



Escola Politècnica Superior  
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## **MÁSTER EN EDIFICACIÓN TESINA FINAL DE MÁSTER**

**HACIA UN MODELO ENERGÉTICO SOSTENIBLE PARA LOS PAÍSES DEL  
GOLFO MEDIANTE EL ESTUDIO DE UN CASO PRÁCTICO EN LOS  
SOUTHERN BIOMES (OMAN BOTANICAL GARDEN)**

**Estudiante: Pablo Jaureguierry Stagnaro**

**Director: Dr. José Manuel Gómez Soberón**

**Convocatoria: Barcelona Octubre 2012**





La obra se distribuye bajo los términos y condiciones de la presente licencia pública de **Creative Commons** ("ccpl" o "licencia"). La obra está protegida por la ley del derecho de autor y/o por cualquier otra ley que resulte aplicable. Cualquier uso distinto del autorizado por la presente licencia o por la ley del derecho de autor está prohibido.

Se entiende que por el mero ejercicio de cualquiera de los derechos aquí previstos sobre la obra, usted acepta y se obliga bajo los términos y condiciones de la presente licencia. El licenciante le otorga los derechos aquí descritos considerando la aceptación por su parte de dichos términos y condiciones.



# **MÁSTER EN EDIFICACIÓN TESINA FINAL DE MÁSTER**

## **HACIA UN MODELO ENERGÉTICO SOSTENIBLE PARA LOS PAÍSES DEL GOLFO MEDIANTE EL ESTUDIO DE UN CASO PRÁCTICO EN LOS SOUTHERN BIOMES (OMAN BOTANICAL GARDEN)**

Tesina presentada al Máster Universitario Oficial en Edificación de la Universitat Politècnica de Catalunya – UPC, como parte de los requisitos para la obtención del título de Máster en Edificación en la especialidad de Tecnología.

**Estudiante: Pablo Jaureguiberry Stagnaro**

**Director: Dr. José Manuel Gómez Soberón**

**Convocatoria: Barcelona Octubre 2012**



*"You have to know the past  
to understand the future".*

**Carl Sagan**

## RESUMEN

La necesidad de incluir e implantar criterios de sostenibilidad en el sector de la edificación se ha convertido en uno de los mayores desafíos a largo plazo que debe afrontar la humanidad en este siglo. El gran impacto ambiental que representa el sector, nos ha llevado durante estos últimos años a crear diversas herramientas de evaluación medioambiental a la tipología de edificios más comunes, y lo que empezó centrándose en el análisis del ahorro energético se ha extendido hasta englobar cuestiones medioambientales, ecológicas y de la salud.

El alto y rápido desarrollo económico durante los últimos años en la región de los países del Golfo, y en el caso particular del Sultanato de Omán, con un crecimiento de demanda anual energética del 18% (A.Al-Badi, 2009) debido especialmente al aumento de su población, aumento de los ingresos de sus ciudadanos y a una nueva política de diversificación del país, hacia nuevos y grandes proyectos industriales y turísticos (la gran mayoría sin criterios de protección medioambiental), nos obliga a evaluar los diferentes sistemas de certificación Green Building más utilizados en la práctica a nivel mundial, así como los ya existentes en algunos países de la región, con el fin de adecuar y conseguir una base común con el objetivo de garantizar la apuesta del país hacia un modelo energético sostenible.

Con el objetivo de lograr lo anterior, y en línea con lo ya estudiado en otros proyectos Finales de Maestría (Ramallo, 2011), se realizará en un primer lugar un análisis de las herramientas de certificación más empleadas a nivel mundial desde el punto de vista organizativo, funcional y técnico; LEED desarrollado por el USGBC, BREEAM desarrollado por BRE, CASBEE desarrollado por IBEC, AQUA desarrollado por la Fundación Vanzolini, dos herramientas ya existentes en la región del Golfo: ESTIDAMA desarrollado por ADUPC (Abu Dhabi) y QSAS desarrollado por GORD (Qatar) y una tercera que no llegó a implantarse: BREEM Gulf desarrollada por BRE. Por medio del método analítico jerárquico y en base al contexto de la región, se corroborará que la mejor opción hacia un modelo inicial para la región será ESTIDAMA, siendo ésta una herramienta dinámica y fuerte basada en ambas LEED y BREEAM y la cuál evalúa muy acuradamente las categorías esenciales requeridas en la región.

