será el tiempo de concentración de las aguas, entonces la cuenca será menos propensa a inundación ya sea cuenca ciega o no.

3.6.2.1 Cálculo de la Descarga según enfoque de la Empresa Consultora

La Empresa Consultora empleó los métodos empíricos del US Soil Conservation Service y el método Racional, tal como se detalla a continuación:

- **Método del U.S. Soil Conservation Service**

Dada la fórmula descrita anteriormente, fue necesario saber los valores de T_C con los cuales se estimó los valores de los gastos unitarios. Los valores de los tiempos de concentración fueron hallados a partir de las fórmulas de Velocidad de Onda, por el SCS, y por Rowe, tomándose el promedio de estas tres fórmulas como el valor final. Esto se puede considerar correcto pues es un tipo de criterio, que se tomó al momento de la elección del T_C . Los valores obtenidos se muestran a continuación en la tabla 3.8. Se adoptó una lluvia de 6 horas, con un P_p igual a 56mm correspondiente a un periodo de retorno (para el estudio realizado por ellos) de 200 años.

Sobre la base del número N, se calcularon las lluvias en exceso, P_e , para cada una de las cuencas con la relación siguiente:

$$P_e = \frac{\left(P_p - \frac{5080}{N} + 50.8 \right)^2}{\left(P_p + \frac{20320}{N} - 203.2 \right)}$$

Donde:

P_p = lluvia de duración 6 horas en mm

P_e = precipitación o lluvia en exceso, en mm

N= número de la curva de escurrimiento

Para la determinación del número de curva N, se tuvo en cuenta la clasificación que proporciona el Soil Conservation Service, el cual se obtuvo de Hidrología Aplicada, Ven Te Chow (1994), y se muestra en la tabla 3.9 de donde se estableció que el área en estudio pertenece a un suelo tipo A al que le corresponde valores de N de 95 para zonas pavimentadas y de 76 para las zonas sin pavimentar. Cabe mencionar que la Empresa Consultora para el estudio asumió las condiciones más críticas que serían cuando el suelo se encontrase saturado por las continuas precipitaciones durante el periodo de lluvias de un Fenómeno de El Niño, por lo que al valor de N, se le realizó la corrección respectiva.

Tabla 3.9 Números de Curva de Escorrentía

Descripción del uso de la tierra	Grupo Hidrológico del Suelo			
	A	B	C	D
Tierra cultivada: sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
con tratamientos de conservación	62	71	78	81
Pastizales: condiciones pobres	68	79	86	89
condiciones óptimas	39	61	74	80
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial:				
Tamaño promedio del lote Porcentaje promedio Impermeable				
1/8 acre o menos 65	77	85	90	92
1/4 acre 38	61	75	83	87
1/3 acre 30	57	72	81	86
1/2 acre 25	54	70	80	85
1 acre 20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc. (1)	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados	98	98	98	98
grava	76	85	89	91
tierra	72	82	87	89

1 En algunos países con climas más cálidos se puede utilizar 95 como número de curva.

Los valores de A, L y S para las diferentes subcuencas fueron obtenidos de la división territorial (zonas) que realizó la Empresa Consultora. Finalmente, con todos estos parámetros, se obtuvieron los valores de caudales Q mostrados en la tabla 3.10.

- **Método Racional**

La Empresa Consultora, también empleó este método para hallar los valores de caudal (Q), los resultados que se obtuvieron se muestran en la tabla 3.11. Para realizar el cálculo de C, se empleó la siguiente relación

$$C = \frac{P_e}{P}$$

Donde P y P_e fueron determinados con el método del Soil Conservation. El valor de intensidad para los cálculos es el de 9.3 mm/h, el cual es para un período de retorno de 200 años y las áreas tomadas son las correspondientes a las sub-cuencas.

3.6.2.2 Revisión del Cálculo de la Descarga realizado por la Universidad de Piura

Los métodos empleados son apropiados y por tener una filosofía común necesariamente deberían arrojar valores similares.

- **Método Empírico del US SCS**

La metodología descrita por la Empresa Consultora en la obtención de los valores de C_N usados se considera adecuada.

El método requiere la utilización de la precipitación de diseño. La consultora ha calculado ese dato multiplicando la intensidad de 9.3 mm/h por una duración de 6 horas, obteniendo la lluvia de diseño igual para todas las cuencas, en 56 mm. Es decir, asume como tiempo de concentración 6 horas, cuando es sabido (tal como se explico anteriormente) que este valor corresponde a cuencas hidrológicas y no a cuencas urbanas donde los tiempos son del orden de fracción de hora, esto debido a que el área de estudio de Cuencas Urbanas es pequeña y además, la zona es menos permeable que las cuencas hidrológicas. También se conoce que el tiempo de duración viene determinado por el tiempo de concentración de cada cuenca (o sub-cuencas en este caso), por lo que se debe suponer que varía para cada zona.

La intensidad debe ser obtenida a partir de las curvas IDF, tomándose como duración la obtenida de calcular los tiempos de concentración de cada cuenca, con lo que se debió obtener sendos valores de precipitación de diseño para las cuencas estudiadas, los que serían notablemente menores a los determinados, influyendo directamente en el cálculo de los caudales.

- **Método Racional**

La utilización del método racional para el cálculo de los caudales, tal como se mencionó anteriormente, es una práctica común y apropiada dentro de Hidrología Urbana.

Se supone que la Empresa Consultora, al considerar el coeficiente de escorrentía “C” igual al cociente entre P_e y P debería obtener caudales similares a los del método anterior.

Sin embargo, en el estudio efectuado se ha considerado la intensidad de diseño muy baja, igual a 9.3 mm/h. Esto ha traído como consecuencia que los valores de caudal hallados sean en general muy bajos, toda vez que la intensidad de diseño apropiada es del orden de 80mm/h, el cual se obtiene de las curvas IDF, tomando como valores de entrada el tiempo de concentración el cual depende de las características de la cuenca y el período de retorno para el que se piensa diseñar. Con esto se obtendrían valores de intensidades varias veces más altos que el considerado.

3.6.2.3 Conclusiones sobre el Cálculo de Caudales

El tratamiento de la información de precipitación no ha sido el adecuado y, siendo éste el punto de inicio del estudio, afecta totalmente los caudales de diseño. En el informe remitido por la Empresa Consultora no se explica cual de los dos conjuntos de caudales resultantes se han tomado finalmente, ni el porqué de las fuertes discrepancias de los resultados, ni de la elección de los obtenidos por el método del US SCS. El análisis que emite la Universidad de Piura al respecto, muestra las serias discrepancias con los valores finales obtenidos por la Empresa Consultora. Se tiene que reconocer la importancia de estos cálculos, pues a partir de esto, es que se comenzará a diseñar la parte Hidráulica para la evacuación de las aguas. La elección de los caudales sobredimensionados termina sobredimensionando el sistema diseñado. Finalmente, debido a las diferentes opiniones hidrológicas antes mencionadas, la Municipalidad de Piura ha acordado realizar los estudios definitivos en los cuales se pedirá al consultor la realización de nuevos estudios hidrológicos.

Para ilustrar claramente la diferencia en la obtención de los valores para diferentes caudales, se muestra un ejemplo comparativo en el cálculo de un caudal (véase tabla 3.12), donde se ilustra claramente la diferencia en la obtención de los valores necesarios para el cálculo y su incidencia en el resultado final.

3.7 HIDRAULICA PARA EL DRENAJE URBANO

Aunque el costo de la solución de un sistema de Drenaje Pluvial es muy sensible al aspecto hidrológico, tampoco deja de serlo respecto a los aspectos hidráulicos ya que de no haberse evaluado adecuadamente la concepción hidráulica, se puede arribar a soluciones técnicamente sostenibles que resuelvan el problema, pero que estén muy lejos del costo óptimo, por lo que el análisis final de la factibilidad económica daría resultados que podrían descalificar cualquier intento de realizar algún proyecto de esta naturaleza.

Se tiene que recordar que el caudal que fluye sobre el terreno, y sobre las edificaciones es el aspecto más palpable del problema pluvial. Sin embargo se ha podido observar que este fenómeno es el menos estudiado y a la vez, es el más complejo de analizar. En las ciudades, el agua de las tormentas es recogida generalmente en las calles y

conducida a través de las entradas o vías colectoras hacia puntos donde puede ser descargada con seguridad. El agua recogida se descarga generalmente en una corriente, un lago, o finalmente en el océano. Puede utilizarse una sola salida, o pueden también seleccionarse un cierto número de puntos de eliminación basándose en la topografía de la zona. La descarga por gravedad es naturalmente preferible, pero no siempre es factible y las estaciones de bombeo pueden constituir una parte importante en un sistema de drenaje pluvial de una ciudad.

Es necesario un buen estudio para las zonas urbanas con áreas de captación pequeñas, especialmente en los casos de zonas con poca pendiente y cuando se presentan condiciones irregulares. Como pueden ser, la existencia de obstáculos urbanísticos; edificaciones y calles que no siguen la dirección del flujo natural del agua.

Los caudales pluviales deben ser analizados no solo en función de la intensidad de la lluvia, sino, además, de la topografía del terreno, de las condiciones urbanísticas y del tamaño de las cuencas. La mejor manera de planificar una evacuación pluvial completa en la ciudad es a través de un Plan Integral de Manejo del Drenaje.

En el planeamiento de la parte Hidráulica, y las diferentes alternativas de solución, así como su posterior diseño, se debe tener en consideración el relieve o perfil longitudinal y las secciones transversales tipo de las vías consideradas para la evacuación, las condiciones del tráfico vehicular, las características geotécnicas de los suelos donde se ubican las vías de evacuación y las disposiciones y características de los componentes de las redes de agua potable, aguas servidas y alumbrado público.

La capacidad de descarga de la vía depende de la forma de dicha vía, así como de su pendiente y rugosidad. La ecuación de Manning es la más usada utilizada para calcular el gasto en la vía.

3.7.1 Norma Técnica para el Drenaje Pluvial Urbano

El objetivo de la Norma para el drenaje Pluvial Urbano S. 110 con fecha Julio del 2001, propuesta por el Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO es establecer los criterios generales de diseño que permitan la elaboración de proyectos de Drenaje Pluvial Urbano que comprenden la recolección, transporte y evacuación a un cuerpo receptor de las aguas pluviales que se precipitan sobre un área urbana.

Es muy importante tener en cuenta que el objetivo del Drenaje Urbano es el manejo racional del agua de lluvia en las ciudades, para evitar daños en las edificaciones y obras públicas (pistas, redes de agua, redes eléctricas, etc), así como la acumulación del agua que pueda constituir focos de contaminación y/o transmisión de enfermedades.

3.7.1.1 Estudios Básicos

Dependiendo del tipo de estructuras de drenaje pluvial previsto y de la etapa del proceso del diseño, en todo proyecto de drenaje urbano se debe ejecutar sin carácter limitativo los siguientes estudios:

- Topografía
- Hidrología
- Suelos
- Hidráulica
- Impacto Ambiental
- Compatibilidad de Uso
- Evaluación Económica de operación y mantenimiento

En la Información básica, necesaria en todo proyecto de alcantarillado pluvial, se deberá contar con información meteorológica, planos catastrales y planos de usos de suelos.

Toda nueva habilitación urbana ubicada en localidades donde se produzcan precipitaciones frecuentes con lluvias iguales o mayores a 10 mm en 24 horas, deberá contar en forma obligatoria con un sistema de alcantarillado pluvial.

Todo proyecto de drenaje urbano deberá ser elaborado por un Ingeniero Civil o Ingeniero Sanitario colegiado.

En el Anexo D se muestra la Norma Técnica de Edificación S.110 Drenaje Pluvial Urbano donde se dan a conocer más detalladamente todas las características necesarias en un sistema de drenaje

3.7.2 Análisis de Riesgos en el Diseño de Drenajes

El riesgo es la expresión de las consecuencias potencialmente adversas medidas en términos de la inconveniencia, daño, seguridad, además de la recompensa profesional o responsabilidad política. El análisis del riesgo es la cuantificación de la exposición, de la vulnerabilidad y de la probabilidad. El análisis del riesgo implica la evaluación de medios alternativos de reducir riesgo y, finalmente, la determinación de niveles aceptables del riesgo (Wiggins 1978).

En el contexto del análisis del riesgo el diseño de drenaje pluvial debe funcionar sin permitir consecuencias no deseadas (riesgo inaceptable). Esto implica que la incertidumbre ha sido definida (el período de retorno o la probabilidad del evento), el riesgo aceptable ha sido determinado (ningún evento menor que el evento de diseño excederá la capacidad del sistema de drenaje), y la vulnerabilidad del número finito de mejoras expuestas ha sido cuantificado y se encontró razonable con el riesgo aceptable.

Debido a que algunos de los criterios relacionados con el diseño de drenaje han venido siendo aceptados como principios, es que hay confusión sobre su significado y uso. Por ejemplo, "el escurrimiento esperado para 100 años" es el evento que tiene una probabilidad de ocurrencia de 0,01 para cualquier año dado. A menudo se entiende este concepto como que el evento ocurrirá solamente una vez en cien años, que aunque es verdad para el promedio, puede no ser verdad para un período particular de 100 años. Además, dentro del contexto del análisis del riesgo, la consecuencia no deseada no es el caudal de escorrentía esperado, sino el daño que este produce. La preocupación está en la incertidumbre de ésta

consecuencia y no en la ocurrencia de dicho evento. El grado del análisis de riesgo que se emplea en el diseño y la selección de un alcantarillado depende de la naturaleza y del grado de las consecuencias no deseadas. Para situaciones simples, el mero reconocimiento de riesgos, la incertidumbre y las posibles consecuencias adversas pueden ser suficientes para permitir un informe. Cuando la salud pública y la seguridad están en juego, se debe efectuar un análisis más riguroso del riesgo. En cualquier evento, sin embargo, los elementos del análisis de riesgo deben ser considerados sistemáticamente para formular parámetros de diseño y guías para el proceso de toma de decisiones.

La determinación de los factores causa-riesgo y las consecuencias no deseadas requieren de una ponderación frente a la probabilidad de ocurrencia y del valor del daño potencial. Cuatro determinaciones deben ser hechas, primero, los eventos críticos (es decir, los eventos de diseño) deben ser definidos y sus magnitudes estimadas. Para el diseño del drenaje, estos eventos deben ser los que producen las consecuencias no deseadas. Solamente los eventos que podrían causar daños necesitan ser evaluados, y se debe determinar una probabilidad de ocurrencia para cada uno.

Después, la vulnerabilidad de exposición (la propiedad puede ser dañada) debe ser determinada. La consecuencia, el tercer elemento, puede extenderse desde la inconveniencia de la seguridad pública hasta el daño severo. Finalmente, un valor (tanto de dinero como por tiempo de retraso), para todas las propiedades expuestas, debe ser asociado con cada una de las consecuencias.

Para un diseño determinado, la probabilidad de inundación, los daños previstos y costos del sistema pueden ser determinados. El resultado estimado de la probabilidad, de los daños y del costo determinan un punto en la curva de análisis de riesgo. Los análisis similares para las alternativas de diseño proporcionan puntos adicionales a la curva. La información proporcionada por la curva permite entonces evitar o aceptar las consecuencias de riesgo.

Las estrategias alternativas deben ser perseguidas hasta el punto de que sus costos marginales de puesta en práctica sean iguales. Este quiere decir que cada dólar adicional gastado en prevención debería disminuir el riesgo en una cantidad equivalente. El diseño seleccionado debe ser el que balancee la prevención y la aceptación en un punto de costo y riesgo aceptables.

3.7.3 Características de las vías canal

La vía canal es una vía que básicamente tiene dos funciones, la primera y más usada es para el tránsito vehicular, y la segunda función y no por eso menos importante es para la evacuación de masas de agua provenientes de lluvia hacia lugares donde no pongan en riesgo la salud de los habitantes de la ciudad.

Al momento de diseñar una vía canal, es necesario saber cuanto caudal es el que transporta, y además es importante saber el nivel de agua máximo que se alcanzará en dicha vía. Con este parámetro se podrá saber a ciencia cierta si es que

en determinados momentos de una precipitación pluvial esperada la vía podrá ser empleada para el tránsito de vehículos o de peatones.

Los criterios de diseño para la recolección y disposición de las aguas pluviales en las calles se basan en la fluencia razonable de tráfico. Dependiendo del carácter de la calle, ciertas vías de tránsito pueden estar inundadas completamente con una frecuencia que no excede al menor período de retorno del sistema de diseño. Un buen diseño de drenaje pluvial debe proporcionar ventajas directas al tránsito por dichas vías, costos bajos de mantenimiento de las vías, y proteger el pavimento de la vía y el subsuelo contra el deterioro innecesario.

3.7.4 Criterios de Diseño

En la realización de un proyecto de Evacuación de Aguas Pluviales, se deben tener en cuenta algunos criterios principales, los cuales servirán para la correcta elaboración del Sistema de Drenaje Pluvial. Se debe tener en consideración lo siguiente:

- Definición de un sistema de drenaje general que considere los cauces naturales y la forma en que ellos se incorporan en la urbanización así como la materialización de un sistema de drenaje artificial, o de colectores de agua de lluvias urbanos que complemente la red natural.
- Al momento de diseñar sistemas pluviales en nuevas urbanizaciones, se deben tener en cuenta los efectos de la urbanización propiamente dicha, la cual incrementa la proporción de suelos impermeables y acelera el tiempo de respuesta a las precipitaciones, provocando un aumento en los volúmenes escurridos y de los caudales máximos hacia las zonas bajas. En algunas ocasiones la causa de las inundaciones es la destrucción de la red de drenaje natural sin que esta sea reemplazada por ningún sistema artificial.
- La obligación de respetar el sistema de drenaje natural incluso en las etapas iniciales, estableciendo para cualquier sector que se urbaniza claramente la forma en que se drenan los excesos.
- El proyecto no deberá permitir que se retenga agua en las zonas actualmente afectadas por inundaciones pluviales, por lo que se proveerán vías con pendientes que siempre alejen las aguas, eliminando estas inundaciones.
- La forma de captación se ubicará en las zonas más bajas de cada cuenca, de ésta manera se busca lograr un drenaje total después de cada tormenta.
- Para la salida de aguas en las zonas inundables se deben tomar las cotas mínimas del área más la altura que corresponde a una pavimentación.
- Las cotas topográficas de todo el sistema tendrán que ajustarse a la cota final de entrega (canal principal o laguna de almacenamiento).
- La evacuación, en la medida de lo posible, se realizará por gravedad.

3.7.5 Empleo de Tuberías

El escurrimiento de las vías es a veces interceptado o dirigido a tuberías de alcantarillado subterráneas, por entradas o alcantarillas de caída. Hay varios tipos de esas entradas o alcantarillas con muchos arreglos y diseños comerciales disponibles para cada tipo. Las alcantarillas o entradas de coladera son las más usadas. Son aberturas hechas desde el fondo de la cuneta, protegidas por rejillas.

La localización de las entradas en las calles esta principalmente determinada por el juicio del proyectista. Para caminos y calzadas de importancia, una anchura máxima de escurrimiento en la cuneta, es de 1.85 metros.

La rejilla con barras paralelas a la acera, puede ser un pe ligro para los conductores de bicicletas, a menos que el espacio entre las barras sea menor de 0.03 metros. Sin embargo cuando las barras están en ángulos rectos a la acera, el agua tiende a saltar a lo largo del tope de las barras, y muy poca es interceptada. Dichas rejillas tienen más probabilidades de taparse con basuras. Cuando el agua se almacena sobre la rejilla, tiene poca importancia la orientación de las barras. En los tramos donde se ha optado por la colocación de tuberías, es preciso colocar buzones de inspección cuya distancia no debe ser mayor de 100 metros.

Los buzones deben tener en el fondo una estructura que permita la sedimentación en estos, evitando que los sedimentos se depositen en la tubería, lo cual dificultaría las tareas de limpieza.

3.7.6 Fórmulas de Cálculo

El cálculo se puede realizar considerando el flujo impermanente, para lo cual deberá resolverse empleando las ecuaciones diferenciales adecuadas.

Sin embargo, entre las fórmulas existentes para el cálculo hidráulico, se puede tomar la fórmula de Manning. Esta fórmula representa el estado para el cual la precipitación ha superado el tiempo de concentración t_c por lo que nos conduce a la obtención de un resultado conservador. Además, esta fórmula contiene una auténtica constante de rugosidad ($1/n$), la cual solo varía cuando se emplean diferentes materiales de construcción.

La formula de Manning viene dada por:

$$Q = \frac{AR^{\frac{2}{3}}}{n} S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

Q= caudal (m^3/s).

A= área (m^2).

R= radio hidráulico (m).

S= pendiente (m/m).

n= rugosidad.

