

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
<b>1 DESARROLLO SUSTENTABLE EN LA INGENIERÍA CIVIL.....</b>	<b>5</b>
1.1 LA INGENIERÍA CIVIL TRADICIONAL.....	5
1.2 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL ACTUAL .....	8
1.3 LA INGENIERÍA CIVIL Y LA SUSTENTABILIDAD.....	14
<b>2 PRINCIPIOS PARA LA INTEGRACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD EN LOS PROYECTOS DE INGENIERÍA.....</b>	<b>21</b>
2.1 EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE .....	21
2.1.1 <i>Sistemas Tradicionales vs Sistemas de Edificación de Alto Rendimiento .....</i>	<i>22</i>
2.1.2 <i>Ejecución del Proyecto de Construcción Sustentable .....</i>	<i>24</i>
2.1.3 <i>El Papel del Propietario .....</i>	<i>25</i>
2.2 EL PROCESO DE DISEÑO INTEGRAL (IDP) .....	26
2.2.1 <i>El Proceso de Diseño Convencional .....</i>	<i>27</i>
2.2.2 <i>El Proceso de Diseño Integral.....</i>	<i>28</i>
2.2.3 <i>Elementos Principales del IDP .....</i>	<i>29</i>
2.2.4 <i>Pasos de un IDP.....</i>	<i>30</i>
2.2.5 <i>Etapas Técnicas de un IDP .....</i>	<i>31</i>
2.3 CERTIFICACIÓN DE EDIFICIOS SUSTENTABLES .....	37
2.3.1 <i>LEED.....</i>	<i>39</i>
2.3.2 <i>BREEAM.....</i>	<i>41</i>
2.3.3 <i>CASBEE .....</i>	<i>42</i>
2.3.4 <i>GREEN STAR .....</i>	<i>43</i>
<b>3 CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD EN EL USO DE ENERGÍA.....</b>	<b>45</b>
3.1 ESTRATEGIAS PARA UN DISEÑO DE ALTO RENDIMIENTO ENERGÉTICO .....	47

3.2 DISEÑO PASIVO .....	48
3.3 REDUCCIÓN Y CONTROL DE CARGAS INTERNAS .....	51
3.4 SISTEMAS MECÁNICOS.....	52
3.4.1 <i>Enfriadores</i> .....	52
3.4.2 <i>Sistemas de Distribución de Aire</i> .....	53
3.4.3 <i>Sistemas de Recuperación de Energía</i> .....	54
3.5 SISTEMAS SOLARES DE CALEFACCIÓN DE AGUA .....	56
3.6 SISTEMAS ELÉCTRICOS Y MOTORES .....	57
3.6.1 <i>Sistemas de Iluminación</i> .....	57
3.6.2 <i>Sistemas de Control de Iluminación</i> .....	60
3.6.3 <i>Motores Eléctricos</i> .....	60
3.7 TECNOLOGÍAS VANGUARDISTAS EN LA OPTIMIZACIÓN DE ENERGÍA.....	61
3.7.1 <i>Enfriamiento por Radiación</i> .....	61
3.7.2 <i>Sistemas Geotérmicos</i> .....	62
3.7.3 <i>Energías Renovables</i> .....	63
3.8 EDIFICIOS INTELIGENTES Y SISTEMA DE CONTROL DE ENERGÍA .....	66
<b>4 CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD EN EL USO DE AGUA.....</b>	<b>69</b>
4.1 ESTRATEGIA DEL SISTEMA HIDROLÓGICO DEL EDIFICIO.....	70
4.2 ESTRATEGIA PARA EL CONTROL DE AGUA EN EL EDIFICIO .....	72
4.2.1 <i>Dispositivos de Bajo Flujo</i> .....	72
4.2.2 <i>Captación de Agua de Lluvia</i> .....	74
4.2.3 <i>Sistemas de Aguas Grises</i> .....	76
4.3 ESTRATEGIA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN EL EDIFICIO .....	77
4.3.1 <i>Humedales artificiales</i> .....	77
4.3.2 <i>Máquinas Vivas</i> .....	79
4.4 ESTRATEGIA PARA EL USO EFICIENTE DE AGUA EN JARDINERÍA .....	80
<b>5 CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD EN EL USO DE SUELO Y PAISAJE .....</b>	<b>81</b>
5.1 ELEMENTOS SUSTENTABLES EN EDIFICACIONES.....	81
5.2 ASPECTOS DE USO DEL SUELO.....	82
5.3 CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS.....	83
5.4 PAISAJE SUSTENTABLE .....	83
5.5 JARDÍN VERTICAL .....	85
5.6 SISTEMAS DE CONTROL DE AGUA PLUVIAL .....	86