**Palabras clave:** Green building, impacto ambiental, certificación medioambiental, modelo energético sostenible, método analítico jerárquico.

## ABSTRACT

The need to include and implement sustainability criteria in the building sector has become one of the greatest long-term challenges humankind has to face in this century. The huge environmental impact that the sector represents, has led us in recent years to create various environmental assessment tools for the most common buildings typologies, and which began focusing only on the energy saving analysis, has extended to include environmental, ecological and health and well-being issues.

The high and rapid economic development during the past years in the Persian Gulf countries, and in the particular case of the Sultanate of Oman, with an annual energy demand growth of 18% (A.Al-Badi, 2009) mainly due to the increase in its population, increase of income of its citizens and a new diversification policy towards new and big industrial and tourist projects (the vast majority without environmental protection criteria), has led us to evaluate the different Green Building assessment tools most commonly used at a global level, as well as the existing tools in the region, in order to adapt and achieve a common baseline with the aim of ensuring the country's commitment to a more sustainable energy model.

In order to achieve this, and in line with previous studies in other master's thesis (Ramallo, 2011), a first comparison analysis of the most common worldwide assessment tools will be carried out from the organizational, functional and technical point of view: LEED developed by USGBC, BREEAM developed by BRE, CASBEE developed by IBEC, AQUA, developed by the Vanzolini Foundation, ESTIDAMA developed by ADUPC (Abu Dhabi), QSAS developed by GORD (Qatar) and BREEM Gulf developed by BRE. Through an analytical method comparison based on the region's context, it is corroborated that the best option for an initial model is ESTIDAMA, being a very dynamic and strong tool based on both LEED and BREEAM and which evaluates very accurately the essential categories required within the region.

**Key words:** Green building, environmental impact, environmental certification, sustainable energy model, analytical method.



## INDICE

### GLOSARIO

1	INTRODUCCIÓN .....	15
1.1	OBJETIVOS.....	17
1.1.1	Objetivos Generales.....	17
1.1.2	Objetivos Específicos.....	17
1.1.3	Objetivos Personales .....	17
1.2	ANTECEDENTES .....	18
1.2.1	El sector de la construcción y el cambio climático .....	18
2	ESTADO DEL ARTE.....	23
2.1	INTRODUCCIÓN .....	23
2.1.1	Plan Abu Dhabi 2030 (Urban Structure Framework Plan) .....	26
2.1.2	Qatar National Vision 2030 .....	30
2.2	EDIFICACIÓN SOSTENIBLE – EDIFICIOS “GREEN BUILDING” .....	32
2.3	EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL PROCESO DE INCLUSIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD Y EVALUACIÓN DE LA MISMA EN EL PROCESO EDIFICATORIO .....	35
2.3.1	Evaluación de la sostenibilidad en la edificación .....	38
2.3.1.1	Sistemas de evaluación .....	38
2.3.1.1.1	Tipos de certificaciones .....	42
2.3.1.1.1.1	Certificación con carácter de voluntariedad.....	45
2.3.1.1.1.2	Grupos Promotores .....	45
2.3.1.2	Principales características y retos de los sistemas de evaluación en las edificaciones.....	46
2.3.2	Programas de Eco Etiquetado y Consejos “Green Building” .....	49
2.3.2.1	ECOLABELINDEX.COM.....	49
2.3.2.2	Consejos “Green Building” .....	51
2.3.2.2.1	WORLD GREEN BUILDING COUNCIL .....	51
2.3.2.2.2	SB ALLIANCE.....	52
2.3.3	Estándares en edificaciones sostenibles .....	54
2.3.4	Herramientas de evaluación (Programas informáticos) .....	57
2.3.4.1	Herramientas de evaluación ambiental basadas en el ACV.....	58
2.3.4.2	Herramientas de evaluación del comportamiento energético.....	61
2.4	CERTIFICACIONES GREEN BUILDING.....	65
2.4.1	Sistemas de evaluación de la sostenibilidad en la edificación.....	67
2.4.1.1	Sistemas de referencia en el entorno de la edificación sostenible ..	68