La ecuación de Manning se aplica al diseño de canales abiertos, y para conductos cerrados (por gravedad) parcialmente llenos, que funcionan como los canales abiertos por gravedad.

Los parámetros de la fórmula de Manning dependerán mucho de las características topográficas, las velocidades máximas y mínimas permitidas, el tipo de material a emplearse, así como los caudales a evacuar.

La topografía es una característica que limita y reduce considerablemente el número de alternativas que se puedan presentar y además dificultan el diseño de una vía de evacuación por gravedad. Es por este motivo que en ciudades con características como la ciudad de Piura se tiene que trabajar con pendientes muy pequeñas teniendo cuidado de que no sean menores de algunos límites prácticos establecidos.

Para el diseño se tienen en cuenta las causas que originan el envejecimiento de los materiales de construcción empleados en los conductos de transporte, como son, la sedimentación y la erosión.

El fenómeno de sedimentación es especialmente importante en función del peso de las partículas y de la velocidad media horizontal del agua.

Experimentalmente la velocidad mínima es de 0.75 m/s en grandes ductos y puede ser de 1.5 m/s en ductos menores.

El fenómeno de sedimentación siempre existe, en mayor o menor grado, por tanto es necesario una limpieza periódica particularmente cuando las aguas que circulan están lodosas o arrastran partículas sólidas de considerable dimensión y peso como arena, materia orgánica, etc.

El fenómeno de erosión es permanente y difícil de corregir, afecta mucho al cálculo hidráulico. Depende de finas partículas abrasivas como sílice que arrastra con el agua, de la resistencia al desgaste que tiene la superficie que sufre la fricción, de la velocidad del agua, que esta no este por encima del límite de erosión. La velocidad límite de erosión es de 1.5 m/s.

A mayor velocidad, mayor erosión así también, a menor área, mayor erosión. El límite de erosión para un canal de concreto oscila entre los 3 m/s para conductos menores y hasta 4.5 m/s para conductos mayores. Estos límites están dados para el concreto ordinario.

Otro parámetro es el tirante crítico, para la verificación del flujo correspondiente en cada caso. Esto con la finalidad de no tener flujos supercríticos ya que tienden a causar erosión en el fondo del canal vía.

Entre las parámetros que se tienen para el dimensionamiento, se tiene que considerar los aumentos de caudal en la dirección aguas abajo, las pendientes de los tramos y los remansos que se generan con los cambios de pendiente.

Finalmente, para llegar a un diseño definitivo se tiene que probar entre las diferentes secciones posibles, considerando los diferentes rangos y valores mínimos y máximos para el diseño.

3.7.7 El plan Maestro de Drenaje de Piura

La ciudad de Piura, debido a su ubicación, posee condiciones climáticas especiales, que se manifiestan con la presencia de eventos pluviales de consideración. Esta particularidad se corrobora al observar las construcciones del casco urbano antiguo de la ciudad, donde las viviendas así como las calles estuvieron preparadas para recibir y evacuar altas precipitaciones.

En 1983 fue un año trascendental por las excepcionales condiciones hidrometeorológicas del fenómeno de El Niño. La ciudad se vió principalmente afectada por las inundaciones causadas por las precipitaciones que no tenían evacuación, siendo esta la causa de mayor impacto social.

A partir del año 1983, el aspecto urbano de la ciudad fue reconstruido porque los sistemas de agua potable, alcantarillado, y drenaje pluvial colapsaron o se malograron.

Con la experiencia adquirida al observar y evaluar el funcionamiento de los sistemas construidos, es posible concluir que los sistemas por gravedad son los de mejor resultado. Con el fin de delimitar los sectores inseguros que pueden ser afectados por el anegamiento pluvial, se viene planteando la solución de construir un sistema de vías evacuadoras que recolecten las aguas pluviales de las diferentes cuencas de la ciudad. Esto viene comprendido en el “Estudio Integral de Evacuación Pluvial de la ciudad de Piura” el cual busca, como se dijo anteriormente, dar una solución definitiva al problema de drenaje pluvial de la ciudad.

En el plano 3.2 se muestra el sistema de Drenaje proyectado para la ciudad de Piura el cual es propuesto por la Municipalidad de Piura como resultado del “Estudio Integral de Evacuación Pluvial de la ciudad de Piura”.

Con respecto al estudio que se ha realizado, se pueden hacer los siguientes comentarios:

- La concepción Hidráulica es correcta, el análisis realizado, los caudales obtenidos son semejantes a los valores esperados.
- La metodología descrita conserva cierta similitud con la requerida en la Norma de Drenaje Urbano.
- Es muy importante determinar no sólo los caudales que pasarán por las diferentes vías, además de esto se debe determinar las alturas de nivel de agua que tendrán dichas vías, pues eso influirá en la funcionalidad del sistema.

- Es necesario hacer un análisis y verificar la capacidad del caudal que podrá discurrir por el dren Victor Maldonado pues allí llegan todas las aguas pluviales de todas las vías evacuadoras principales del sector Oeste de la ciudad y que permite sacarlas directamente hacia la quebrada Los Pajaritos.
- Es conveniente verificar si es necesario definir otras vías de recolección con el fin de evitar que las vías que se encuentran aguas abajo reciban mayores caudales, provocando la inundación de algunas zonas.
- Finalmente todo proyecto para que sea tomado seriamente y con la denominación de “Integral” debe contar con los planos de luz, agua, desagüe, teléfono, debidamente compatibilizados con el sistema de evacuación que se plantea.
- La Municipalidad ha encargado la realización del estudio definitivo de la solución Urbano Vial del Proyecto Integral de Evacuación de Aguas Pluviales por gravedad cuencas Ignacio Merino, El Chilcal y Japón – Piura.

RESUMEN

- Es necesario a la hora de realizar proyectos de nuevas vías, contar con un criterio claro de drenaje pluvial, sobretodo en nuestra ciudad cuya topografía es propensa a inundaciones.
- Un mal "drenaje pluvial" afecta todas las actividades humanas (económicas, recreativas, turismo, transportes, etc.), al verse afectada seriamente las vías de comunicación.
- Se debe tener un acertado conocimiento de la hidrología de la región.
- Se debe contar con un conocimiento exacto de la topografía de la zona, que será muy útil para determinar las cotas del terreno, el ancho de vías y las pendientes y contribuirá también a definir los caudales de evacuación de aguas pluviales.
- Se debe tener un buen criterio hidráulico que tome los datos hidrológicos y topográficos para proyectar las obras hidráulicas que garanticen el drenaje de la ciudad.
- Para realizar el cálculo del volumen que se tiene que tener en cuenta, se presentan los parámetros principales en las siguientes áreas i) la interpretación del fenómeno lluvioso, (parte Hidrológica), ii) el pronóstico del movimiento del agua sobre el terreno, (parte Hidráulica), iii) el diseño de las canalizaciones pluviales, (parte Hidráulica).
- De los tres tipos de Distribuciones de Valores Extremos, la tipo I o de Gumbel se emplea comúnmente para la modelación de tormentas de lluvia.
- Uno de los primeros pasos que debe seguirse en muchos proyectos diseño de drenaje urbano, es la determinación de los eventos de lluvia que deben usarse. La forma más común de hacerlo es utilizar una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación entre la intensidad de lluvia, la duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados para la obra y el sitio es decir empleando las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF).
- Los caudales pluviales deben ser analizados no solo en función de la intensidad de la lluvia, sino, además, de la topografía del terreno, de la condiciones urbanísticas y del tamaño de las cuencas.

- Para todo proyecto de drenaje urbano se debe ejecutar sin carácter limitativo los siguientes estudios de: topografía, hidrología, suelos, hidráulica, impacto ambiental, compatibilidad de uso y finalmente una evaluación económica de operación y mantenimiento.
- Finalmente al momento de presentar una propuesta de drenaje pluvial, se debe presentar también la compatibilidad de dicho plan con los demás servicios que se brindan en la ciudad como son agua, luz, teléfono, alcantarillado, etc.

CAPITULO IV: CRITERIOS DE INGENIERIA SANITARIO AMBIENTAL

4.1 INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental es uno de los principales problemas de nuestros tiempos. El término de contaminación se refiere a la introducción o a acumulación indeseable de residuos de diversos materiales orgánicos o inorgánicos, en el ambiente (aire, suelo o agua), que resultan de las actividades del hombre y cuyas cantidades, características y duración pueden resultar dañinas a la vida del hombre, animales o plantas.

La contaminación se puede dividir en tres fases:

- a) Las actividades que inadvertidamente o incontroladamente introducen materiales en los ecosistemas vegetales o terrestres.
- b) La incorporación de materiales contaminantes provenientes de los sistemas de eliminación de desperdicios, bien pueden ser por causas de tratamientos inadecuados o por falta de conocimientos respecto a los posibles daños.
- c) El uso de materiales para propósitos específicos en la tierra y la vegetación que pueda implicar peligros de contaminación.

La ciudad de Piura no es ajena al fenómeno de Contaminación Ambiental. Entre los principales problemas que aquejan a la ciudad se pueden tomar en cuenta los siguientes:

- La contaminación por sólidos, debido principalmente a una inadecuada gestión en el proceso del tratamiento de la basura en la ciudad.
- La contaminación debido a residuos líquidos, producto del inadecuado tratamiento que se le da al desagüe de la ciudad.

- La contaminación del aire, debido a la falta de normas que regulen la emisión de sustancias tóxicas al medio ambiente.
- La contaminación por ruido, debido, igualmente, a la falta de una adecuada reglamentación en cuanto a este tema.

4.2 CONTAMINACIÓN DEBIDO A RESIDUOS SÓLIDOS

Al residuo sólido, se le conoce como el material que no representa una utilidad o un valor económico para el dueño, por consiguiente, el dueño se convierte entonces en generador de residuos.

4.2.1 Clasificación de Residuos Sólidos

Los residuos sólidos se pueden clasificar de varias formas; tanto por su estado, origen o características determinadas.

- **Clasificación por estado**

Un residuo es definido por su estado; según el estado físico en que se encuentre. Existe por lo tanto tres tipos de residuos desde este punto de vista sólidos, líquidos y gaseosos, es importante notar que el alcance real de ésta clasificación puede fijarse en términos puramente descriptivos o, como es realizado en la práctica, según la forma de manejo asociado: por ejemplo un tambor con aceite usado que es considerado residuo, es intrínsecamente un líquido, pero su manejo va a ser como un sólido pues es transportado en camiones y no por un sistema de conducción hidráulica. En general un residuo también puede ser caracterizado por sus características de composición y generación.

- **Clasificación por origen**

Se puede definir el residuo por la actividad que lo origine, esencialmente es una clasificación sectorial. Esta definición no tiene en la práctica límites en cuanto al nivel de detalle en que se puede llegar a ella.

Residuos municipales: La generación de residuos municipales varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población. En la década de los 90 la generación de residuos domiciliarios alcanzaba entre 0,3 a 0,6 Kg./habitante/día.

Los sectores de más altos ingresos generan mayores volúmenes per cápita de residuos, y estos residuos tienen un mayor valor incorporado que los provenientes de sectores más pobres de la población.

Residuos industriales : La cantidad de residuos que genera una industria es función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias

primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso.

Residuos mineros : Los residuos mineros incluyen los materiales que son removidos para ganar acceso a los minerales y todos los residuos provenientes de los procesos mineros.

Residuos hospitalarios : Actualmente el manejo de los residuos hospitalarios no es el más apropiado, al no existir un reglamento claro al respecto. El manejo de estos residuos es realizado a nivel de generador y no bajo un sistema descentralizado. A nivel de hospital los residuos deberían ser esterilizados.

La composición de los residuos hospitalarios varía desde el residuo tipo residencial y comercial a residuos de tipo médico conteniendo sustancias peligrosas.

Según el Integrated Waste Management Board de California USA se entiende por residuo médico como aquel que está compuesto por residuos que es generado como resultado de: tratamiento, diagnóstico o inmunización de humanos o animales, investigación conducente a la producción o prueba de preparaciones médicas hechas de organismos vivos y sus productos

- **Clasificación por tipo de manejo**

Se puede clasificar un residuo por presentar algunas características asociadas al manejo que debe ser realizado. Desde este punto de vista se pueden definir tres grandes grupos:

Residuo peligroso: Son residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer y pueden causar la muerte, enfermedad; o que son peligrosos para la salud o el medio ambiente cuando son manejados en forma inapropiada.

Residuo inerte: Residuo estable en el tiempo, el cual no producirá efectos ambientales apreciables al interactuar en el medio ambiente.

Residuo no peligroso : Ninguno de los anteriores.

4.2.2 Manejo de Residuos Sólidos

Es el conjunto de procedimientos y políticas que conforman el sistema de manejo de los residuos sólidos. La meta es realizar una gestión que sea ambiental y económicamente la más adecuada.

Se debe buscar que los resultados de la gestión ambiental en el manejo de residuos sólidos, sea la más adecuada, desde el punto de vista sanitario, ambiental y económico.

La forma en que se debe manejar la disposición final de residuos sólidos urbanos debe ser la resultante de un proceso lógico en el cual se debe tratar de concentrar los recursos económicos y la tecnología disponible.

Es así como el primer paso para llegar a este cambio es pasar de los basurales ubicados al interior o en las inmediaciones del radio urbano a rellenos sanitarios.

Así mismo, en el manejo de los rellenos sanitarios se debe tener muy en cuenta el tratar de mejorar cada vez más la protección del medio ambiente. Se deben realizar estudios que permitan un manejo técnico de los líquidos percolados y el biogás y se debe tener en cuenta el desarrollo de programas para el uso de los suelos ya recuperados, que dan inicio a la creación de áreas verdes para el sector urbano.

4.2.3 Sistema de Manejo de Residuos Sólidos

Básicamente el sistema de manejo de los residuos se compone de cuatro sub sistemas:

Generación: Cualquier persona u organización cuya acción cause la transformación de un material en un residuo. Una organización usualmente se vuelve generadora cuando su proceso genera un residuo, o cuando lo derrama o cuando no utiliza más un material.

Transporte: Es aquel que lleva el residuo. El transportista puede transformarse en generador si el vehículo que transporta derrama su carga, o si cruza los límites internacionales (en el caso de residuos peligrosos), o si acumula lodos u otros residuos del material transportado.

Tratamiento y disposición: El tratamiento incluye la selección y aplicación de tecnologías apropiadas para el control y tratamiento de los residuos peligrosos o de sus constituyentes. Respecto a la disposición la alternativa comúnmente utilizada es el relleno sanitario.

Control y supervisión: Este sub sistema se relaciona fundamentalmente con el control efectivo de los otros tres sub sistemas.

4.2.4 Riesgo asociado al manejo de los residuos sólidos

- **Gestión negativa:**

Enfermedades provocadas por factores sanitarios: existen varios factores sanitarios de gran importancia epidemiológica cuya aparición y

permanencia pueden estar relacionados en forma directa con la ejecución inadecuada de alguna de las etapas en el manejo de los residuos sólidos.

Contaminación de aguas: la disposición no apropiada de residuos puede provocar la contaminación de los cursos superficiales y subterráneos de agua, además de contaminar la población que habita en estos medios.

Contaminación atmosférica: el material que se vierte en la atmósfera, el ruido y el olor representan las principales causas de contaminación atmosférica.

Contaminación de suelos: los suelos pueden ser alterados en su estructura debido a la acción de los líquidos percolados dejándolos inutilizados por largos periodos de tiempo.

Problemas paisajísticos y riesgo: la acumulación en lugares no aptos para residuos trae consigo un impacto paisajístico negativo, además de asociar en algunos casos un importante riesgo ambiental, pudiéndose producir accidentes, tales como explosiones o de rumbes. En la figura 4.1 se muestra un relleno sanitario mal manejado.

Salud mental: existen numerosos estudios que confirman el deterioro anímico y mental de las personas directamente afectadas.



Figura 4.1 Relleno Sanitario con Manejo Inadecuado

- **Gestión positiva:**

Conservación de recursos: el manejo apropiado de las materias primas, la minimización de residuos, las políticas de reciclaje y el manejo apropiado de residuos traen como uno de sus beneficios principales la conservación y

en algunos casos la recuperación de los recursos naturales. Por ejemplo puede recuperarse el material orgánico a través del compostaje.

Reciclaje: un beneficio directo de una buena gestión lo constituye la recuperación de recursos a través del reciclaje o reutilización de residuos que pueden ser convertidos en materia prima o ser utilizados nuevamente.

Recuperación de áreas: otros de los beneficios de disponer los residuos en forma apropiada dentro de un relleno sanitario es la opción de recuperar áreas de escaso valor y convertirlas en parques y áreas de esparcimiento, acompañado de una posibilidad real de obtención de beneficios energéticos (biogás).

4.2.5 Producción Per Cápita (PPC)

La producción de residuos sólidos domésticos es una variable que depende básicamente del tamaño de la población y de sus características socioeconómicas.

Una variable necesaria para dimensionar el sitio de disposición final es la llamada Producción per cápita (PPC). Este parámetro asocia el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo; siendo la unidad de expresión el kilogramo por habitante por día (Kg./hab./día).

4.2.5.1 Estimación teórica de Producción Per Cápita (PPC)

La PPC es un parámetro que evoluciona en la medida que los elementos que la definen varían. En términos gruesos, la PPC varía de una población a otra, de acuerdo principalmente a su grado de urbanización, su densidad poblacional y su nivel de consumo o nivel socioeconómico. Otros elementos, como los periodos estacionales y las actividades predominantes también afectan la PPC.

Es posible efectuar una estimación teórica de la PPC en función de las estadísticas de recolección y utilizando la expresión 4.1:

$$P_R = \frac{N_V \times N_J \times C_P \times D_N}{POBLACION} \quad (4.1)$$

Donde:

- P_R = Producción total de residuos sólidos por día.
- N_V = Número de vehículos en operación.
- N_J = Número de viajes por vehículos.
- C_P = Capacidad útil estimada por vehículos en m^3 .
- D_N = Densidad de los residuos en el vehículo.

4.2.5.2 Estadísticas de generación

Las estadísticas de generación en la ciudad de Piura para el año 2001 fueron de 7086.8 toneladas mensuales promedio. Casi la totalidad de los residuos sólidos recolectados en Piura tienen como destino final el relleno sanitario ubicado en el kilómetro 8 de la carretera a Chulucanas, a donde también llegan los residuos sólidos del distrito de Castilla.

El déficit de recolección mensual es el resultado de la diferencia entre la generación total de los residuos sólidos y las cantidades recolectadas y depositadas en los lugares de disposición final. Para el caso del distrito de Piura el déficit de recolección es del 10%.

Si se realiza una proyección para el año 2010, y considerando que la producción per cápita oscila entre los 0.5 – 0.7 Kg./Hab./día la producción total diaria estaría del orden de los 130811.5 y 183136.1 Kg./día, lo cual excede considerablemente la capacidad de atención con la que cuenta la ciudad de Piura.

En la tabla 4.1 se puede observar el total y Consolidado de los Residuos Sólidos que se obtuvo en el año 2001.

Tabla 4.1 Consolidado de Residuos Sólidos y Otros – Año 2001

Servicios de Recoleccion	Recoleccion Total de Residuos (TM.)
RESIDUOS SOLIDOS	
Recoleccion Domiciliaria	36620.5
Recoleccion Mercado Central	7361.85
Recoleccion Contenedores	1712.5
Recoleccion Extramuros	4161.8
Rec. Visc., Estiercol, Modos. Zonales	1838
Recoleccion Barrido	2624.05
Operativos de Limpieza	2406.05
Sub Total	56724.75
OTROS	
Desmorte	17400
Tierra	10916.8
Sub Total	28316.8
Total General	85041.55

4.2.6 Características de los Residuos.

Básicamente trata de identificar en una base másica o volumétrica los distintos componentes de los residuos.

Usualmente los valores de composición de residuos sólidos municipales o domésticos se describen en términos de porcentaje en masa, también usualmente en

base húmeda y contenidos items como materia orgánica, papeles y cartones, escombros, plásticos, textiles, metales, vidrios, huesos, etc.

La utilidad de conocer la composición de residuos sirve para una serie de fines, entre los que se pueden destacar estudios de factibilidad de reciclaje, factibilidad de tratamiento, investigación, identificación de residuos, estudio de políticas de gestión de manejo.

Es necesario distinguir claramente en que etapa de la gestión de residuos corresponde a los valores de composición. Los factores de que depende la composición de los residuos son relativamente similares a los que definen el nivel de generación de los mismos.