5.6.1	<i>Azoteas Verdes</i> .....	87
5.6.2	<i>Concreto Permeable</i> .....	88
5.7	SISTEMAS DE BIORRETENCIÓN .....	89
5.8	MITIGACIÓN DEL EFECTO ISLA DE CALOR.....	91
5.9	REDUCCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y TRASPASO LUMINOSO.....	92
<b>6</b>	<b>CRITERIOS DE SUSTENTABILIDAD EN EL USO DE MATERIALES .....</b>	<b>93</b>
6.1	DEFINICIÓN DE MATERIALES/ PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLES .....	94
6.2	CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MATERIALES/ PRODUCTOS DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLES .....	95
6.3	EVALUACIÓN DEL CICLO DE VIDA .....	97
6.4	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN .....	99
6.4.1	<i>Concreto</i> .....	99
6.4.2	<i>Metales</i> .....	102
6.4.3	<i>Madera</i> .....	106
6.4.4	<i>Plásticos</i> .....	108
6.4.5	<i>Biomateriales</i> .....	112
6.5	DISEÑAR PARA LA DECONSTRUCCIÓN Y EL DESMONTAJE.....	113
<b>7</b>	<b>ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS PROYECTOS DE EDIFICACIÓN SUSTENTABLE.....</b>	<b>115</b>
7.1	ENFOQUE GENERAL.....	117
7.2	ASPECTOS DE MERCADO .....	119
7.3	ASPECTOS ECONÓMICOS .....	120
7.4	CUANTIFICACIÓN DE COSTOS Y BENEFICIOS .....	121
7.4.1	<i>Energía</i> .....	121
7.4.2	<i>Agua</i> .....	122
7.4.3	<i>Salud y Productividad</i> .....	124
7.4.4	<i>Puesta en Marcha</i> .....	124
7.5	CONTROL DE COSTOS INICIALES .....	125
7.6	CASO ESTUDIO. TORRE HSBC .....	128
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>133</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>137</b>



# ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.1</b> Etapas de un proyecto .....	5
<b>Figura 1.2</b> Presa "El Capulín".....	6
<b>Figura 1.3</b> Las tres esferas de la sustentabilidad.....	15
<b>Figura 1.4</b> Esquema para la construcción sustentable.....	18
<b>Figura 2.1</b> Oportunidades de cambio y el proceso de diseño.....	29
<b>Figura 2.2</b> Diagrama del IDP.....	32
<b>Figura 2.3</b> Nivel de sustentabilidad de un edificio bajo el esquema CASBEE.....	43
<b>Figura 3.1</b> Diseño de la remodelación de la Casa York.....	46
<b>Figura 3.2</b> <i>Hipercentro verde</i> , Milán, Italia.....	48
<b>Figura 3.3</b> Sistema de aire acondicionado: ventilación por desplazamiento.....	54
<b>Figura 3.4</b> Sensor entálpico.....	55
<b>Figura 3.5</b> Tipos de calentadores solares.....	56
<b>Figura 3.6</b> El <i>Yas Hotel</i> .....	57
<b>Figura 3.7</b> El foco LED GE <i>Energy Smart</i> .....	58
<b>Figura 3.8</b> Fibra óptica subacuática.....	59
<b>Figura 3.9</b> Esquema de un sistema de enfriamiento por radiación.....	62
<b>Figura 3.10</b> Disposición de tuberías en los sistemas geotérmicos.....	63
<b>Figura 3.11</b> Tipos de cristales en la tecnología <i>BIPV</i> .....	64
<b>Figura 3.12</b> Tipos de sistemas eólicos.....	64
<b>Figura 3.13</b> Esquema del funcionamiento de una celda de combustible....	65
<b>Figura 4.1</b> Fluxómetro de doble descarga.....	73
<b>Figura 4.2</b> Elementos de un sistema de captación de agua pluvial.....	74
<b>Figura 4.3</b> Corte transversal esquemático de un humedal artificial.....	78
<b>Figura 4.4</b> Living Machine, edificio <i>EcoCentre</i> .....	79

<b>Figura 5.1</b>	Museo de la calle Branly, Paris.....	85
<b>Figura 5.2</b>	Capas que integran un sistema de azotea verde.....	88
<b>Figura 5.3</b>	Concreto permeable.....	89
<b>Figura 5.4</b>	Sistemas de bioretención.....	90
<b>Figura 5.5</b>	Corte transversal de una cuenca de retención.....	90
<b>Figura 6.1</b>	Diagrama del ciclo de vida de un material.....	97
<b>Figura 6.2</b>	Codificación de los plásticos.....	109
<b>Figura 7.1</b>	Torre HSBC.....	129
<b>Figura 7.2</b>	Contenedores para la separación de 5 tipos de residuos, y azotea verde.....	130

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
<b>Tabla 1.1</b> Principios de la construcción sustentable.....	17
<b>Tabla 2.1</b> Categorías de LEED-NC 2009.....	40
<b>Tabla 2.2</b> Niveles de certificación LEED-NC 2009.....	40
<b>Tabla 2.3</b> Niveles de certificación de GREEN STAR.....	44
<b>Tabla 6.1</b> Efectos de los SCM en las propiedades de concreto fresco.....	100
<b>Tabla 6.2</b> Efectos de los SCM en las propiedades de concreto endurecido	101
<b>Tabla 6.3</b> Características de los metales.....	104
<b>Tabla 6.4</b> Tipos de plásticos más usados en la construcción.....	110
<b>Tabla 6.5</b> Biomateriales y sus insumos.....	112
<b>Tabla 7.1</b> Costos adicionales dependiendo del nivel de certificación LEED-NC.....	117
<b>Tabla 7.2</b> Ahorros en diversas categorías para edificios LEED certificados	118
<b>Tabla 7.3</b> Comparación entre el rendimiento energético entre un edificio base y un edificio sustentable.....	122
<b>Tabla 7.4</b> Análisis de ahorros debidos a la instalación de mingitorios secos en lugar de mingitorios de descarga.....	122
<b>Tabla 7.5</b> Costos de puesta en marcha para proyectos de construcción sustentable.....	125