- **Humedad.** Es una característica importante para los procesos a que puede ser sometida la basura. Se determina generalmente de la siguiente forma: Tomar una muestra representativa, de 1 a 2 Kg, se calienta a 80°C durante 24 horas, se pesa y se expresa en base seca o húmeda mediante ecuación 4.2 mostrada a continuación. La humedad de los desecho sólidos en la ciudad de Piura es de 62.40%.

$$\text{Humedad} = \frac{\text{Peso}_{\text{Inicial}} - \text{Peso}_{\text{Final}}}{\text{Peso}_{\text{Inicial}}} \times 100 \quad (4.2)$$

Si el denominador es $\text{Peso}_{\text{Inicial}}$, se habla de humedad en base húmeda.

- **Densidad.** La densidad de los sólidos rellenos depende de su constitución y humedad, es necesario medir este valor para contar con un valor más real. Se deben distinguir valores en distintas etapas del manejo.

Densidad suelta: generalmente se asocia con la densidad en el origen. Depende de la composición de los residuos. Este valor fluctúa entre 0.2 a 0.4 Kg./l o Ton./m³.

Densidad transporte: depende de si el camión es compactador o no y del tipo de residuos transportados. El valor típico es del orden de 0.6 Kg./l.

Densidad del residuo dispuesto en relleno: se debe distinguir entre la densidad recién dispuesta en el relleno y la densidad después de asentado y estabilizado en dicho sitio. La densidad recién dispuesta fluctúa entre 0.5 a 0.7 Kg./l y la densidad de la basura estabilizada fluctúa entre 0.7 a 0.9 Kg./l

En Piura se tiene que el valor de la densidad de los desechos sólidos es de 0.39 Kg. (densidad suelta), valor que se encuentra comprendido dentro de los estimados para Latinoamérica.

La composición física aproximada de los desperdicios caseros en la ciudad de Piura se muestra en la tabla 4.2 es la siguiente:

Tabla 4.2 Composición Física de los residuos de Ciudad de Piura

Composición Física	Porcentaje (%)
Restos de alimentos, frutas, verduras	30.6
Cartones y papelería en general	29.9
Tierra	17
Latas y residuos metálicos	10.9
Residuos de plástico y hule	4
Residuos de madera, muebles viejos	2.4
Otros (vidrios, telas, etc)	5.2

4.2.7 Recolección de Residuos

La recolección es la etapa más importante en términos de costos dentro de la gestión de los residuos, aproximadamente el 60% del costo. La recolección la realizan en general cuadrillas de hombres con equipos de recolección consistente en camiones de diversas características. El sistema de recolección más satisfactorio que pueda proporcionarse a una determinada población será el resultado de un estudio cuidadoso en donde inciden numerosos factores como:

- Tipo de residuo producido y cantidad.
- Característica topográfica de la ciudad.
- Clima.
- Zonificación urbana.
- Frecuencia de recolección.
- Tipo de equipo.
- Extensión del recorrido.
- Localización de la basura.
- Organización de las cuadrillas.
- Rendimiento de las cuadrillas.
- Responsabilidades.

El punto de recolección más adecuado es la recogida en la acera, porque reduce el tiempo necesario para cada servicio. La recolección de basuras se debe realizar generalmente de día en las zonas residenciales y durante la noche en las zonas comerciales de las grandes ciudades, para evitar problemas con el tráfico.

4.2.8 Disposición Final del Residuo

La forma y tipo del residuo determina en gran parte el lugar donde la disposición será permitida. Los residuos sólidos comúnmente son depositados en:

- Basurales.
- Botaderos.
- Botaderos controlados.
- Vertederos.
- Rellenos sanitarios.
- Depósitos de seguridad.

La tabla 4.3 nos muestra la comparación de las diferentes alternativas de depósito.

Tabla 4.3 Comparación de las Diferentes Alternativas de Depósito

Clasificación	Control	Diseño	Información del Residuo	Limites	Impermeabilización y Recubrimiento	Existencia de Protección
Basural	No	No	No	No	No	No
Botadera	No	No	No	No	No	No
Botadero Controlado	No -- Si	No -- Si	No -- Si	Si	No	No
Vertedero	Si	No -- Si	No -- Si	Si	No -- Si	No -- Si
Relleno Sanitario	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Deposito de Seguridad	Si	Si	Si	Si	Si	Si

4.2.9 Relleno Sanitario

Un relleno sanitario es una obra de ingeniería destinada a la disposición final de los residuos sólidos domésticos, los cuales se disponen en el suelo, en condiciones controladas que minimizan los efectos adversos sobre el medio ambiente y el riesgo para la salud de la población.

La obra de ingeniería consiste en preparar un terreno, colocar los residuos extenderlos en capas delgadas, compactarlos para reducir su volumen y cubrirlos al final de cada día de trabajo con una capa de tierra de espesor adecuado.

Un relleno sanitario planificado y ambiental de las basuras domésticas ofrece, una vez terminada su vida útil, excelentes perspectivas de una nueva puesta en valor del sitio gracias a su eventual utilización en usos distintos al relleno sanitario.

El relleno sanitario es un sistema de tratamiento y, a la vez disposición final de residuos sólidos en donde se establecen condiciones para que la actividad microbiana sea de tipo anaeróbico (ausencia de oxígeno). Este tipo de método es el más recomendado para realizar la disposición final en países como el nuestro, pues se adapta muy bien a la composición y cantidad de residuos sólidos urbanos producidos en nuestro medio.

La definición mas aceptada de relleno sanitario es: una técnica para la disposición de residuos sólidos en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública, método este, que utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en la menor área posible, reduciendo su volumen al mínimo posible, para cubrir los residuos así depositados con una capa de tierra con la frecuencia necesaria, por lo menos al final de cada jornada.

4.2.9.1 Requerimientos generales de los rellenos sanitarios

Los requerimientos generales para los rellenos sanitarios vienen dados por las siguientes características:

- El sitio debe tener espacio necesario para almacenar los residuos generados por el área en un plazo que viene definido por el diseño.
- El sitio es diseñado, localizado y propuesto para ser operado de forma que la salud, las condiciones ambientales y el bienestar sea garantizado.
- El sitio es localizado de manera de minimizar la incompatibilidad con las características de los alrededores y de minimizar el efecto en los avalúos de estos terrenos.
- El plan de operación del sitio se diseña para minimizar el riesgo de fuego, derrames y otros accidentes operacionales en los alrededores.
- El diseño del plan de acceso al sitio se debe hacer de forma de minimizar el impacto en los flujos.

4.2.10 Tipos de Rellenos

El parámetro básico de diseño de un relleno es el volumen. Este depende del área cubierta, la profundidad a la cual los residuos son depositados, y el radio de material de cobertura y residuo. Debido a que la tasa de generación de residuos es usualmente definida en unidades másicas, un parámetro adicional que influencia la capacidad del relleno es la densidad in situ de la basura y el material de cobertura.

Generalmente todo diseño de relleno incluye algunas obras comunes. Zonas buffer y pantallas perimetrales son necesarias para aislar el relleno de los vecinos y el sitio. Son necesarios cercos perimetrales para evitar el acceso no autorizado al sitio, se requiere un cuidadoso mantenimiento del frente de trabajo. Durante tiempos inclementes podría ser necesario contar con tractores para asistir a los camiones. El barro y suciedad que se adhieren al camión por su operación en el sitio debe ser retirado del mismo antes que abandone el recinto del relleno. A continuación se muestran los diferentes tipos de relleno.

4.2.10.1 Método de trinchera o zanja

Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos a tres metros de profundidad, con el apoyo de una retroexcavadora o tractor oruga. Incluso existen experiencias de excavación de trincheras de hasta 7 metros de profundidad para relleno sanitario. La tierra que se extrae es colocada a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura. Los desechos sólidos se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con tierra.

La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación.

4.2.10.2 Método de área

En áreas relativamente planas, donde no sea posible excavar fosas o trincheras para enterrar las basuras, estas pueden depositarse directamente sobre el suelo original, elevando el nivel algunos metros. En estos casos, el material de cobertura deberá ser importado de otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. En ambas condiciones, las primeras celdas se construyen estableciendo una pendiente suave para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el terreno.

Se adapta también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava en las laderas del terreno, o en su defecto se debe procurar lo más cerca posible para evitar el encarecimiento de los costos de transporte. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.

4.2.11 Criterios Ambientales en Rellenos Sanitarios

Los problemas sanitarios causados por la disposición de los residuos sólidos en el suelo se deben a la reacción de las basuras con el agua y a la producción de gases, riesgo de incendios y explosiones. Los residuos sólidos normalmente están compuestos físicamente por un 40 a 50% de agua, vegetales, animales, plásticos, desechos combustibles, vidrios, etc. Químicamente están compuestos por sustancias orgánicas, compuestos minerales y residuos sólidos peligrosos.

Las sustancias líquidas y los sólidos disueltos y suspendidos tienden a percolar por la masa de residuos sólidos y posteriormente en el suelo. Este está constituido por materia sólida, aire y agua. A partir de determinada profundidad se encuentra el nivel freático donde el agua se mueve a baja velocidad, de alta a baja presión horizontalmente y en dirección vertical por efecto de la gravedad, por ascensión capilar entre los granos del suelo.

Las sustancias contaminantes del lixiviado al percolar a través del suelo, adquieren gran agilidad al llegar al nivel freático y puede contaminar el agua de los manantiales, las aguas subterráneas por las fisuras y otras fallas de las rocas y suelos impermeables, a la vez de causar un efecto negativo en la calidad del suelo.

La percolación de los contaminantes depende de la permeabilidad del suelo y está dada por el coeficiente K que en arenas es de 10-1 a 10-3 cm/s y en suelos arcillosos es de 10-8 cm/s. El terreno ideal sería con un K de 10-7 cm/s y que tenga un nivel freático de más de 3 metros.

Todo lo anterior lleva a tener en cuenta el microclima dentro del cual tenemos la lluvia que influye en los fenómenos biológicos y químicos, con el transporte de contaminantes, problemas en vías de acceso y del trabajo en si que produce el relleno sanitario, por lo tanto el relleno debe ser drenado superficialmente por la periferia y el fondo del relleno. El viento también causa molestias, llevando los olores y el polvo a las vecindades. En la tabla 4.4 se muestran los principales factores involucrados en la selección de sitios para relleno sanitario.

Tabla 4.4 Principales Factores involucrados en la selección de sitios para rellenos sanitarios

CRITERIOS	DETALLE
Factibilidad técnica	Volumen y morfología sitio adecuada distancia a centro generador Fuera de zonas de exclusión
Riesgo Ambiental	contaminación de aguas subterráneas Calidad del aire Transporte de materiales
Aspectos económicos	Efectos en aspectos de propiedades Costos de construcción y operación Impacto en la industria local Planes de compensación
Aspectos sociales	Equidad en la selección del sitio Efectos en la imagen de la comunidad Paisaje y estética Alteración de actuales y futuros usos de suelos
Aspectos políticos	Elecciones locales Intereses de inversión de grupos locales Responsabilidad de manejo del sitio Control local

4.2.12 Zonas de exclusión

Se entenderá zona de exclusión cualquier zona, que por alguna característica, tanto humana, social, ecológica, política o económica no pueda ser considerada para la habilitación de un relleno sanitario. Los casos más típicos son los siguientes:

- Distancias mínimas: la distancia mínima del sitio de disposición a la residencia más cercana, pozo de suministro de agua, fuente de agua potable, hotel, restaurante, procesador de alimentos, colegios, iglesias o parques públicos debe ser mínimo de 300 metros (o el equivalente indicado por la regulación).
- Distancias a aeropuertos: la distancia entre el aeropuerto comercial y el punto seleccionado es importante si en el relleno sanitario van a recibirse residuos de alimentos (tanto domiciliarios como de algún proceso industrial), pues estos pueden atraer pájaros en un radio de varios Km. Si la operación del residuo es apropiada el problema puede

ser aminorado. Se recomiendan distancias de 8 Km., sin embargo, este valor puede ser reducido si es justificado.

- Distancias a cursos de agua superficial: la distancia entre la carga de los residuos y el curso de agua superficial más cercano debe ser a lo mínimo de 100 m. (o el equivalente a la regulación correspondiente). Este parámetro dependerá fundamentalmente de las condiciones hidrogeológicas del sitio.
- Distancias a áreas inestables: el sitio seleccionado debe estar a un mínimo de 100 m. de áreas inestables (por ejemplo área de derrumbes) para asegurar la estabilidad estructural del sitio.
- Distancias a áreas de exclusión: el sitio debe estar localizado fuera de los límites de cualquiera área de exclusión delimitada por la autoridad correspondiente.

4.2.13 Medidas de mitigación del Impacto Ambiental producido por el Relleno Sanitario

Las medidas de mitigación empleadas para reducir los impactos ambientales negativos de un relleno sanitario dependen de una serie de factores, entre los cuales destacan: las características del proyecto, tecnología usada, localización, condiciones de operación (tamaño, clima), etc., no obstante es posible identificar los impactos más frecuentes generados por este tipo de faena y las medidas que normalmente se emplean para su mitigación.

Olores:

- Utilización de pantallas vegetales, (árboles, arbustos).
- Tratamiento de los líquidos percolados.
- Quema del biogás cuando hay metano suficiente.

Ruidos:

- Pantallas vegetales.
- Utilizar equipos de baja emisión de ruidos.

Alteración del suelo:

- Adecuada impermeabilización del relleno sanitario, para evitar filtraciones.
- Vegetación para evitar erosión. Relleno para evitar nivelar zonas con asentamiento diferencial o pendientes fuertes.

Diseminación de materiales:

- Configurar barreras para evitar que el viento incida sobre el frente de trabajo.
- Utilizar mallas interceptoras.
- Desprender residuos de camiones antes que abandonen el relleno.

Material particulado:

- Riego de camino y de la tierra acumulada para el recubrimiento.
- Pantallas vegetales en el perímetro del relleno.

Control de plagas:

- Mantener aislado sanitariamente el recinto mediante la formación de un cordón sanitario que impida la infestación del relleno por roedores y el paso de especies animales desde y hacia el recinto.
- Realizar fumigaciones y desratizaciones como mínimo, cada 6 meses. Los elementos químicos que se empleen en esta actividad, deben estar acordes las normas vigentes.

4.3 CONTAMINACIÓN DEBIDO A RESIDUOS LÍQUIDOS

El agua es un elemento esencial para la vida, y su calidad dependerá del grado de contaminación que tenga de acuerdo a la concentración de las sustancias presentes y el uso que se le quiera dar. La contaminación del agua proviene de diversas fuentes, de ahí la importancia de ubicarlas y hacer un estudio correspondiente.

El agua, líquido insípido, transparente y prácticamente incoloro. Constituye la lluvia, océanos, lagos, ríos y otras masas líquidas; así, gran parte del agua de nuestro planeta, alrededor del 98%, corresponde a agua salada, el agua dulce que poseemos en un 69% corresponde a agua atrapada en glaciares y nieves eternas, un 30% está constituida por aguas subterráneas y una cantidad no superior al 0,7% se encuentra en forma de ríos y lagos; contiene 11.188% de hidrógeno y 88.812% de oxígeno en peso. Puede existir como sólido líquido o gas que se encuentra normalmente en la atmósfera.

4.3.1 Problemática del Abastecimiento de Agua en Piura

La problemática del abastecimiento de agua en Piura surge a raíz del rápido crecimiento poblacional así como del alto costo que demanda la producción de agua potable para la ciudad, y su baja calidad para el consumo humano.

Para aliviar toda esta problemática se viene haciendo el estudio denominado Proyecto de Aguas Superficiales. En la elaboración de este proyecto se han tomado en cuenta las siguientes características:

- La toma de agua será en el Canal Chira Piura en el kilómetro 52 + 0816.
- La construcción de la planta de tratamiento será en dos etapas: en la primera etapa hasta el año 2010 producirá aproximadamente 880 l/seg. y con la segunda etapa se completará la producción a 1200 l/seg.
- La línea de conducción desde Curumuy a Piura tendrá una longitud de 18 kilómetros y una tubería de diámetro nominal 44”.

- La planta se deberá ubicar en la cota 64.25 m.s.n.m., a donde llegará el agua por gravedad con un ahorro considerable de energía.
- De la planta se bombeará el agua a un reservorio de carga de 2000 m³ ubicado en la cota 84.00 m.s.n.m., y desde aquí el agua corre por gravedad hasta Piura (altura del colegio de Ingenieros).
- La demanda proyectada para el año 2025 ha sido calculada en 1270 l./seg., es decir 109728 m³/día.
- El 65% del agua provendrá de la planta de tratamiento y el 35% provendrá de 7 pozos, es decir se contará con 444 l./seg. provenientes de aguas subterráneas y 827 l./seg. provenientes de aguas superficiales.
- De los 24 pozos se abandonarán definitivamente 4 pozos: Urb. Piura, Ucisa, Pachitea y Grau con un total de 215 l./seg.
- Los 07 mejores pozos que funcionarían con autorización son: El Indio, Santa Rosa, Micaela Bastidas, Cortijo, Tallanes, La Granja, Buenos Aires.

Los datos de pérdidas que se han tenido en cuenta para el diseño y el equivalente en dotación de agua se muestran en la tabla 4.5. Además, en la tabla 4.6 se muestra la población total que se espera beneficiar con este proyecto, y el porcentaje de cobertura que se brindará a la comunidad.

Tabla 4.5 Pérdidas proyectadas.

Año	Perdidas	Dotación
2005	29%	247
2010	28%	234
2015	22%	225
2020	21%	225
2025	20%	224

Tabla 4.6 Cobertura y población beneficiada

Año	Población total	Población Servida	Cobertura %
2005	316542	228053	91
2010	334300	307556	92
2015	351567	326957	93
2020	366704	344702	94
2025	379092	360137	95

Un factor importante en la elaboración del proyecto, tal como se mencionó anteriormente es el costo de producción. El consumo actual de energía eléctrica en Piura y Castilla en las diferentes cámaras y pozos es de 3228 Kw. de potencia con

una facturación mensual que bordea los 275 mil soles. El consumo proyectado de la planta de tratamiento sería de 790 Kw. de potencia instalada y con una demanda máxima de 617 K w. (La potencia consumida por 7 pozos de agua es de aproximadamente 959 Kw.). Se ve claramente que el costo por energía eléctrica para la producción de agua disminuirá considerablemente (aproximadamente la mitad de lo que se emplea en la actualidad).

Como se puede apreciar estas son las características principales que se han tomado en cuenta para construcción de la planta de tratamiento de aguas superficiales proyectadas para la ciudad de Piura. Esto debe ser tomado en cuenta con la importancia del caso, pues la salud de la población depende muchas veces de la calidad de agua y además depende también de la continuidad con la que ésta se les brinde.

4.3.2 Contaminación del agua

Es uno de los principales problemas de nuestros tiempos, análogamente la mayor parte de las otras formas de contaminación ambiental, se ha originado debido al crecimiento y al desarrollo industrial-urbano, ocurrido en los últimos 60-70 años, especialmente en las últimas dos décadas.

Uno de los sistemas más afectados por la contaminación por residuos líquidos es el río Piura, por tal motivo es importante determinar los principales puntos de contaminación con los que cuenta el río Piura, desde aguas arriba de la ciudad hasta su desembocadura.

Con la presencia del fenómeno El Niño en el año 1998, se puso al descubierto la mala situación de las estructuras, cuyo colapso se preveía altamente probable con anterioridad al fenómeno. Luego de la aparición de El Niño, se pudo observar que las estructuras de agua y alcantarillado habían quedado afectadas en una buena proporción, especialmente los sistemas de alcantarillado.

4.3.3 Definición de contaminación de aguas

Los tipos de contaminación se pueden clasificar, atendiendo a los numerosos contaminantes y microcontaminantes que se encuentran en el agua, en cuatro categorías:

- Contaminación Química
- Contaminación Física
- Contaminación Fisiológica
- Contaminación Biológica

4.3.4 Aguas Residuales

Las aguas residuales resultan de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de las viviendas, edificios comerciales e instituciones, junto con las provenientes de los establecimientos industriales y las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que puedan agregarse.

4.3.4.1 Los vertidos humanos como contaminantes

El agua proveniente del uso doméstico, contiene muchas materias orgánicas, o productos de la descomposición de éstas, resultando así un agua contaminada. Así vemos que entre los compuestos químicos orgánicos se encuentran: los detergentes. Los fosfatos que tiene el agua contaminada, rompen el equilibrio natural en lo que se refiere a proliferación de la flora, que al morir y descomponerse es causante de olor, sabor y baja del contenido de oxígeno, así como la potencia superficial de las aguas, condición normal para la vida acuática.

La presencia de amoníaco en las aguas superficiales indica contaminación con excretas. Los nitritos, (compuestos muy diluibles) son compuestos intermedios entre el amoníaco y los nitratos. Se generan por la oxidación incompleta que produce el amoníaco en los materiales orgánicos o por una reducción de los nitratos. Su presencia depende en general de la contaminación orgánica. Los nitratos son los productos finales de la oxidación de la materia orgánica con contenido de nitrógeno. Si se encuentran en niveles elevados, indican que una contaminación con excretas humanas o animales, o un proceso de mineralización terminado.

Los cloruros se encuentran naturalmente en las aguas en un rango aproximado entre 10 y 30 mg./lt.; pero si los niveles de variación son elevados, esto indica que hay contaminación de desagües domésticos.

Es muy importante entonces, el tratamiento de las aguas servidas, a continuación en la tabla 4.7 se muestra el consumo per cápita en algunas provincias de Piura

Tabla 4.7 Consumo per cápita y tratamiento de aguas servidas.

	Producción (M ³ mes)	Conexiones de agua	Personas Conexión	Consumo Lit/per/día	Tratamiento Aguas Servidas (M ³ /mes)
Piura Catacaos	241045.27	66175	4.78	254.28	1111114
Chulucanas	141040.00	10579	4.44	100.09	89790
Sullana	1264752.64	36492	4.81	240.10	150984
Paíta	575869.00	15495	3.89	318.60	305682
Talara	594500.00	24299	4.57	178.45	176595
Total	498615.91	153040	4.54	239.06	1840165

Como se puede ver, existe un índice muy bajo en el tratamiento de aguas servidas, con un promedio de apenas 36.90% del total de las aguas producidas, por

lo que el resto de las aguas, puede calificarse como agua contaminante de los ríos y otros cuerpos de agua y del Océano Pacífico.

4.3.5 Composición y características de las aguas residuales

Las aguas residuales contienen aproximadamente 99.9% de agua y 0.1% de sólidos totales, que corresponden a las sales originalmente presentes en el agua, más las sustancias orgánicas e inorgánicas provenientes del uso de ellas y de los residuos industriales, algunas de las cuales sufren transformaciones en el medio acuático debido a la acción bioquímica de microorganismos o por reacciones químicas, mientras que otras se acumulan, por no estar sujetas a tales transformaciones.

La cantidad o la concentración de compuestos orgánicos presentes en las aguas generalmente se miden en términos de la demanda de oxígeno que es necesario para su estabilización o bien en términos de su contenido de carbono. En el primer caso se utilizan los ensayos de laboratorio de Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Total de Oxígeno (DTO). Para el segundo caso se utiliza el ensayo de Carbono Orgánico Total. (COT).

El DBO, es la cantidad de oxígeno que requiere la materia orgánica presente en una muestra de agua contaminada –desagüe o no – para estabilizarse en un tiempo y una temperatura determinados, en condiciones aeróbicas.

La caracterización de los compuestos inorgánicos debe incluir aquellos ensayos y pruebas de laboratorio que dan información sobre el contenido de sustancias que requieren un tratamiento preliminar especial, tales como sólidos en suspensión, sólidos volátiles, sólidos sedimentables, pH, acidez, alcalinidad, etc.

También se puede evaluar la concentración de compuestos nutrientes como fósforo y nitrógeno en sus diferentes estados de oxidación y la presencia y concentración de compuestos inhibidores o que interfieran en el tratamiento, tales como cobre, cloruros, sulfatos.

4.3.6 Tratamiento de Aguas Residuales en la Región

El departamento de Piura cuenta con 16 sistemas de lagunas construidos para el tratamiento de las aguas residuales urbanas. Este número, aun en el caso de operar correctamente se muestra insuficiente para hacer frente a la producción de aguas negras. Por ello y una serie de deficiencias más, entre las que se señalan, el diseño de la red de alcantarillado, averías en la red, problemas sociales, etc. Una significativa proporción de aguas residuales son emitidas a los ríos Chira y Piura y al mar, a través o no de emisores submarinos creando situaciones altamente desagradables y sanitariamente insostenibles.

En el caso de la ciudad de Piura, cerca de un 35% de las aguas negras de la ciudad, incluyendo buena parte de las procedentes del Hospital Regional Cayetano

Heredia, son vertidas al cauce del río sin tratamiento previo; sin embargo cuenta con cuatro sistemas de lagunas de estabilización: San Martín, Tacalá, Cuevín, y las del Campus de la Universidad de Piura.

El primer sistema de lagunas de estabilización construido en el departamento de Piura fue el de San Martín. A partir de éste se ve toda una problemática alrededor de las lagunas de estabilización del departamento de Piura que no ha contribuido positivamente al funcionamiento de las mismas y que pudiera resumirse en los siguientes puntos:

- Es frecuente que las lagunas de estabilización se diseñen y construyan sin criterios técnicos ni constructivos.
- Como consecuencia y salvo excepciones, su eficiencia es de regular a mala, especialmente en cuanto a la remoción de coliformes fecales.
- La alcalinización y degradación de taludes es frecuente.
- No se hacen estudios de impacto ambiental que, en el caso de lagunas de estabilización son importantes aunque nadie los exija.
- En casi toso los casos, la degradación ambiental de los alrededores de los sistemas es severa.
- Los guardianes de los sistemas que tiene a su cargo la operación de las lagunas, cuando existen, son generalmente personas sin ninguna instrucción técnica para el trabajo que realizan; trabajan en un solo turno; no tienen suplentes, no cuentan con vacaciones; realizan su trabajo sin protección higiénica alguna.
- Como consecuencia final, los sistemas están colapsados o a punto de hacerlo.

Actualmente los únicos efluentes que son utilizados de un modo formal y controlado son los sistemas de lagunas de la UDEP. Sin embargo, las posibilidades que abren los sistemas estabilizados para la agricultura y sobre todo para la forestaría son del mayor interés teniendo en cuenta las condiciones de gran aridez de nuestro clima.

4.3.7 Lagunas de Estabilización

Frecuentemente se utilizan indistintamente, como sinónimos, los términos estabilización y oxidación para referirse a estos sistemas cuya finalidad es el tratamiento de aguas residuales mediante factores biológicos. El término de estabilización esta referido al resultado final del proceso químico en el que los compuestos existentes en el afluente (inestables) pasan a compuestos inorgánicos (estables). El término Oxidación esta referido al proceso aeróbico, uno de los procesos principales que concurren en el tratamiento de las aguas residuales.

Una laguna de estabilización es una estructura para el tratamiento de aguas residuales que aprovecha un proceso biológico, químico y físico conocido con el nombre de autopurificación natural. Este proceso se está llevando a cabo en todos los ríos, lagos y lagunas y, en general en los distintos cuerpos de agua que reciben compuestos orgánicos putrescibles. A través de este proceso esas sustancias logran estabilizarse.

4.3.7.1 Objetivos de las lagunas de estabilización

Las lagunas de estabilización se construyen con los siguientes objetivos:

- Protección epidemiológica, a través de la disminución de organismos patógenos presentes en las aguas residuales, a la vez que se dificulta la transmisión de los mismos.
- Protección ecológica, a través de la disminución de la carga orgánica (DBO) de las aguas residuales, lográndose de esta manera que el nivel de oxígeno disuelto (OD) en estos cuerpos receptores se vea menos comprometido, con el consiguiente beneficio de peces y demás organismos acuáticos.
- Reuso directo del agua servida tratada en la agricultura, evitando los riesgos e inconvenientes del reuso de aguas servidas crudas.

4.3.7.2 Lagunas de oxidación existentes en la ciudad de Piura

Entre las lagunas con las que cuenta la ciudad de Piura se pueden describir las siguientes:

- Lagunas de Cuvén (El Indio):
Reciben el afluente de un sector importante del distrito de Castilla. El afluente ingresa a través de 2 tubos de 15". No hay olores acusadamente desagradables, presenta los alrededores limpios, existen afloramientos cercanos. El efluente es reusado por algunos campesinos; sin embargo, no se justifica la pequeña área sembrada con el efluente producido, lo que daría lugar a una precolación en el terreno arenoso circundante y la aparición de los afloramientos. La remoción total es: DBO5 94.70%, Coliformes Totales (colonias/100ml) 23.67%, Coliformes fecales (colonias/100ml) 23.90%. El recinto está rodeado de cortinas vivas rompevientos.
- Lagunas de Tacalá
Presenta un olor peculiar, no penetrante. En general el ambiente de la zona se ve agradable. Los alrededores limpios cuidados por los propios agricultores. El efluente es usado en maizales y pasto de elefante. La remoción total es: DBO5 92.46%, Coliformes Totales (colonias/100ml) 32.87%, Coliformes fecales (colonias/100ml)

64.65%. El recinto no está cercado. Existe mucha vegetación en la zona, aunque no existen propiamente cortinas rompevientos.

- **Lagunas de San Martín**
Presenta un olor usual, normal, los alrededores están limpios. El efluente es usado en el riego de una gran extensión de cultivos, fundamentalmente maíz y pasto de elefante. La remoción total es: DBO5 63%, Coliformes Totales (colonias/100ml) 12.86%, Coliformes fecales (colonias/100ml) 12.86%. Existe un buen arbolado alrededor, por lo que no se ha levantado una cortina rompevientos.
- **Lagunas de Universidad de Piura**
No presenta olores acusadamente desagradables. El efluente no es usado para siembras; este afluente es conducido a través de una acequia de tierra hacia una depresión que comunica con un estero. La remoción total es: DBO5 97.75%, Coliformes Totales (colonias/100ml) 64.12%, Coliformes fecales (colonias/100ml) 70.18%. Presenta cortina rompevientos.

4.3.7.3 Evaluación de Impacto

Los impactos en algunas de las lagunas mencionadas se pueden tomar como positivos, negativos o neutros. Se podría realizar una clasificación teniendo en cuenta: el mal funcionamiento de las lagunas, la utilización funcionalmente peligrosa del efluente, o a la utilización del espacio de las lagunas para su conversión en una zona de vertedero, basuras, precarias condiciones de salubridad.

Casi la mitad de los sistemas poseen un buen sistema de conservación de taludes. Así mismo se puede considerar que el tratamiento que se da a las aguas residuales en aproximadamente la mitad de los sistemas vistos, es bueno.

Las diferencias entre los sistemas que presentan buena calidad de tratamiento se deberían probablemente a diseños deficitarios, problemas de colmatación – evidenciados o no – o cortocircuitos producidos por el viento, que reducen los periodos de retención o permanencia.

Es muy importante la protección con cortinas cortavientos pues previene los problemas de viento y con ellos los de cortocircuitos y colmatación. Es decir asegura un buen tratamiento siempre que el diseño sea el adecuado.

4.3.7.4 Uso de los efluentes

Las aguas residuales constituyen un problema sanitario y, al disponerlas en cuerpos de agua, agregan al anterior un mayor o menor riesgo ecológico, al entrar en competencia con las especies aeróbicas por el Oxígeno Disuelto, o, cuando se trata de cuerpos de agua lentamente renovables.

Las aguas residuales convenientemente tratadas constituyen un valioso recurso en aquellas regiones desérticas y donde los suelos son escasos o pobres. Las aguas enriquecidas con los elementos resultantes de la estabilización de los afluentes pueden ser utilizadas en silvicultura (multiplicación de bosques), en agricultura (producción de alimentos y forrajes) y en piscicultura, entre otros.

No obstante, incluso el agua tratada, puede contener elementos tóxicos o limitantes para su reutilización por lo que siempre deben ser utilizadas precedidas de un juicio técnico. Desgraciadamente está generalizado el uso de aguas residuales sin mayores precauciones, en aquellos lugares caracterizados como áridos o semiáridos. Es importante que las empresas de servicios de saneamiento ejerzan el control responsable de las aguas negras que producen. Solamente ellas pueden ejercer ese control.

4.3.7.5 Riesgos ambientales en la instalación inadecuada de lagunas de estabilización

Cuando se ha tomado la decisión de construir un sistema de lagunas de oxidación, es necesario identificar la localización oportuna. Para lograr esto, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- Consultar el Plan Director Vigente. Encontrar en él un área de extensión que permita la instalación de un sistema compuesto por al menos dos baterías de lagunas primarias y secundarias. Una referencia puede ser la de 4 a 6 Ha por cada 10000 a 15000 habitantes dependiendo de las tasas de agua potable asignadas a cada persona por día. Entre el límite urbano según el Plan Director y la laguna primaria más cercana no deberá existir una distancia menor de 300m, variable con la dirección dominante del viento.
- Cercana al área donde se ubica el sistema de lagunas debe preverse una zona de reuso. Dependiendo del reuso y del caudal del efluente deberá definirse la extensión destinada al reuso. No se debe dejar de fijar esta zona así como prever todo lo relativo a los sistemas de riego, cultivos, guardianía, etc. No dar importancia a este aspecto traerá como consecuencia, casi indefectiblemente, proliferación de diversos problemas, situaciones de hecho originadas por regadores informales, difícilmente reversibles, etc.
- Las zonas previstas para riego deberán estar situadas en desnivel con relación al área de lagunas, de modo que puedan regarse por gravedad.
- Antes de fijar el lugar de excavación de las lagunas deberá verificarse la profundidad de la napa freática, no menor de 15m. para evitar problemas de contaminación de la misma. Por otra parte, la construcción de lagunas en un terreno inundable, no contribuye a la operación de las mismas ni a su mantenimiento.

- Las lagunas deben ubicarse en lugares seguros. Por ejemplo, fuera de las terrazas inundables de los ríos, de la influencia de quebradas, etc. De preferencia estarán cercanas a una red eléctrica de baja tensión para facilitar su alumbrado y su automatización de ser posible, etc.
- Para la mayor o menor proximidad de las lagunas deberá tenerse en cuenta el costo de recolección y bombeo de las aguas crudas.
- La orientación de las lagunas debe ser tal, que el viento no lleve olores hacia la población, ni cree cortocircuitos en la dinámica del agua dentro de la laguna.
- En la construcción de la laguna no es conveniente dejar de compactar los taludes, se deben además recubrir de una capa de arcilla de 1" a 2".
- Para evitar la proliferación de mosquitos es conveniente que el espejo del agua pueda modificar su nivel, al menos unos 50 cm. Para ello, la estructura de interconexión y de salida, deberá ser dotada del sistema adecuado, por ejemplo un vertedero de altura variable.
- Para evitar que el oleaje producido por el viento deteriore los taludes puede recubrirse unos 50 cm. de éstos, a la altura de la interfase (espejo de agua) con canto rodado por ejemplo o algún geotextil.
- Para evitar una colmatación por sedimentos prematura, debido al arrastre eólico, es conveniente la colocación de cortinas vivas en la dirección del viento. Es oportuno encerrar todo el sistema con este tipo de cortinas, que contribuyen al aspecto agradable del área y aminoran la producción de malos olores.
- Los alrededores deben mantenerse absolutamente limpios de desmonte, papeles, etc. Lo mismo debe decirse respecto a las invasiones.

4.4 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Desde el descubrimiento del fuego el hombre ha contaminado la atmósfera con gases perniciosos y polvo. Cuando se empezó a utilizar el carbón como combustible en el siglo XIX este problema comenzó a ser una preocupación general. El aumento de consumo de los combustibles por la industria, las grandes concentraciones humanas en las áreas urbanas y la aparición del motor de explosión, ha empeorado el problema año tras año, debemos tener en cuenta que la principal causa de contaminación atmosférica es la producida por los motores de gasolina.

Cualquier sustancia que añadida a la atmósfera produzca un efecto apreciable sobre las personas o el medio puede ser clasificado de contaminante, así pues las partículas en suspensión o las especies radiactivas están también incluidas.

En general hay dos grupos de estándares de calidad de aire³:

- Los de calidad del aire ambiental.
- Los de emisiones industriales.

Se tiene que tener en cuenta el potencial de una emisión para diluirse en el medio atmosférico. La capacidad del aire ambiente para dispersar una emisión dependerá de muchos factores, incluyendo la calidad del aire ambiente y la densidad de la emisión. A mayor concentración de compuesto contaminante en la atmósfera menor será la capacidad para dispersar la emisión. El caudal o tasa de emisión también es importante y a mayor caudal menor será el valor del límite para la concentración del contaminante que nos marque el estándar.

Además de la calidad de aire y la emisión, los factores climáticos como el viento, la humedad, la inversión y las precipitaciones juegan un papel importante en el aumento o disminución de la contaminación. El viento generalmente favorece la difusión de los contaminantes ya que desplaza las masas de aire en función de la presión y la temperatura. El efecto que puede causar el viento depende de los accidentes del terreno o incluso de la configuración de los edificios en las zonas urbanizadas. Al contrario del viento, la humedad juega un papel negativo en la evolución de los contaminantes ya que favorece la acumulación de humos y polvo. Por otra parte, el vapor de agua puede reaccionar con ciertos aniones aumentando la agresividad de los mismos, por ejemplo el trióxido de azufre en presencia de vapor de agua se transforma en ácido sulfúrico, lo mismo ocurre con los cloruros y los fluoruros para dar ácido clorhídrico y fluorhídrico respectivamente.

4.4.1 Contaminantes Gaseosos

Los contaminantes gaseosos son, sin duda los que han merecido un estudio en profundidad. Existen infinidad de gases que se liberan a la atmósfera y que pueden ser calificados como contaminantes. Estos gases se pueden clasificar como derivados de sus elementos más característicos, así pues tenemos compuestos derivados del carbono, azufre, nitrógeno etc. En la tabla 4.8 se puede ver la diferencia del contenido de diversas sustancias en una muestra de aire contaminado respecto a una muestra de aire limpio.

4.4.1.1 Compuestos gaseosos del Carbono

a) Los hidrocarburos:

El principal gas de estas características que poluciona la atmósfera es el metano. Como ejemplo se tiene que en un estudio realizado en la ciudad de Los Angeles entre 1970 y 1972 indicó que en la contaminación por hidrocarburos el metano representaba el 85% del total, los alcanos el 9%, los alquenos el 2.7%, los alquinos el 1% y los aromáticos el 2.3 %.

³ Ingeniería Ambiental (Volumen II).- Gerard Kiely

Tabla 4.8 Comparación Aire limpio, Aire sucio

GASES	Aire Limpio (ppm)	Aire contaminado (ppm)
CO ₂	320	400
CO	0.1	40/70
CH ₄	1.5	2.5
N ₂ O	0.325	?
NO _x	0.001	0.2
O ₃	0.02	0.5
SO ₂	0.0002	0.2
NH ₃	0.01	0.02

Los hidrocarburos presentan en general, una baja toxicidad, el problema principal que tiene, es la reactividad fotoquímica en presencia de la luz solar para dar compuestos oxidados.

b) Los hidrocarburos oxigenados:

En este grupo se incluyen los alcoholes, aldehídos, cetonas, éteres, fenoles, éteres, peróxidos y ácidos orgánicos. La principal causa de su presencia en el aire está asociada a los automóviles, aunque también pueden formarse por reacciones fotoquímicas en la propia atmósfera.

c) El monóxido de carbono

Está considerado como un peligroso gas asfixiante porque se combina fuertemente con la hemoglobina de la sangre reduciendo la oxigenación de los tejidos celulares. Se produce en la combustión incompleta del carbón y de sus compuestos, y una de sus principales fuentes de emisión son los automóviles, aunque también se produce en la naturaleza, fundamentalmente por la actividad de diversas algas.

d) El dióxido de carbono (CO₂)

La mayor parte del CO₂ se produce sobre todo, en las combustiones de productos fósiles (petróleo y carbón). El CO₂ es un componente del aire, es utilizado por los vegetales en la fotosíntesis. El nivel de CO₂ en la atmósfera esta aumentando de modo alarmante durante los últimos decenios, debido el desarrollo industrial. Por otra parte se sabe que al aumentar la concentración de CO₂ en la atmósfera aumenta la energía que queda en la tierra procedente del sol, y ello lo hace en forma de calor, éste efecto se conoce como el efecto invernadero, es causado por la transparencia del CO₂, que por una parte permite pasar mejor la radiación solar y por otra provoca una mayor retención de la radiación IR emitida desde la tierra.

4.4.1.2 Compuestos gaseosos del Azufre

a) Los óxidos de azufre (SO₃)

De los posibles óxidos de azufre que existen sólo el dióxido y el trióxido son importantes contaminantes del aire.

El SO₃ se emite conjuntamente con el SO₂ en una proporción del 1 a 5 %, pero se combina rápidamente con el vapor de agua para formar ácido sulfúrico

El SO₂ es un gas incoloro y de olor irritante, las emisiones de este gas provienen principalmente de la combustión de petróleo y carbón, y de una manera especial de las calderas de calefacción y de las instalaciones industriales.

b) Sulfuro de hidrógeno

El sulfuro de hidrógeno es tóxico y de olor característico a huevos podridos. Son emitidas a la atmósfera por fuentes contaminantes, principalmente de papeleras que lo utilizan para extraer celulosa de la madera. En la atmósfera el sulfuro de hidrógeno es oxidado a dióxido de azufre en pocas horas, aumentando el nivel de éste.

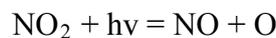
4.4.1.3 Compuestos gaseosos del Nitrógeno

El nitrógeno forma un gas diatómico muy estable que es el principal componente del aire con un 78%. Por otra parte, forma un gran número de compuestos gaseosos, algunos de los cuales tienen origen en el desarrollo de la actividad humana.

a) Óxidos de nitrógeno

Los óxidos de nitrógenos incluyen los siguientes compuestos: óxido nitroso (N₂O), óxido nítrico (NO), trióxido de nitrógeno (NO₃), sesquióxido de nitrógeno (N₂O₃), tetróxido de nitrógeno (N₂O₄) y pentóxido de nitrógeno (N₂O₅), también pueden encontrarse en el aire los correspondientes ácidos, son: el ácido nítrico (HNO₃) y el ácido nitroso (HNO₂). De todos ellos son los tres primeros los que se encuentran en cantidades apreciables.

El NO es producido por acción biológica y en los procesos de combustión. Es oxidado por acción del ozono para producir NO₂ y el tiempo de residencia es de solo 5 días. El NO₂ es uno de los contaminantes más peligrosos, en primer lugar por su carácter irritante y, en segundo lugar, porque se descompone por medio de la luz solar según la reacción:



La formación de oxígeno atómico, que es muy reactivo, convierte al oxígeno en ozono.

b) Amoníaco

El amoníaco (NH_3) está considerado un contaminante de poca importancia. Su presencia en la atmósfera se debe principalmente a la acción de las bacterias, el tiempo de residencia está estimado en 7 días no conociéndose efectos dañinos para la salud.

4.4.1.4 Gases halogenados

En este grupo se consideran los derivados del fluor, cloro y bromo.

De todos ellos el cloro, el fluoruro, el cloruro de hidrógeno, los freones, los pesticidas y los herbicidas halogenados son los que se encuentran con mayor frecuencia. Los más peligrosos para el medio ambiente, por sus efectos nocivos en animales y plantas, son los herbicidas y plaguicidas, así como los fluoruros, que, a su vez, son altamente corrosivos en presencia de vapor de agua. Por otra parte, los freones deben tenerse en cuenta debido a su capacidad para destruir la capa de ozono.

4.4.1.5 El Ozono

El ozono (O_3) se forma en la atmósfera a partir de la reacción entre el oxígeno molecular y el atómico por reacción fotoquímica catalizada por la luz solar. Cuando hay acumulación de este gas o bien de otros oxidantes, como peróxidos, en las capas bajas de la atmósfera se producen efectos nocivos para la salud: irritación en los ojos y membranas mucosas, la primera vez que se observó este fenómeno fue en Pasadena, un suburbio de Los Ángeles EE.UU.

4.4.1.6 Metales

Algunos metales y sus derivados presentan valores suficientemente altos de presión de vapor y, por lo tanto, pueden existir como gases en la atmósfera.

Un ejemplo típico es el mercurio, cuya emisión a la atmósfera se debe principalmente a los procesos de obtención del metal y, en segundo término, a la combustión de diesel con un elevado contenido de mercurio.

Otro ejemplo es el plomo, principalmente en forma de sus alquilderivados utilizados en las gasolinas y emitidos a la atmósfera por los motores de automóviles.

4.4.1.7 Partículas y aerosoles

En una atmósfera urbana pueden identificarse partículas de diferentes características, polvo debido a la desintegración mecánica, con tamaño entre 0,1 y 0,5 micrones, humos que se forman por la condensación de vapores sobresaturados, por sublimación o bien producidas en las reacciones químicas, con un tamaño aproximado de 1 micrón, brumas formadas por la suspensión de gotículas procedentes de la condensación de gases o vapores sobre núcleos adecuados, el tamaño de estas partículas son aproximadamente de 10 micrones.

Cada partícula es diferente en forma, tamaño y composición, al mismo tiempo tiene su historia particular si nos fijamos en su origen, crecimiento, interacción y desaparición. El proceso de generación de partículas y su posterior eliminación es continuo y depende de las específicas fuentes contaminantes, ya sean naturales o antropogónicas, interviniendo de manera importante la meteorología y la topografía de la zona en estudio.

Al conjunto de partículas que pueden encontrarse en la atmósfera se conoce con el nombre de aerosol. El aerosol de las zonas urbanas contaminadas esta formado, generalmente, por polvo de sílice, no obstante, otros compuestos químicos de diversa índole pueden encontrarse en la atmósfera en forma de aerosol; este es el caso de los sulfatos.

Hay tres mecanismos posibles para la aparición de los sulfatos:

- Foto oxidación de SO₂ en presencia de hidrocarburos insaturados y NO₂.
- Oxidación de SO₂ en presencia de gotas de agua catalizada por iones metálicos.
- Oxidación catalítica de SO₂ adsorbido en partículas sólidas.

También pueden encontrarse en el aerosol metales contaminantes, el plomo, producido por los aditivos añadidos a las gasolinas que utilizan los motores de los automóviles, es uno de los más característicos. Otros metales como cromo, cadmio, hierro, zinc, etc., también han sido determinados así como diferentes aniones: cloruros, bromuros, nitratos, etc.

En la tabla 4.9 se muestra la clasificación de los contaminantes atmosféricos más importantes y sus principales fuentes

4.4.2 Límites Máximos Permisibles de Emisiones Contaminantes Vehiculares

Debido al inadecuado mantenimiento de los vehículos automotores, por una falta de control y crecimiento del parque automotor, en los últimos años en diversas ciudades del Perú, se ha generado un incremento sustantivo en los niveles de contaminación ambiental producidos por el funcionamiento de los motores de dichos vehículos.

Tabla 4.9 Contaminantes Atmosféricos y sus principales fuentes.

Contaminante	Fuente
Oxidos de Azufre	Combustión del carbón y petróleo <ul style="list-style-type: none"> - Automóviles - Calderas - Centrales térmicas - Explotación minerales de azufre - Fabricación sulfúrico y otros
Sulfuros y mercaptanos	Refinerías Procesos Industriales Putrefacción de aguas y basura Fabricación de papel, pasta, etc
Monóxido de Carbono	Combustión incompleta <ul style="list-style-type: none"> - Motores de gasolina - Centrales eléctricas - Acerías - Calefacciones - Humo de cigarrillo
Dioxido de Carbono	Combustión de productos orgánicos
Hidrocarburos	Combustión Motores de gasolina Evaporación zonas petrolíferas
Ozono	Reacciones fotoquímicas (zonas urbanas)
Oxidos de Nitrógeno	Combustión a altas temperaturas <ul style="list-style-type: none"> - Motores de combustión interna (diesel) - Centrales eléctricas - Fabricas de explosivos - Volcanes y tormentas
Mercurio	Minería Evaporación Construcción
Fluoruros	Industrias de cerámicas, abonos Obtención del aluminio
Polvo	Erosión eólica Terremotos y volcanes Minería Agricultura Industria del cemento

4.4.3 Procedimientos de Prueba y Análisis de emisiones vehiculares

Los procedimientos que se describen a continuación son los aplicables para controlar los gases de los vehículos en circulación a nivel nacional y para vehículos usados que se incorporen a nuestro parque automotor.

4.4.3.1 Medición de Gases

Se realiza un control estático, este consiste en la medición de las emisiones de los gases a la salida del tubo de escape de los vehículos automotores equipados

con motores de encendido por chispa que usan gasolina, gas natural u otros combustibles alternos. El control debe contar con una inspección visual, una prueba en marcha de cruceo a revoluciones elevadas y una prueba en relanti⁴ a revoluciones mínimas.

4.4.3.2 Equipo para la medición de Emisiones

Primeramente se tiene que saber que los gases a ser medidos y sus respectivas unidades de medición son lo siguientes: Monóxido de Carbono (CO) medido en porcentaje de volumen, Hidrocarburos (HC) medido en partículas por millón (ppm), Dióxido de Carbono (CO₂) medido en porcentaje de volumen, Oxígeno (O₂) medido en porcentaje de volumen.

El equipo es un medidor de emisiones infrarrojo no dispersivo (NDIR), capaz de medir CO, HC, CO₂ y O₂, así como registrar las revoluciones del motor y la temperatura del aceite de motor, como mínimo.

Para la medición de vehículos de encendido por compresión que usan combustible diesel, se utilizará un opacímetro de flujo parcial. Se entiende como Opacidad al grado de interferencia en el paso de un rayo de luz a través de las emisiones provenientes del escape de un vehículo. Se expresa en unidades absolutas como coeficiente de absorción o en porcentaje (grado de opacidad del humo).

En las tablas 4.10, 4.11, 4.12, 4.13 y 4.14 se dan a conocer los límites máximos permitidos para vehículos en circulación a nivel nacional.

Tabla 4.10 Vehículos mayores a gasolina, gas licuado de petróleo y gas natural.

Año de Fabricación	CO % de Volumen	HC (ppm)	CO + CO ₂ %
Hasta 1995	3	400	10
1996 en adelante	2.5	300	10
2003 en adelante	0.5	100	12

Tabla 4.11 Vehículos mayores a Diesel

Año de Fabricación	Opacidad	Opacidad en %
Hasta 1995	3	72
1996 en adelante	2.5	65
2003 en adelante	2.1	60

⁴ Relanti.-régimen de revoluciones del motor sin carga, sin presionar el acelerador y el vehículo detenido, cuya especificación es establecida por el fabricante.

Tabla 4.12 Vehículos menores con motores de dos tiempos que usan mezcla de gasolina – aceite como combustible

Volumen desplazamiento nominal cc	CO % de volumen	HC ppm
Mayores de 50cc	2.5	8000

Tabla 4.13 Vehículos menores con motores de cuatro tiempos que usan gasolina como combustible

Volumen desplazamiento nominal cc	CO % de volumen	HC ppm
Mayores de 50cc	4.5	600

Tabla 4.14 Vehículos menores con motores de cuatro tiempos que usan diesel como combustible

Volumen desplazamiento nominal cc	CO % de volumen	Opacidad en %
Mayores de 50cc	2.1	60

4.4.4 Calidad de Aire en la Ciudad de Piura

Para poder verificar la calidad del aire en la ciudad de Piura se instalaron 4 estaciones de muestreo, las cuales estuvieron ubicadas en los siguientes lugares: Centro de Salud Micaela Bastidas ubicado en el Asentamiento Humano Micaela Bastidas, Municipalidad de Piura ubicado en la esquina del Jr. Ayacucho y Jr. Tacna, DESA ubicado en Av. Ramón Castilla N 359, CONAFOVICER ubicado en Jr Los Laureles, Urb. San Ramón.

Se tuvo que todos los valores hallados de partículas menores a 2.5 micras (PM2.5), inclusive el promedio por estación, están por debajo del Valor Guía de la Organización Mundial de la Salud ($65 \mu\text{g}/\text{cm}^3$)

El promedio de Partículas totales en suspensión (PTS), por estación supera el Valor Guía de la Organización Mundial de la Salud. El mayor valor se obtuvo en la estación de muestreo de Micaela Bastidas ($120 \mu\text{g}/\text{cm}^3$).

Entre los contaminantes gaseosos, en Dióxido de Azufre (SO_2) y Dióxido de Nitrogeno (NO_2) se obtuvo que los valores más bajos corresponden a las lecturas obtenidas en la Municipalidad de Piura.

Entre los contaminantes gaseosos, en Dióxido de Azufre (SO_2) se tuvo que los valores más altos se obtuvieron en la estación ubicada en CONAFOVICER y en cuanto al Dióxido de Nitrogeno (NO_2) los valores más altos corresponden a las lecturas obtenidas en DESA

Tanto para SO_2 como para NO_2 los valores obtenidos están muy por debajo de su respectivo Estándar ó Valor Guía empleado, no significando un riesgo significativo para la salud de las personas que residen en la Ciudad de Piura por estos contaminantes.

4.5 CONTAMINACIÓN POR RUIDO

La contaminación por ruido es un problema al que se le está empezando a tomar importancia, pues ya existen estudios estadísticos que describen la influencia del ruido en el comportamiento de los seres humanos. Al igual que todos los contaminantes, reduce la calidad de vida y produce un riesgo significativo en la salud. A pesar de esto, es poco lo que se tiene sobre una de las fuentes de ruido más populares en nuestro medio ambiente, el tráfico vehicular.

En la ciudad de Piura no se tiene registro de estudios sobre el ruido debido al tráfico vehicular, así como el ruido producido por las diversas industrias y centros de diversión.

Los niveles permisibles en algunos lugares para la contaminación por ruido establece límites de 85 dB(A) de ruido ambiental.

La forma descontrolada en la que crece el número de vehículos cada año contribuye a los altos niveles de ruido medidos. En nuestro país existe poco interés sobre el control de ruido producido por el tráfico a pesar que está comprobado que la exposición a ruido produce trastornos en el comportamiento y el desempeño de las personas.

4.5.1 El Sonido y el Ruido

El sonido es la sensación percibida por el oído humano producida por pequeñas fluctuaciones de la presión del aire, que tiene características básicas como: velocidad, frecuencia y longitud de onda.

El ruido es algo que afecta al ser humano de manera involuntaria. Todo el mundo lo observa desde un punto de vista diferente. En general el ruido se define como un sonido no deseado, viene del latín “rugitus”, que es rugido, y por tanto molesto, éste es medido en decibelios (dB). Se puede considerar como el sonido inadecuado en el lugar inadecuado en el momento inadecuado.

El aire en el cual se emite y propaga el ruido ajeno es un bien público, de uso común. No pertenece a nadie en particular sino a la sociedad en su conjunto. Por consiguiente, ni la gente ni las empresas ni las organizaciones tienen derecho ilimitado a propalar sus ruidos a discreción, como si esos ruidos se limitaran solamente a su propiedad privada. Por el contrario, tienen la obligación de usar dicho bien común en forma compatible con otros usos.

Los decibelios (dB) es una unidad de medida absoluta de los sonidos. Es una relación entre una cantidad medida (para lo cual se usa el sonómetro) y un nivel de referencia acordado. La escala en dB es logarítmica. El umbral de audición está en 0dB (Mínima intensidad del estímulo) y el umbral de dolor está en 120 dB.

El Sonómetro es un instrumento de medición diseñado para responder al sonido aproximadamente de la misma forma que el oído humano. Este consta de un micrófono, una sección de procesamiento de señal y una unidad de lectura.

4.5.2 Fuentes de Contaminación por ruido.

El ruido se puede emitir desde un foco puntual (por ejemplo: un ventilador eléctrico, un foco espacial (por ejemplo una discoteca) o un foco lineal (un auto en movimiento). El ruido se esparce rápidamente desde su fuente, pero a una distancia adecuada del foco el ruido ya no se percibe. La contaminación por ruido o contaminación sonora procede de una gran variedad de fuentes, incluyendo:

- Tráfico (la fuente principal).
- Equipos industriales.
- Actividades de construcción.
- Actividades deportivas y multitudinarias.
- Aviones en vuelo bajo.

4.5.3 Clasificación de los Sonidos

Los sonidos se clasifican como:

- Continuos
- Intermitentes
- Impulsivos

Un sonido continuo es un nivel de sonido ininterrumpido que varía menos de 5 db durante el período de observación. Un ejemplo típico sería un ventilador doméstico. Un sonido intermitente es un sonido continuo que dura más de un segundo pero que se interrumpe durante más de un segundo; por ejemplo, la fresa de un dentista. Si un sonido es de corta duración, menos de un segundo, se clasifica como sonido impulsivo. Los ruidos de una máquina de escribir o de martilleo son sonidos impulsivos típicos.

En una ciudad, los ruidos pueden provenir de distintas fuentes:

- Equipos electrónicos, de las casas particulares, fábricas, talleres, estaciones de servicio, lugares de entretenimiento, etcétera.
- Vehículos motorizados con escape libre.
- El mal uso de la bocina.
- Ruidos de la calle, los cuales pueden ser originados por vendedores, como por ejemplo los vendedores de gas que golpean los cilindros, las reparaciones de calles, etcétera.
- Talleres o industrias en las cuales se utilizan maquinarias, herramientas, etcétera.
- Construcción de casas y edificios.
- Lugares donde existen aeropuertos.

4.5.4 Daño Auditivo

El potencial de daño auditivo de una fuente concreta de ruido no sólo depende de su nivel sino también de su duración. Generalmente se acepta que un medio ambiente sonoro por debajo de 75 dB no es dañino (aunque niveles mucho más bajos puedan causar molestias y alteraciones del sueño), mientras que un sonido simple superior a 140dB puede ocasionar un daño auditivo permanente.

Entre esos dos niveles, la cantidad de daño auditivo varía con el nivel de sonido, el tiempo de exposición y la sensibilidad individual al ruido. Otros factores contribuyentes son el número y duración de los períodos de tranquilidad entre exposiciones, el tipo de sonido (continuo, intermitente o impulsivo) y su distribución de frecuencia. Los sonidos que tienen la mayor parte de su energía en las frecuencias del habla son más dañinos. La pérdida de audición puede ser temporal o permanente. La exposición a niveles más altos de sonido durante un corto periodo de tiempo puede producir una pérdida temporal de audición (alteración temporal del umbral) que puede durar algunas horas, dependiendo de la duración y nivel de ruido. También se puede producir un zumbido en los oídos (tinnitus). La exposición reiterada a niveles altos de sonido puede provocar un daño auditivo permanente (alteración permanente del umbral).

La calidad de la comunicación oral depende del nivel de ruido y de la distancia. Para una conversación normal aproximadamente a un metro de distancia, el ruido de fondo no debería exceder los 70 dBA. Las conversaciones a gritos a la misma distancia son viables hasta aproximadamente los 85 dBA. Para permitir una conversación normal a distancias de alrededor de 5 metros, se necesitaría un nivel de ruido de fondo por debajo de los 50 dBA. Las conversaciones satisfactorias telefónicas necesitan unos niveles de fondo inferiores a 80dBA aproximadamente. En la ciudad, los niveles de ruido oscilan entre 35 y 85 dBA, estableciéndose que entre 60 a 65 dBA se ubica el umbral del ruido diurno que comienza a ser molesto. La Organización Mundial de la Salud recomienda como máximo 65 decibelios para el nivel continuo equivalente diurno, y 55 de cibellos para el nocturno.

El ruido, como agente contaminante, tal como ya lo hemos dicho, no sólo puede generar daños al sistema auditivo, como el trauma acústico, sino además puede causar efectos sobre:

- Sistema cardiovascular, con alteraciones del ritmo cardíaco, riesgo coronario, hipertensión arterial y excitabilidad vascular por efectos de carácter neurovegetativo.
- Glándulas endocrinas, con aumento de la secreción de adrenalina.
- Aparato digestivo, con incremento de enfermedad gastroduodenal por dificultar el descanso.
- Otras afecciones, por incremento inductor de estrés, aumento de alteraciones mentales, tendencia a actitudes agresivas, dificultades de observación, concentración, rendimiento y facilitando los accidentes.

- Sordera por niveles de 90 dB y superiores mantenidos. Está reconocida la sordera, incluso como "enfermedad profesional", para ciertas actividades laborales, siempre que se constate la relación causa-efecto.
- También puede provocar irritación, pérdida de la concentración, de la productividad laboral, alteración del sueño, etc.
- La exposición continuada produce la pérdida progresiva de la capacidad auditiva y especialmente en expuestos industriales, así como en jóvenes que utilizan habitualmente su "stereo " y motocicletas o los que acuden regularmente a discotecas.

Las molestias causadas por el ruido varían enormemente entre las personas. Por ejemplo, lo que puede considerarse música para una persona puede ser ruido para otra. El alcance de la molestia de un sonido dado depende no sólo del nivel del sonido y de su duración sino también del oyente y de la actividad llevada a cabo en ese momento. El tipo de sonido y la hora del día son también significativos. Los sonidos durante la noche se consideran dos veces más sonoros que el mismo sonido durante el día. A continuación se muestra en la figura 4.15 La Tabla de sonido Potencia y Decibeles.

Figura 4.15 Tabla de Sonidos Potencia y Decibeles



4.5.5 Estándares del Ruido

Los umbrales o estándares de ruido se especifican generalmente como parte de la autorización de proyectos. Los valores especificados varían con el uso del suelo existente, el nivel de ruido de fondo en el área y el tipo de proyecto. Hay a menudo diferencias significativas entre los estándares de ruido especificados por diferentes autoridades de planificación.

4.5.6 Control del Ruido

Cuando el nivel del ruido recibido es excesivo, la solución puede implicar la atención sobre uno o más de las tres elementos involucrados:

Fuente → trayectoria de transmisión → receptor

- Fuente: la reducción de la emisión de la fuente suele ser la medida correctora más eficaz, si bien resulta a veces insuficiente, además de implicar pérdidas, generalmente, de las prestaciones del elemento emisor. La fuente se podría modificar con un adecuado tratamiento acústico de las superficies de la máquina, cambios en el diseño, control de ruido, etc.
- Trayectoria de transmisión: la trayectoria de transmisión se podría modificar encastrando la fuente dentro de un cerramiento de aislamiento sonoro, construyendo una barrera de ruido o colocando materiales absorbentes a lo largo de la trayectoria.
- Receptor: mediante la alteración del horario laboral o mediante la provisión de protecciones de oído.

Los principales ruidos que se presentan en la ciudad vienen dados por las siguientes fuentes:

- El tránsito de automóviles: El ruido de los vehículos es producido fundamentalmente por el motor y la fricción causada por el contacto del vehículo con el suelo y el aire. Además, en la ciudad existen una enorme cantidad de autos con los mufflers (silenciadores) dañados, lo que incrementa el nivel de ruido en un área determinada.
- La navegación aérea causa graves problemas de ruido en la comunidad. La producción de ruido se relaciona con la velocidad del aire, característica importante para los aviones y los motores.
- Construcción de edificios y obras públicas: La construcción de edificios y las obras públicas son actividades que causan considerables emisiones de ruido. Hay una serie de sonidos provocados por grúas, mezcladoras de cemento, operaciones de soldadura, martilleo, perforación y otros trabajos.

Generalmente son las motos, el transporte urbanos, los martillos de obras, gritos y el paso sobre adoquines de los vehículos son las emisiones que registran valores más altos.

4.5.7 Configuración Urbanística

En su configuración urbanística, nuestra ciudad ha ido creciendo sobre un casco histórico de calles un poco estrechas y no pensadas para el volumen actual de tráfico, además el problema del ruido se potencia en esas calles estrechas. Las zonas más modernas de la ciudad no han sido planificadas teniendo en cuenta la disminución de la contaminación acústica.

También agrava el problema de la contaminación acústica el crecimiento desordenado que ha tenido la ciudad en los últimos años, el incremento de la movilidad motorizada, etc. Por este motivo, el problema de las motos (y sobretodo mototaxis) es uno de los más relevantes en nuestra ciudad, por el alto número que circula por nuestras calles, y porque gran parte de éstos lo hacen con el escape libre produciendo mayores molestias a los ciudadanos al tratarse de sonidos discontinuos y con altos niveles de decibelios. Es por ello que es necesario el prohibir la circulación de vehículos menores con silenciadores no eficaces, incompletos, inadecuados o deteriorados, y utilizar dispositivos que puedan anular la acción del silenciador.

Como hemos mencionado anteriormente, existen zonas en la ciudad especialmente conflictivas debidas a la densidad de tráfico que tienen y por las características acústicas (las calles estrechas y con edificios potencian el ruido más que los espacios abiertos). Para la regulación del tráfico por motivos de contaminación acústica se debería contemplar que cuando en determinadas zonas o vías urbanas se aprecie una degradación notoria del medio ambiente urbano por exceso de ruido imputable al tráfico, el ente regulador podría prohibirla o restringirla, salvo el derecho de acceso a los residentes de la zona.

Otra fuente de ruido de importancia por el impacto social que produce es la diversión nocturna. Debido al incremento de consumo de bebidas alcohólicas en las vías públicas, jardines y otros espacios públicos, molestando a los vecinos que en esos momentos se encuentran descansando. Se debe considerar una posición más dura para poder emitir una ordenanza y hacerla cumplir, la cual debe tener como concepto general que en las vías públicas y otras zonas de concurrencia pública, no se puedan realizar actividades como cantar, proferir gritos, hacer funcionar aparatos de radio, televisores, instrumentos musicales, tocadiscos, mensajes publicitarios, altavoces, etc., que superen los valores máximos permitidos y que en todo caso quedan prohibidas las anteriores actividades en horario nocturno, salvo autorización expresa de la autoridad competente. Finalmente, la Municipalidad tiene la responsabilidad de tener claramente regulado en sus ordenanzas de ruidos las características que ha de poseer cualquier instalación productora de ruidos y vibraciones (aislamiento acústico, equipos limitadores-controladores de ruido, nivel de emisión, etc.).

RESUMEN

- La contaminación producida por residuos sólidos se debe a una inadecuada gestión en el proceso del tratamiento de la basura en la ciudad.
- Se debe buscar que los resultados de la gestión ambiental en el manejo de residuos sólidos, sea la más adecuada, desde el punto de vista sanitario, ambiental y económico.
- La forma en que se debe manejar la disposición final de residuos sólidos urbanos debe ser la resultante de un proceso lógico en el cual se debe tratar de concentrar los recursos económicos y la tecnología disponible.
- La recolección es la etapa más importante en términos de costos dentro de la gestión de los residuos, aproximadamente el 60% del costo.
- La contaminación producida por residuos líquidos, se debe al inadecuado tratamiento que se le da al desagüe de la ciudad.
- El Niño en el año 1998, se puso al descubierto la mala situación de las estructuras, cuyo colapso se preveía altamente probable con anterioridad al fenómeno. Las estructuras de agua y alcantarillado quedaron afectadas en una buena proporción, especialmente los sistemas de alcantarillado.
- El departamento de Piura cuenta con 16 sistemas de lagunas construidos para el tratamiento de las aguas residuales urbanas. Este número, aun en el caso de operar correctamente se muestra insuficiente para hacer frente a la producción de aguas negras.
- Una significativa proporción de aguas residuales son emitidas a los ríos Chira y Piura y al mar, a través o no de emisores submarinos, creando situaciones sanitarias altamente desagradables e insostenibles.
- Una laguna de estabilización es una estructura para el tratamiento de aguas residuales que aprovecha un proceso biológico, químico y físico conocido con el nombre de autopurificación natural.
- Las aguas enriquecidas con los elementos resultantes de la estabilización de los afluentes pueden ser utilizadas en silvicultura (multiplicación de bosques), en agricultura (producción de alimentos y forrajes) y en piscicultura, entre otros.
- Una referencia para saber el tamaño aproximado de las lagunas de oxidación en nuestra ciudad es 4 a 6 Ha por cada 10000 a 15000 habitantes, esto depende de las tasas de agua potable asignadas a cada persona por día.
- La contaminación del aire se produce debido a la falta de normas que regulen la emisión de sustancias tóxicas al medio ambiente.
- La capacidad del aire ambiente para dispersar una emisión dependerá de muchos factores, incluyendo la calidad del aire ambiente y la densidad de la emisión.

- La contaminación por ruido, es producto de la falta de una adecuada reglamentación en cuanto a este tema.
- Al igual que todos los contaminantes, la contaminación por ruido reduce la calidad de vida y produce un riesgo significativo en la salud. A pesar de esto, es poco lo que se tiene sobre una de las fuentes de ruido más populares en nuestro medio ambiente, el tráfico vehicular.
- El sonido es la sensación percibida por el oído humano producida por pequeñas fluctuaciones de la presión del aire, que tiene características básicas como: velocidad, frecuencia y longitud de onda.
- En general el ruido se define como un sonido no deseado, viene del latín “rugitus”, que es rugido, y por tanto molesto.
- El alcance de la molestia de un sonido dado depende no sólo del nivel del sonido y de su duración sino también del oyente y de la actividad llevada a cabo en ese momento. El tipo de sonido y la hora del día son también significativos. Los sonidos durante la noche se consideran dos veces más sonoros que el mismo sonido durante el día.
- Es preciso reconocer que el ruido deteriora considerablemente la calidad de vida de las personas, produce diversos tipos de trastornos, muchos de ellos irreversibles. Por tal motivo se debe, en la medida de lo posible, comenzar a ejercer más control sobre este fenómeno.

CAPITULO V: CRITERIOS DE URBANISMO

5.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan algunos conceptos y criterios básicos relacionados con el Planeamiento Urbano de la ciudad de Piura, Además se da a conocer la problemática de los Asentamientos Humanos, con una descripción de la realidad de los mismos en la ciudad, su origen y características.

5.2 DESCRIPCIÓN DE LA CIUDAD DE PIURA (ZONA EN ESTUDIO)

5.2.1 Ubicación

La ciudad de Piura se encuentra Ubicada en la costa norte del Perú, se localiza a 45 msnm, con latitud $0.5^{\circ}10'14''S$ y longitud $80^{\circ}30'18.6''W$; cerca al Eje Ecuatorial. El departamento de Piura tiene una extensión de 35 892,49 Km² y una población aproximada de 1467600 habitantes, constituyendo así el segundo centro más poblado de nuestro país. Posee un clima tropical y seco, con una temperatura media anual de 24 grados centígrados. A pesar de su ubicación con respecto al eje Ecuatorial, Piura tiene un gran desierto debido entre otras cosas a la corriente de Humbolt. En la figura 5.1, se muestra la ubicación de Piura dentro del territorio nacional.

La ciudad de Piura esta ubicada en una zona donde las lluvias son muy escasas, salvo en las partes altas en los meses de verano. El fenómeno El Niño, es un evento climático, que cada vez está siendo más frecuente en Piura. Dicho fenómeno viene causando gran impacto en el norte peruano.

Piura es atravesada por el río Piura que va de norte a sur; sobre éste existen dos puentes peatonales y tres puentes vehiculares, los cuales la unen con el distrito de Castilla.



Figura 5.1 Mapa de Ubicación de Piura dentro del Territorio Nacional.

5.2.2 Características

La ciudad de Piura a lo largo de esta última década ha sufrido un cambio estructural muy fuerte debido al alto índice de migración poblacional y al rápido crecimiento vegetativo de la población. La población de 1993 (366206 hab.) se ha incrementado en un 67% (578037 hab.) en el 2000 asentándose el 69% en Piura y el 31% en Castilla.

La población económicamente activa o fuerza laboral de Piura durante ésta última década se ha duplicado, de la cual aproximadamente el 40% se encuentra en condición desocupada y/o sub ocupada por falta de fuentes de trabajo, y el 75% del total de la P.E.A. se dedican a las actividades del comercio y servicios.

El déficit de vivienda se ha incrementado aproximadamente en 4 veces, de los cuales el 70% corresponden a Piura y el 30% a Castilla.

Además de esto, se estima que solamente alrededor del 60% de Asentamientos Humanos (esto quiere decir aproximadamente alrededor de 50 de los 84 estimados) han saneado legalmente su propiedad, es decir cuentan con título de propiedad. La población que representa tal cantidad de Asentamientos es de 277980 habitantes, cifra considerablemente importante para tener en cuenta en el desarrollo de la ciudad.

5.2.3 Evolución Histórica de las Ciudades.

La característica más distintiva de la población latinoamericana durante el siglo actual ha sido su notable crecimiento. Tales explosiones demográficas no son nuevas en el mundo moderno.⁵ El crecimiento de las urbes depende ante todo de grandes migraciones provenientes de las zonas rurales.

La Urbanización en América según H. L. Browning, en “The Demography of the City”, sugiere que el concepto de urbanismo es elástico y escurridizo porque procura identificar las consecuencias, tanto personales como sociales, de la vida en los medios urbanos, sobre todo cuando se le examina desde el punto de vista de intercambio cultural. El autor lo emplea para designar un aumento de la proporción de la población que vive en sitios relativamente permanentes donde hay altas concentraciones de habitantes. Así, una manera rápida de medir el grado de urbanización sería comparar la proporción de su población que vive en centros urbanos con la que habita en zonas rurales.

5.2.4 Breve descripción de la evolución histórica de la ciudad de Piura.

La ciudad de Piura fue fundada por Francisco Pizarro el año de 1532 en el antiguo pueblo de Tangarará y trasladada en 1588 al emplazamiento actual. El departamento de Piura fue creado por ley del 30 de Marzo de 1861.

⁵ Walter D. Harris El crecimiento de las ciudades en America Latina.

Después de haber sido trasladada la ciudad de Monte de los Padres (Alto Piura) y posteriormente a las localidades actuales de Amotape y Paita, don Juan Pedro de Cadalzo y Salazar, por orden del Virrey Conde del Villar, determinó su actual ubicación en el Valle del río Piura, a la altura del lugar denominado "El Chilcal".

De acuerdo con esto, la fundación definitiva de la ciudad se llevó a cabo el 15 de Agosto de 1588, con el nombre de "San Miguel del Villar de Piura", convirtiéndose automáticamente en cabeza del Corregimiento según estaba estipulado en el Decreto de 1572, dado por el Virrey don Francisco de Toledo.

De allí en adelante, en relación a las características principales como son la dirección y el sentido de la expansión física y crecimiento demográfico, se inicia hacia 1588, en forma incipiente. En 1700, se iniciaba la formación del casco central y expansión ribereña.

En 1850, se da la consolidación del casco central e integración de Tacalá (Castilla).

En 1925, como producto del primer éxodo masivo de la población rural (Ayabaca-Morropón) hacia la ciudad de Piura, por uno de los graves problemas que sufría la población campesina (escasez del recurso agua), se formaron los primeros asentamiento marginales de esta ciudad (PP.JJ. Buenos Aires y Pachitea).

El crecimiento poblacional de Piura, a partir de 1940 fue acompañado de la ocupación física de tierras eriazas, debido a la saturación del casco central, iniciándose así, el establecimiento del corredor oeste.

Luego, sobreviene hacia 1950, la formación marginal de la ciudad y expansión hacia el oeste y comienzos de la expansión hacia el norte, que se mantiene hasta la década del 60, con la expansión reciente en el área de Piura.

La configuración que actualmente ofrece la ciudad de Piura, se enmarca gráficamente en un núcleo central seccionado por el río y 2 angostas franjas que se desarrollan en diferentes sentidos, con pequeñas deformaciones en sus extremos.

Una de estas franjas, con una longitud de 7 Km., ubicada en el distrito de Piura, se orienta hacia el oeste y otra con 4 Km. de largo, ubicada en el distrito de Castilla, se orienta hacia el sur. Las deformaciones mencionadas están constituidas en la franja oeste por el P.J. "Santa Julia" y en la franja sur por el P.J. "El Indio".

En la conformación física de la ciudad, es fácil observar el marcado desequilibrio entre las franjas mencionadas y su núcleo, no sólo atendiendo al sentido de las mismas, sino a la desproporción y dimensiones en que se desarrollan, propiciando en esta forma el uso irracional del suelo. Este uso irracional del suelo, se manifiesta en forma generalizada, al estar localizadas las zonas de servicios y equipamiento, tanto institucional como comercial, sin llegar a establecer las relaciones conexas que permitan un mejor funcionamiento del centro urbano, como así mismo el mayor aprovechamiento de sus servicios.

De tal manera, puede apreciarse que en el núcleo central de la ciudad donde se encuentran ubicadas las zonas de mayor capacidad de servicios en cuanto a equipamiento comercial e institucional, no son aprovechables racionalmente, por cuanto la mayor parte de las áreas de uso residencial quedan fuera del radio de acción de los principales establecimientos públicos y comerciales, produciendo con esto, una interrupción de las interrelaciones entre el comercio y los habitantes de la ciudad.

En lo referente a la estructura del espacio urbano de la ciudad, ésta es diversa, apreciándose diferencias en cuanto a la amplitud de vías y áreas abiertas.

En el casco antiguo de Piura y Castilla, se observan calles estrechas y mal orientadas, ocasionando un difícil tránsito vehicular y ausencia de áreas libres y abiertas que producen un alto índice de saturación urbana. En las zonas de expansión urbana, que fueron cubiertas en Piura después de 1950, se aprecia que su estructura urbana es de mayor amplitud y presenta un conjunto de espacios libres con fines recreacionales.

La expansión reciente (posterior a 1960) en el área de Piura, ha conformado Pueblos Jóvenes asentados en adecuadas condiciones en cuanto a ordenamiento de espacios y racional uso del suelo, mientras que la expansión en Castilla se ha producido en términos de localización espontánea de espacios pobres y restringidos, no existiendo, a excepción de las Avenidas Grau y Progreso, vías de amplitud y espacios libres para la recreación.

5.2.5 Problemática de la migración Rural-Urbana

Por lo común las migraciones se orientan desde las áreas montañosas rurales hacia las ciudades. En nuestro caso gente que viene de la sierra piurana hacia la ciudad.

Cuando se produce un crecimiento urbano rápido y descontrolado en un corto lapso de tiempo se originan problemas que incidirán gravemente sobre la vida de la ciudad, por ejemplo: intensificación de la heterogeneidad étnica, con predominio de un bajo nivel cultural, falta de una conciencia de comunidad urbana, medio urbano no planificado, empleo desordenado de la tierra, especulación con tierras y viviendas, servicios públicos escasos o deficientes y contaminación del aire y el agua.

En Piura el habitante rural tiende a trasladarse a puntos hacia los cuales ha migrado ya gente de su zona particular. Puede ser que los primeros migrantes hayan elegido al azar cierto centro urbano; pero una vez creada, la tendencia migratoria continúa. Los migrantes rurales por lo general se trasladan a sitios donde creen que hallarán a un grupo de características similares a las suyas propias, que podrán ayudarlos durante el período de adaptación.

5.2.6 Breve descripción de Problemática de las Urbanización y Asentamientos Humanos en Piura.

El constante cambio de la ciudad con el transcurrir del tiempo y acentuado en los últimos años, viene siendo un gran problema para todos pues la ciudad no está preparada para un crecimiento tan vertiginoso y desordenado.

En la perspectiva de que el tipo de vivienda con el que dispone un hogar así como el material predominante en su construcción y el grado de hacinamiento, constituyen indicadores que permiten medir el bienestar y el nivel de vida de la población, se advierte que en el departamento de Piura los dos principales problemas de los hogares son la posesión de viviendas inadecuadas (que refieren al material de las paredes: quincha, piedra con barro, madera, estera y otro material y al piso de tierra u otro material) y la condición de hacinamiento en que viven un importante número de hogares.

En efecto, el 65,5% de los hogares habitan en viviendas inadecuadas y el 43,0% viven en condición de hacinamiento, es decir, en 118,839 hogares, más de 4 personas comparten un mismo dormitorio.

Los valores de los 2 indicadores se sitúan en niveles cuyos promedios en las 7 provincias del departamento, fluctúan entre 53,5% en Huancabamba y 28,1% en Talara.

El análisis de las carencias de servicios en los hogares, posibilita determinar los déficit y diferencias en la satisfacción de aspectos esenciales de la vivienda como son la disponibilidad de agua, desagüe y electricidad dentro de los hogares.

Una de las principales causas de problemas de viviendas es el encontrar terrenos adecuados para la construcción; pues ante la presencia de un evento natural como El Niño, muchas de las viviendas que fueron ubicadas en terrenos no aptos, se vieron grandemente afectadas por dicho fenómeno.

En efecto, en el área urbana, las lluvias torrenciales y continuas así como las inundaciones producidas por ríos y grandes corrientes de agua que se formaron, ocasionaron la caída y deterioro de miles de viviendas y malograron muchos edificios públicos, originando además la formación de enormes lagunas, que al mantener el agua empozada la llevaron al estado de descomposición, dando lugar a la aparición de millares de insectos y microbios que produjeron una peligrosa contaminación ambiental y enfermedades transmisibles.

Los sistemas de agua potable y alcantarillado se vieron afectados debido a la rotura de tuberías y colectores, el sistema de energía y comunicación fue dañado igualmente producto de la caída de postes, redes y daños en equipos eléctricos y transformadores. En cuanto al transporte, se destruyó la mayor parte de la red de carreteras y puentes, así también provocó la falla de los aeropuertos al quedar destruidas algunas partes de las pistas de aterrizaje.

5.3 NÚCLEOS URBANOS

La clasificación de los núcleos urbanos en la ciudad de Piura, esta dada por la zona Urbana, los diferentes Asentamientos Humanos y en los últimos años la aparición de las denominadas Urbanizaciones Populares de Interés Social. En el caso de nuestro país, clasifica la zona urbana a capitales de departamentos, provincias, distritos y centros poblados cuyo número de habitantes exceda el promedio de la capital (2500 habitantes), siempre que tales centros urbanos no posean características rurales.

5.4 LOS ASENTAMIENTOS HUMANOS

Los Asentamientos Humanos se originan por la invasión hecha por un grupo de personas, sobre un terreno que no estaba destinado en el futuro inmediato a ser habitado.

A partir del año 1961 se crean los Barrios Marginales, los cuales tenían las mismas características de los Asentamientos Humanos.

La problemática empieza al encontrar Asentamientos Humanos con una antigüedad entre los 5 y 18 años, cuyas propiedades no han sido saneadas, es decir, sus pobladores no poseen el título de propiedad de la vivienda que habitan, y además, carecen de algún servicio básico, ya sea luz, agua o desagüe.

Otro de los problemas que presentan es que, debido a que han sido producto de una invasión, esta fue realizada sin ningún análisis de la zona por lo que hay partes que se encuentran sobre terrenos muy irregulares, y otras que se encuentran en zonas inundables o con un nivel freático demasiado alto.

La organización de los Asentamientos Humanos es autónoma, se forma a partir de las organizaciones vecinales, los cuales internamente forman un sistema de autoayuda.

Del tamaño del Asentamiento Humano dependen la formación de las diferentes organizaciones; si es grande se formaran los denominados Comité de Promoción y Desarrollo "COPRODE", si es pequeño, se formaran a nivel dirigenal, con juntas vecinales.

5.4.1 Los Asentamientos Humanos en Piura.

Piura es una ciudad de 578037 habitantes, de los cuales gran porcentaje vive en los diversos Asentamientos Humanos como se describirá mas adelante. La tasa de crecimiento promedio poblacional obtenida en el último censo, es de 1.7%, tal como se muestra en la figura 5.2. Este crecimiento, si bien es inferior al de otros años, igualmente acentúa cada vez más el problema de vivienda, incrementándose en los últimos años el promedio de habitantes por vivienda el cual oscila entre 4 y 6 personas.

Es notorio el deseo de la población de un asentamiento humano, el aspirar, en un futuro cercano, a un lote individual, el cual le permitirá crecer con su familia, estos lotes serían en una nueva ubicación, en un terreno dado por la municipalidad

dentro de su programa de expansión urbana, u obtenido luego de la invasión de algún terreno, sin importar si es recomendable o no habitar en él.

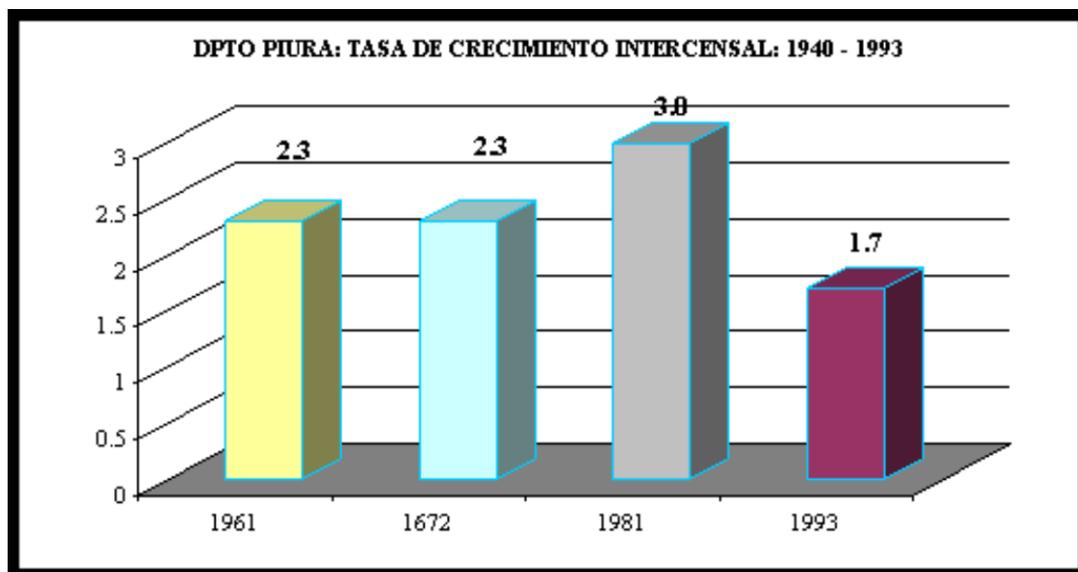


Figura 5.2 Tasa de Crecimiento Intercensal

5.4.2 La Importancia del Reconocimiento Municipal.

Las sucesivas etapas con las que cuenta el proceso de formación de un Asentamiento Humano, se originan en el deseo de ser reconocido por la Municipalidad. El hecho de ser reconocidos por el ente Municipal reviste gran importancia, pues sólo se construirán obras de servicios básicos a aquellos que logran dicho reconocimiento.

Los diferentes nombres que adoptan los diversos Asentamientos, en la mayoría de casos esta dado por cuestiones políticas y dirigenciales. Las diversas etapas con las que cuenta un Asentamiento se deben a las diferentes fechas de llegada de la gente a dicho lugar. Por ejemplo: para la población que llegue después y se ubique cerca de los pobladores que llegaron primero, se les hará más fácil obtener los servicios básicos si actúan como un anexo de los que llegaron primero.

5.4.3 El Origen de los Asentamientos Humanos.

La causa de la formación de los Asentamientos Humanos es el aumento vegetativo de la población, lo que provoca un incremento en la tasa de crecimiento de estos. Otro de los factores que produce este incremento es la constante migración de las personas que se encuentran en el campo y la sierra hacia la ciudad. La falta de políticas adecuadas para tratar la migración de esta masa de gente, así como el alto costo del alquiler de vivienda, provocan las invasiones y la formación de los diversos Asentamientos Humanos. En Piura, la formación de los Asentamientos Humanos es más o menos cíclica, y viene acompañada por periodos

de lluvia fuerte producidos por la aparición del Fenómeno del Niño. En los últimos 30 años, los grandes Asentamientos Humanos fueron conformados entre los años 72-73, 80-83, 97-98.

Como se aprecia en la figura 5.3, y tal como se explicó anteriormente, debido a la constante migración de la gente del campo y de la sierra hacia la ciudad de Piura, la distribución de la población Urbana es considerablemente menor a la población distribuida en los diferentes Asentamientos Humanos. Según los últimos datos obtenidos, existen en Piura un total de 158 Asentamientos Humanos, entre reconocidos y no reconocidos, con una población aproximada de 266533 habitantes.

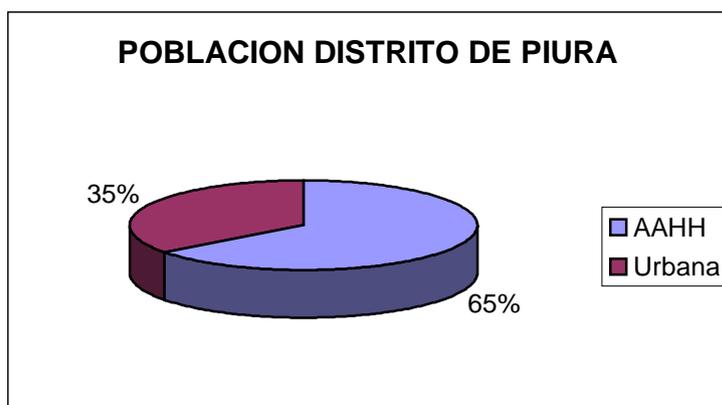


Figura 5.3 Distribución porcentual de la Población de Piura

Debido al incremento desproporcionado de la población en los Asentamientos Humanos, es notorio el aumento de las viviendas que no cuentan con todos los servicios básicos, tal como se muestra en la tabla 5.4

Cuadro 5.4 Servicios Básicos de Vivienda

Total de Viviendas Particulares	38089
Viviendas que disponen de Abastecimiento de Agua	26652
Viviendas con Alumbrado Eléctrico	26451
Viviendas con Servicio de Desagüe	21725
Porcentaje de Hogares sin Agua, ni Desagüe, ni Alumbrado	3.4

5.4.4 Lista de Asentamientos Humanos en Piura

A continuación mostramos en las tablas 5.5 y 5.6 los diversos asentamientos existentes en la ciudad de Piura, tanto los que presentan el reconocimiento municipal, como los que no lo presentan.

Tabla 5.5 Principales Asentamientos Humanos Reconocidos en Piura

ASENTAMIENTOS HUMANOS EN EL DISTRITO DE PIURA			
AAHH	Habitantes	Lotes	Año de Reconocimiento
Santa Julia	3920	784	1972
Enrique López Albuja	2065	413	1972
Ricardo Jauregui	1533	511	1972
Nueva Esperanza sectores 1-10	15020	3004	1972
Santa rosa	7405	1481	1972
San Martín	9805	1961	1972
Buenos Aires	1820	364	1972
Pachitea	3820	764	1972
Consuelo de Velasco	4300	860	1975
11 de Abril	700	140	1979
Tupac Amaru II etapa 1-3	4350	870	1979
Fatima	1315	263	1980
Micaela Bastidas	3820	770	1980
Los Ficus	1695	339	1980
Quinta Julia	1265	253	1981
San Pedro	4120	824	1981
18 de Mayo	2375	475	1981
Las Malvinas	430	86	1982
Cesar Vallejo	480	96	1983
San Sebastian	5320	1064	1983
Ignacio Merino	1435	287	1983
Jose Olaya	1500	300	1983
Jorge Chavez	1585	317	1983
Victor Raul	1805	361	1984
Alfonso Ugarte	335	67	1985
Las Capullanas	1485	297	1985
Los Algarrobos	8005	1601	1985
Los Heraldos	275	55	1988
Tangarara	260	52	1988
Laguna Azul	920	184	1989
04 de Octubre	985	197	1992
Almirante Miguel Grau	3045	609	1995
Las Palmeras	1190	238	1995
28 de Julio	5600	122	1995
A. Sanchez Arteaga	365	73	1996
A. Miguel Grau	1065	213	1996
Heroes del Cenepa	500	100	1996
A. Avelino Caceres	1210	242	1996
Nestor Martos Garrido	1150	230	1998
Fraternidad Sect	2115	423	1998
Jose Maria Arguedas	1350	270	1986
31 de Enero	1900	280	1986
06 de Setiembre	825	165	1987
Jorge Basadre	960	192	1988
Manuel Scorza	975	195	1994
Manuel Seoane Correles	1020	255	Cofopri

Según los últimos datos obtenidos, en el año 1997, se han registrado en la provincia de Piura, 158 asentamientos humanos, con un total de 39950 lotes, de los

cuales 117 se encuentran registrados con 25944 lotes y 41 no están registrados y tienen 14006

Tabla 5.6 Principales Asentamientos Humanos No Reconocidos en Piura

ASENTAMIENTOS HUMANOS NO RECONOCIDOS EN EL DISTRITO DE PIURA			
AAHH	Habitantes	Lotes	Año de Reconocimiento
Alan Peru	224	56	S.R.
Villa Hermosa	432	108	S.R.
Puerta de la Esperanza	1000	250	S.R.
Villa Jardin	304	258	S.R.
Los Claveles	2224	76	S.R.

5.5 URBANIZACIÓN POPULAR DE INTERÉS SOCIAL UPIS

5.5.1 Descripción y Características

Después que un Asentamiento Humano ha logrado obtener los servicios mínimos indispensables es que podrá alcanzar la denominación de UPIS, nombre con el que se conoce a la Urbanización Popular de Interés Social.

La aparición de las UPIS, es una muestra clara de la incesante formación de nuevos asentamientos humanos. Otra forma de creación de una UPI es cuando los pobladores de estos pequeños Asentamientos Humanos se unen, para conformar, con una cantidad mayor de población la denominada UPI, razón con la cual afrontaran los problemas de titulación y obtención de servicios básicos.

5.5.2 Lista de UPIS en Piura

A continuación en las tablas 5.7 y 5.8, damos a conocer una lista de las UPIS que han sido reconocidas por la Municipalidad, así mismo de las que todavía no han sido reconocidas. Como se aprecia, algunas de estas Upis fueron reconocidas por la Comisión de Formalización de la Propiedad Informal COFOPRI.

Tabla 5.7 Principales UPIS No Reconocidas en Piura

UPIS EN EL DISTRITO DE PIURA			
UPIS	Habitantes	Lotes	Año de Reconocimiento
Luis Alberto Sanchez	1800	360	1994
Luis Paredes Maceda	5320	1064	1993
Conjunto Habitacional Villa Perú Canada	2376	594	Cofopri
Ciudad del Sol	448	112	Cofopri

Tabla 5.8 Principales UPIS Reconocidas en Piura**UPIS EN EL DISTRITO DE PIURA**

UPIS	Habitantes	Lotes	Año de Reconocimiento
Luis Alberto Sanchez	1800	360	1994
Luis Paredes Maceda	5320	1064	1993
Conjunto Habitacional Villa Perú Canada	2376	594	Cofopri
Ciudad del Sol	448	112	Cofopri

5.6 LA CIUDAD Y SU ORDENAMIENTO URBANO**5.6.1 Herramientas de orden urbano**

El ente regulador del orden urbano en la ciudad es por naturaleza propia el Concejo Distrital, el cual se apoya en el Reglamento Nacional de Construcción para poder normar y mantener el orden urbano en la ciudad. En el caso del distrito de Piura será el Concejo Provincial correspondiente.

Según el Reglamento Nacional de Construcciones, en los Concejos Provinciales con núcleos urbanos mayores a 50 000 habitantes, que pueda estar formado en uno o más distritos, deberá crearse una oficina de Planeamiento Urbano, que tendrá por misión proponer a través del Concejo Provincial, al Ministerio de Vivienda.

5.6.2 Planificación del desarrollo de la ciudad

La planificación del desarrollo de la ciudad de Piura se plasma principalmente en un documento básico llamado Plan Director, el cual viene dado con proyecciones entre 10 y 15 años aproximadamente. Este documento es elaborado por la Municipalidad de Piura tomando en cuenta los alcances dados por el Ministerio de Vivienda, y del Concejo Transitorio de Administración Regional y de los diferentes protagonistas de la ciudad como son las diferentes universidades y colegios profesionales existentes.

5.6.3 Plan Director

El Plan Director es el documento destinado a orientar el desarrollo físico de una ciudad; ejecutado básicamente sobre un levantamiento de usos actuales del suelo, proyecciones de población y estimados del incremento de las diversas actividades urbanas.

El objetivo general del plan director es proporcionar al Concejo Provincial de Piura, instituciones y organizaciones encargadas del Desarrollo Urbano local, los instrumentos técnicos-normativos básicos para la promoción y gestión de las acciones de acondicionamiento y mejoramiento del hábitat urbano.

Este plan director se ha realizado en base al análisis de la problemática urbana, a los requerimientos del Concejo Provincial y al análisis de un conjunto de alternativas que posibilite la realización de acciones que logren la imagen futura de la ciudad.

La planificación urbana y regional es una herramienta fundamental para enfrentar los problemas asociados al uso del suelo, el desarrollo y la conservación de los recursos, el crecimiento de las ciudades y los pueblos, la ubicación y expansión de las industrias, y en general, la conservación y el desarrollo de ambientes adecuados para la vivienda humana. La planificación urbana y regional tiene pues una función básica: darle respaldo técnico a las personas que tiene el poder de decidir acerca de los cambios en la ciudad.

Un serio problema para la planificación de la ciudad, es la conexión entre Piura y Castilla, divididas por el río Piura, pero que por las características de los usos del suelo se requiere integrar; de allí la necesidad de los puentes, y los problemas de congestión en ellos.

Por tal motivo, dentro del Plan Director es muy importante tomar en cuenta el rol del transporte en la ciudad, para esto se seguirá toda una metodología para poder construir y modificar las diferentes arterias con las que contará la ciudad en el futuro, así como para poder asignar las diferentes rutas del transporte en la ciudad. Para entender la realidad y verdadera necesidad del transporte, se tiene que analizar una serie de parámetros como son el nivel socioeconómico, el tipo de vivienda, la cantidad de población económicamente activa, la cantidad de gente que posee vehículo propio, cual es el trabajo de la gente, si son independientes o dependientes.

La metodología que se usará para el estudio y construcción de nuevas vías, debe venir acompañada de un estudio de transporte, el cual definirá la Jerarquización Vial de las diferentes arterias de la ciudad.

Los lineamientos del Plan Director vienen dados por una serie de criterios de Ordenamiento de la ciudad, siendo necesario, para ponerlos en marcha el tener una meta general. Esta meta general se apoyará en diversas políticas de soporte a la meta establecida y es función del Alcalde y los regidores de la Municipalidad estos encargos. Ellos a su vez encargaran a los Directores Municipales la ejecución de aquellas tareas específicas que necesiten las políticas ya diseñadas y decididas. Finalmente estas tareas deberán ser cuantificadas para incluirse en el presupuesto anual de la entidad.

5.6.4 Lineamientos Básicos del Plan Director de la ciudad de Piura

Los lineamientos básicos del Plan Director actual, son una actualización del Plan Director elaborado por la Municipalidad en el año 1992. Dicho Plan director entró en vigencia en el año 1992 al 2010, a partir de entonces han ocurrido muchos acontecimientos Políticos, Económicos, Sociales y naturales (Fenómeno de El Niño de 1998). El Plan Director busca entre otras cosas:

- Liderar una estrategia para promover la Reconstrucción y desarrollo regional, y local.
- Gestionar e Implementar planes y proyectos de reconstrucción local y desarrollo.
- Propender a una ciudad limpia, ordenada, ecológica mejorando el hábitat como una expresión de los avances tecnológicos.
- Establecer políticas que propicien y fortalezcan la Organización, Descentralización Administrativa Municipal, buscando la participación ciudadana y concertación con Instituciones Públicas y Privadas.
- Los aportes de la actualización de este plan deben servir para ordenar la estructura física de la ciudad en concordancia con los objetivos, políticas y alcances establecidos.

Es de suma importancia que en la elaboración de los lineamientos básicos del Plan Director, se tenga en cuenta la participación de diversos profesionales de las diferentes ramas de la Ingeniería con los cuales se logrará una consolidación de dicho Plan.

El lograr que el Plan Director funcione adecuadamente en el presente y prepararse para que siga funcionando en el futuro, es la tarea principal de la Municipalidad Provincial de Piura. Para lograr esto es indispensable definir metas y objetivos, y es por esto que se cree conveniente definir estos términos, así como su alcance.

- Meta.- Es la idealización del estado final de un sistema, por lo tanto no es lo suficientemente específica como para implementarse. Las metas proveen la dirección en que la sociedad debe avanzar
- Objetivo.- Un objetivo es mucho más específico que una meta y se define a partir de ésta. Los objetivos son generalmente posibles de lograr, y además de cuantificar (o medir) que tanto de lo esperado se consiguió.

A partir de esto se presenta una relación de metas y objetivos necesarios para el buen desarrollo de la ciudad. Es muy importante que el Concejo Provincial de Piura evalúe cada uno de los objetivos, y de esta manera puedan conocer si los objetivos han sido logrados, y de no ser así, identificar cuales son las razones que impidieron su logro.

Además los objetivos deben ser clasificados en orden de importancia y según la factibilidad de ser logrados. De esta forma se va invirtiendo el dinero de la mejor forma posible.

Es muy importante al momento de elaborar un Plan Director, tomar en cuenta los diversos criterios que se emplearán para el adecuado Desarrollo de la ciudad. Estos criterios, tienen fundamental importancia, sobre todo en la ciudad de Piura por encontrarse en una zona propensa a sufrir movimientos sísmicos, así como la

presencia cada vez menos esporádica del fenómeno de El Niño. Estos dos eventos de la naturaleza, sumados a los creados por el hombre, como son la contaminación ambiental y el inadecuado manejo del transporte son los problemas que deben ser contemplados con mucho detenimiento al momento de realizar dicho Plan Director.

5.7 CRITERIOS DE INGENIERÍA NECESARIOS PARA EL DESARROLLO URBANO

5.7.1 Condiciones Básicas de Habitabilidad

Las condiciones básicas de habitabilidad viene dado por el conjunto de pautas dirigidas a regular y establecer condiciones elementales para el desarrollo de la vida humana, en un marco físico adecuado considerando las prevalecientes en su mismo ambiente.

El marco físico geográfico donde se distribuirá las viviendas, planteado dentro del Desarrollo Urbano de la ciudad será de tal modo que permita el asentamiento de poblaciones, para esto deberá contar con los estudios de las diferentes ciencias de la Ingeniería, como se verá a continuación.

5.7.2 Criterios de Ingeniería Geológica

Los grandes daños ocasionados por los terremotos en diversas partes del mundo han dejado una dramática advertencia sobre la influencia extremadamente importante de las condiciones locales del suelo. Uno de los mayores problemas de la Ingeniería Geotécnica en el campo de la Ingeniería Sísmica está asociado al comportamiento de las arenas. Se ha reconocido que durante el sacudimiento sísmico, las arenas pueden perder su resistencia no drenada al corte si se induce el fenómeno llamado licuefacción. Por las condiciones naturales y sísmicas de los suelos del Perú, este fenómeno se ha presentado siempre aunque muchas veces sus manifestaciones no fueron reportadas como tal; es a partir de la década de 1970 cuando se establecen los primeros estudios con base teórica, experimental y con un adecuado tratamiento de la realidad.

Piura forma parte de lo que es el gran Cinturón de Fuego del Pacífico, una franja sísmica muy activa, en la cual se detecta más del 75% de la sismicidad del globo. La sismotectónica nos indica que la región está sometida a los esfuerzos derivados del contacto de la placa de Nazca, oceánica y la placa Sudamericana, continental.

Por las condiciones favorables del suelo en la ciudad de Piura y la permanente amenaza sísmica de la zona costera del Perú se debe tomar en cuenta la posibilidad de licuación de arenas sobre la infraestructura de la ciudad, sea ésta importante como en el caso de puentes, redes de alcantarillado, etc.; hasta la más simple como viviendas, pistas, etc.

Frente a esta situación, es bueno recordar que una catástrofe sísmica puede reducirse a través de una planificación adecuada a través de estudios de microzonificación que identifiquen zonas seguras hacia donde pueda avanzar el desarrollo de la ciudad y así mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Las características del suelo donde se asienten poblaciones deberán responder con seguridad a los esfuerzos resultantes producidos por las edificaciones, por las obras de ingeniería complementarias y por los efectos de la intensidad del uso. Para lograr estos objetivos, se debe tener en cuenta la Norma Peruana de Estructuras, donde se contempla los estudios de Mecánica de Suelos y Cimentaciones, así como los lineamientos para la seguridad de las edificaciones en casos de sismo. También se debe tener en cuenta el buen escurrimiento de las aguas pluviales, algo tan importante en nuestra ciudad. Si se hace caso omiso a estos criterios será inminente que se produzcan efectos negativos (rajaduras, asentamientos, etc.) en las edificaciones que se encuentren sobre suelos inestables o no aptos para la construcción.

5.7.3 Criterios de Ingeniería Vial y de Transporte

Las áreas destinadas al asentamiento de poblaciones deberán ser accesibles a los medios de transporte masivo, a través de vías estables, de interrelación y por razones de equipamiento a las fuentes de abastecimiento y energía. Hay un natural deseo de los pobladores de nuevas zonas urbanas a ubicarse en zonas cercanas al centro de la ciudad debido a la facilidad de contar con los diferentes servicios de agua, luz y desagüe, encontrar lugares de trabajo y acceso a medios de transporte.

Un elemento importante en el proceso de una buena planificación es la provisión de servicios (e infraestructura) de transporte. El transporte es un elemento, que facilita las actividades primarias de la comunidad (educativas, sociales, económicas, etc.). En consecuencia el planeamiento del transporte no debe limitarse únicamente a la satisfacción de la demanda de viajes, sino que debe tener en cuenta el propósito del viaje, así como el efecto combinado de todos estos viajes sobre la comunidad.

5.7.4 Criterios de Ingeniería Hidrológica e Hidráulica

Debido a la importancia que tiene la aparición del fenómeno de El Niño en el norte peruano, y el gran impacto que este causa en la ciudad de Piura; se pondrá especial interés en estudiar las diversas zonas donde se puedan asentar nuevos núcleos poblacionales. Es aquí donde aparece los criterios de Ingeniería Hidrológica e Hidráulica con los cuales se deberá estudiar profundamente los diversos factores que intervienen durante este fenómeno, tanto en la parte del análisis de tormentas, el cual es un factor muy importante pues de esto depende el dimensionamiento de las estructuras de drenaje que se analizan luego en la parte hidráulica. Con todos estos estudios se deberá evitar asentar poblaciones en aquellas áreas donde se compruebe peligros de deslizamientos de tierras, fallas geológicas activas, amenaza de desprendimientos, huaycos, desbordes de lagunas, ríos o cualquier otra causa que suponga peligros para la vida humana. En particular

en Piura debe evitarse los terrenos de cota baja, ya que ellos constituyen el lugar natural donde las aguas provenientes de los lugares altos vendrán a evacuarse.

5.7.5 Criterios de Ingeniería Sanitario Ambiental

Las poblaciones deberán ubicarse en una posición tal que evite necesariamente las áreas inundables, terrenos pantanosos, basurales, zonas de eliminación de desechos, afloraciones, emanaciones, nieblas intensas y permanentes u otros efectos que pongan en peligro la salud de las mismas. En particular en Piura la combinación de lagunas quietas con la temperatura ambiental generará altos riesgos de salud para la población adyacente. Por tales motivos se deberá tener un buen planeamiento de las diversas obras de drenaje, proyectándolo correctamente para una población futura, y con perfecto conocimiento de las construcciones que se realizaran en la zona, para evitar luego su saturación, y colapso. Todo plan de vivienda deberá contar con su respectiva planta de tratamiento de aguas servidas, la cual deberá atender las necesidades de la población actual y futura. En cuanto a la ubicación del relleno sanitario, este se debe hacer teniendo en cuenta la relación entre la zona en la que se colocará el relleno y la ubicación de viviendas aledañas a dicha zona.

La contaminación atmosférica y la contaminación por ruido son hechos que vienen sucediendo hace mucho en el país, sin darles mayor importancia. La ciudad de Piura no escapa a éstas clases de contaminación, es por eso que en el Planeamiento de la ciudad se debe contemplar un adecuado control y reglamentación, evitando así que el medio Ambiente de Piura continúe degradándose.

RESUMEN

- El departamento de Piura tiene una extensión de 35 892,49 K m² y una población aproximada de 1467600 habitantes. Es el segundo centro más poblado de nuestro país.
- La población que había en Piura en 1993 se ha incrementado en un 67% (578037 hab.) en el 2000 asentándose el 69% en Piura y el 31% en Castilla.
- En el departamento de Piura los dos principales problemas de los hogares son la posesión de viviendas inadecuadas (que refieren al material de las paredes y del piso) y la condición de hacinamiento en que viven un importante número de hogares.
- En 1700, se iniciaba la formación del casco central y expansión ribereña.
- En 1925, como producto del primer éxodo masivo de la población rural (Ayabaca-Morropón) hacia la ciudad de Piura, se formaron los primeros asentamientos marginales de esta ciudad (PP.JJ. Buenos Aires y Pachitea).
- Hacia 1950, se produce la formación marginal de la ciudad y expansión hacia el oeste y comienzos de la expansión hacia el norte, que se mantiene hasta la década del 60, con la expansión reciente en el área de Piura.
- La configuración que actualmente ofrece la ciudad de Piura, se enmarca gráficamente en un núcleo central seccionado por el río y 2 angostas franjas que se desarrollan en diferentes sentidos, con pequeñas deformaciones en sus extremos. Una de estas franjas, con una longitud de 7 Km., ubicada en el distrito de Piura, se orienta hacia el oeste y otra con 4 Km. de largo, ubicada en el distrito de Castilla, se orienta hacia el sur. Las deformaciones mencionadas están constituidas en la franja oeste por el P.J. "Santa Julia" y en la franja sur por el P.J. "El Indio".
- Los Asentamientos Humanos se originan por la invasión hecha por un grupo de personas, sobre un terreno que no estaba destinado en el futuro inmediato a ser habitado.
- En Piura, la formación de los Asentamientos Humanos es más o menos cíclica, y viene acompañada por periodos de lluvia fuerte producidos por la aparición del Fenómeno del Niño. En los últimos 30 años, los grandes Asentamientos Humanos fueron conformados entre los años 72-73, 80-83, 97-98.
- La planificación del desarrollo de la ciudad de Piura se plasma principalmente en un documento básico llamado Plan Director, el cual viene dado con proyecciones entre 10 y 15 años aproximadamente.
- Este documento es elaborado por la Municipalidad de Piura tomando en cuenta los alcances dados por el Ministerio de Vivienda, y del Concejo Transitorio de Administración Regional y de los diferentes protagonistas de la ciudad como son las diferentes universidades y colegios profesionales existentes.

- Es muy importante al momento de elaborar un Plan Director, tomar en cuenta los diversos criterios que se emplearán para el adecuado Desarrollo de la ciudad. Estos criterios, tienen fundamental importancia, sobre todo en la ciudad de Piura por encontrarse en una zona propensa a sufrir movimientos sísmicos, así como la presencia cada vez menos esporádica del fenómeno de El Niño. E stos dos eventos de la naturaleza, sumados a los creados por el hombre, como son la contaminación ambiental y el inadecuado manejo del transporte son los problemas que deben ser contemplados con mucho detenimiento al momento de realizar el Plan Director.
- El marco físico geográfico donde se distribuirá las viviendas, planteado dentro del Desarrollo Urbano de la ciudad será de tal modo que permita el asentamiento seguro de poblaciones, para esto deberá contar con los estudios de las diferentes ciencias de la Ingeniería, tal como se ha visto en los capítulos anteriores.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es muy importante saber que la zona de Piura se encuentra en una zona sísmica, presenta predominancia de arenas finas a medias en estado suelto y un nivel freático alto, por consiguiente es muy probable ante la ocurrencia de un fenómeno sísmico de magnitud mayor o igual que grado 7 se produzca el fenómeno de licuación, de graves consecuencias para la población.

Es por ello que todo diseño debe considerar un factor de sismicidad adecuado teniendo en cuenta que el suelo constituye un elemento de primordial importancia para la ejecución de cualquier obra o proyecto de construcción. Es necesario considerar ensayos SPT, antes de iniciar cualquier tipo de construcción, pues nos permite conocer entre otras cosas: la naturaleza y secuencia de los estratos, las condiciones de agua subterránea, presiones admisibles; así como si el suelo es o no potencialmente licuable.

Los sectores de la ciudad ubicados al oeste de la Avenida Gullman y al norte de la Avenida Panamericana, no presentan potencial de licuación, debido a la mayor profundidad del nivel freático. Es hacia estas zonas donde se debe incentivar la creación de nuevos núcleos urbanos.

La zona sur de la ciudad, cerca al final del dren Sullana (AA.HH. Manuel Scorza, Jorge Basadre y Víctor Raúl), presentan potencial de licuación, principalmente por la presencia de niveles freáticos poco profundos y por las características del suelo, propias de un material aluvial.

El desarrollo urbano de la ciudad involucra definitivamente a la Ingeniería de Transportes. La jerarquización vial es un instrumento básico para la planeación y gestión de la infraestructura pública vial terrestre que facilita la correspondencia entre las necesidades de los usuarios del transporte y del tránsito.

En pavimentos flexibles se tiene que estudiar la naturaleza hidrofílica de los agregados utilizados en las mezclas asfálticas en la región y que fallan por adherencia, además de la existencia técnica deficiente en el tratamiento de mezclas asfálticas en frío.

Los pavimentos de concreto por otro lado, se deben tener especial cuidado para evitar las fallas en las juntas, ya sea por un mal sellado o por la deficiente disposición de losas que no garantizan una adecuada transferencia de carga. El tratamiento de bases acorde con la naturaleza de nuestro suelo es otro factor que debe dársele la debida atención.

Es necesario dotar a la ciudad de Piura de un terminal terrestre principal para transporte interprovincial y dos complementarios que permitirá reubicar a las empresas de transporte interurbano.

Es necesario diseñar un sistema de transporte eficiente, seguro y rentable. Se tiene que tener en cuenta, que a mayor oferta, menor es la calidad de servicio, premisa que regula el sistema de transporte.

En términos técnicos de congestión y relación oferta-demanda, se aprecia una marcada diferencia que sustenta el hecho de que los trimóviles circulen sólo donde no existe o sea deficiente el transporte masivo. Para lograr este objetivo se deben definir áreas rígidas que sean fáciles de controlar por parte de la Municipalidad y la Policía Nacional. Las ordenanzas deben ser claras por cuanto las disposiciones complicadas son contraproducentes y no se respetan.

Es necesario a la hora de realizar proyectos de nuevas vías, contar con un criterio claro de drenaje pluvial, sobretodo en nuestra ciudad cuya topografía es propensa a inundaciones. Un mal "drenaje pluvial" afecta todas las actividades humanas (económicas, recreativas, turismo, transportes, etc.), al verse afectada seriamente las vías de comunicación.

Se debe contar con un conocimiento exacto de la topografía de la zona, que será muy útil para determinar las cotas del terreno, el ancho de vías y las pendientes que contribuirán también a definir los caudales de evacuación de aguas pluviales. Al momento de diseñar, se debe tener un buen criterio hidráulico que tome los datos hidrológicos y topográficos para proyectar las obras hidráulicas que garanticen el drenaje de la ciudad.

La forma más común de analizar los eventos lluviosos esperados, es utilizar una tormenta de diseño o un evento que involucre una relación entre la intensidad de lluvia, la duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados para la obra y el sitio es decir empleando las curvas: Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF). Así mismo, los caudales pluviales deben ser analizados no solo en función de la intensidad de la lluvia, sino, además, de la topografía del terreno, de la condiciones urbanísticas y del tamaño de las cuencas.

Entonces, como se puede apreciar, en todo proyecto de drenaje urbano se debe ejecutar sin carácter limitativo los siguientes estudios de: topografía, hidrología, suelos, hidráulica, impacto ambiental, compatibilidad de uso y finalmente una evaluación económica de operación y mantenimiento. Es importante además, al momento de presentar una propuesta de drenaje pluvial, el presentar la compatibilidad de dicho plan con los demás servicios que se brindan en la ciudad como son agua, luz, teléfono, alcantarillado, etc.

Uno de los graves problemas que afronta la ciudad de Piura en lo relacionado al Medio Ambiente y su conservación, la contaminación producida por residuos sólidos que se viene viviendo, esto se debe a una inadecuada gestión en el proceso del tratamiento de la

basura en la ciudad. Se debe buscar que los resultados de la gestión ambiental en el manejo de residuos sólidos, sea la más adecuada, desde el punto de vista sanitario, ambiental y económico. Para lograrlo, se debe tratar que la disposición final de residuos sólidos urbanos sea la resultante de un proceso lógico producto de la concentración de los recursos económicos y la tecnología disponible.

En cuanto a la contaminación producida por residuos líquidos, se debe igualmente al inadecuado tratamiento que se le da al desagüe de la ciudad. El Fenómeno del Niño del año 1998, puso al descubierto la mala situación de las estructuras sanitarias, cuyo colapso se preveía altamente probable con anterioridad al fenómeno.

El departamento de Piura cuenta con 16 sistemas de lagunas construidos para el tratamiento de las aguas residuales urbanas. Este número, aun en el caso de operar correctamente se muestra insuficiente para hacer frente a la producción de aguas negras. Debido a este problema, una significativa proporción de aguas residuales son emitidas a los Ríos Chira y Piura y al mar, a través o no de emisores submarinos creando situaciones altamente desagradables y sanitariamente insostenibles.

Una referencia puede ser la de 4 a 6 Ha por cada 10000 a 15000 habitantes dependiendo de las tasas de agua potable asignadas a cada persona por día.

La contaminación del aire, en la ciudad de Piura, se debe a la falta de normas que regulen la emisión de sustancias tóxicas al medio ambiente, o que en todo caso se pongan en práctica.

La contaminación por ruido en Piura se debe igualmente a la falta de adecuada reglamentación. Al igual que todos los contaminantes, la contaminación por ruido reduce la calidad de vida y produce un riesgo significativo en la salud. A pesar de esto, es poco lo que se tiene sobre una de las fuentes de ruido más populares en nuestro medio ambiente, el tráfico vehicular.

Todos estos problemas, deben ser tomados en cuenta al momento de realizar el Planeamiento de la ciudad, es imprescindible realizar los estudios de ingeniería correspondientes para cada caso. La población de la ciudad se viene incrementando sustancialmente, en el año 2000 se ha incrementado en un 67% (578037 hab.) con respecto a la del año 1993 asentándose el 69% en Piura y el 31% en Castilla.

En el departamento de Piura los dos principales problemas de los hogares son la posesión de viviendas inadecuadas (que refieren al material de las paredes y del piso) y la condición de hacinamiento en que viven un importante número de hogares.

La configuración que actualmente ofrece la ciudad de Piura, se enmarca gráficamente en un núcleo central seccionado por el río y 2 angostas franjas que se desarrollan en diferentes sentidos, con pequeñas deformaciones en sus extremos. Una de estas franjas, con una longitud de 7 Km., ubicada en el distrito de Piura, se orienta hacia el oeste y otra con 4 Km. de largo, ubicada en el distrito de Castilla, se orienta hacia el sur. Las deformaciones mencionadas están constituidas en la franja oeste por el P.J. "Santa Julia" y en la franja sur por el P.J. "El Indio".

Es necesario que en el Planeamiento de la Ciudad se tome con especial cuidado el tema de la formación de Asentamientos Humanos, estos como es sabido, se originan por la

invasión hecha por un grupo de personas, sobre un terreno que no estaba destinado en el futuro inmediato a ser habitado, por tal motivo, frecuentemente se ubican en zonas que presentan peligros potenciales de inundación, licuación de arenas frente a un evento sísmico, contaminación ambiental de diferente índole; tanto de residuos sólidos, líquidos, emanaciones contaminantes, etc.

En Piura, la formación de los Asentamientos Humanos es más o menos cíclica, y viene acompañada por periodos de lluvia fuerte producidos por la aparición del Fenómeno del Niño. En los últimos 30 años, los grandes Asentamientos Humanos fueron conformados entre los años 72-73, 80-83, 97-98.

Como se ha venido diciendo, la planificación del desarrollo de la Ciudad de Piura se plasma principalmente en un documento básico llamado Plan Director, el cual viene dado con proyecciones entre 10 y 15 años aproximadamente. Este documento es elaborado por la Municipalidad de Piura tomando en cuenta los alcances dados por el Ministerio de Vivienda, y del Consejo Transitorio de Administración Regional y de los diferentes protagonistas de la ciudad como son las diferentes universidades y colegios profesionales existentes. Es muy importante al momento de elaborar un Plan Director, tomar en cuenta los diversos criterios que se emplearán para el adecuado desarrollo de la ciudad. Estos criterios, tienen fundamental importancia, sobre todo en la Ciudad de Piura por encontrarse en una zona propensa a sufrir movimientos sísmicos, así como la presencia cada vez menos esporádica del fenómeno de El Niño. Estos dos eventos de la naturaleza, sumados a los creados por el hombre, como son la contaminación ambiental y el inadecuado manejo del transporte son los problemas que deben ser contemplados con mucho detenimiento al momento de realizar el Plan Director.

El marco físico geográfico donde se distribuirá las viviendas, planteado dentro del Desarrollo Urbano de la ciudad será de tal modo que permita el asentamiento de poblaciones, para esto deberá contar con los estudios de las diferentes ciencias de la Ingeniería, las principales de ellas vistas en el presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Universidad de Piura; “Estudio de Transporte de los distritos de Piura y Castilla; Resumen Técnico”; 1994.
- Ven Te Chow; “Hidrología Aplicada”; 1994.
- Ray K. Linsley; “Ingeniería de los Recursos Hidráulicos”; 1976.
- Ray K. Linsley; “Hidrología para Ingenieros”; 1986.
- Ven Te Chow; “Hidrología de los Canales Abiertos”; 1982.
- Organización Panamericana de la Salud; “Criterios de salud ambiental: El ruido-Mexico”; 1980.
- Jordi Viñolas Prat; “Contaminación por ruido: Formulación del problema y de las medidas a adoptar para reducir sus efectos”; Ponce.inter.edu/whoiswho/organiza/abacus/ismael/ruido.html.
- Water environment Federation American Society of Civil Engineers; “Design and Construction of Urban Stormwater Management system”; 1992.
- Carlo Cao, Ben Chie Yen, Marcello Benedini; “Urban Storm Drainage”; 1993.
- Louis A. Robb; “Diccionario para Ingenieros”; 1968.
- Concejo Nacional del Ambiente; “Límites máximos permisibles de emisiones contaminantes para vehículos automotores que circulen en la red vial”; 2001.
- Ministerio de Transportes Comunicación Vivienda y Construcción; “Norma Técnica de Edificación S.110 Drenaje Pluvial Urbano”; 2001.
- Capitulo Peruano del ACI; “Norma Peruana de Estructuras”; 2001.
- Municipalidad Provincial de Piura Dirección de Planeamiento Urbano; “Estudio Integral de Evacuación de la Ciudad de Piura: Cotas y Rasantes”; Informe Final; 2002.
- Ignacio Benavent Trullenque; “Evaluación de los sistemas de Lagunas de Estabilización del departamento de Piura”; 2002.
- Cámara Peruana de la Construcción; “Reglamento Nacional de Construcciones”; 1996.
- Universidad de Piura; “Proyecto Integral de Aguas Pluviales de las ciudades de Piura y Castilla”; Memoria; 1994.
- Jaime Ardila Ramírez; “Determinación de tormentas de diseño para el departamenteo de Piura”; 2001.
- Juan Carlos Chiroque Molero; “Caracterización de los suelos de Piura usando ensayos SPT”; 1995.
- César Pinto Zegarra; “Identificación de zonas con potencial de licuación de suelos en la ciudad de Piura con ensayos SPT”; 1999.