3	METODOLOGÍA .....	73
3.1	LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN – LEED .....	73
3.1.1	Modelo de funcionamiento .....	75
3.1.1.1	Funciones Administrativas- funcionales.....	76
3.2	BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT – BRE .....	83
3.2.1	Descripción .....	83
3.2.2	Modelo de funcionamiento .....	86
3.2.2.1	Funciones Administrativas – funcionales.....	86
3.2.2.2	Funciones técnicas .....	88
3.3	COMPREHENSIVE ASSESSMENT SYSTEM FOR BUILDING ENVIROMENTAL EFFICIENCY – CASBEE .....	95
3.3.1	Descripción .....	95
3.3.2	Modelo de funcionamiento .....	96
3.3.2.1	Funciones Administrativas-funcionales.....	97
3.3.2.2	Funciones Técnicas .....	102
3.4	ALTA CALIDAD AMBIENTAL EN SU EMPRENDIMIENTO – AQUA .....	113
3.4.1	Descripción .....	113
3.4.2	Modelo de funcionamiento .....	113
3.4.2.1	Funciones Administrativas-funcionales.....	113
3.4.2.2	Funciones Técnicas .....	115
3.5	ESTIDAMA.....	121
3.5.1	Descripción .....	121
3.5.2	Modelo de funcionamiento .....	122
3.5.2.1	Pearl Building Rating System .....	123
3.5.3	Funciones administrativas – funcionales .....	124
3.5.3.1	Pearl Villa Raring System (PVRs).....	124
3.6	QATAR SUSTAINABILY ASSESSMENT SYSTEM – QSAS.....	163
3.6.1	Descripción y filosofía .....	163
3.6.2	Modelo de funcionamiento .....	166
3.6.2.1	Medición y certificación de niveles.....	166
3.6.2.2	Recursos QSAS.....	168
3.6.2.3	Verificación Diseño QSAS .....	172
3.6.2.4	Tipologías .....	173
3.6.3	QSAS Residencial.....	177
3.6.3.1	Descripción .....	177
3.7	BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT FOR ENVIRONMENTAL ASSESSMENT METHOD – BREEAM GULF .....	182

3.7.1	Descripción .....	182
3.7.2	Modelo de funcionamiento .....	184
3.8	.....	193
4	CASO DE ESTUDIO.....	195
4.1	MODELO ENERGÉTICO DE LA REGIÓN DEL GOLFO PÉRSICO .....	195
4.1.1	Generación electricidad en los países GCC y emisiones CO <sub>2</sub> .....	196
4.1.2	Producción y consumo de energía en los países del Golfo .....	200
4.1.3	Producción y consumo de agua en los países del Golfo .....	201
4.2	ESTUDIOS ACADÉMICOS EN SOSTENIBILIDAD EN EL SULTANATO DE OMÁN.....	204
4.2.1	Introducción.....	204
4.2.2	Fuentes renovables de energía en Omán.....	205
4.2.3	Otros estudios realizados en materia de sostenibilidad.....	206
4.2.3.1	Reúso de aguas grises .....	206
4.2.4	Gestión de residuos .....	207
4.2.5	Mecanismos de financiación .....	207
4.2.6	Oportunidades y barreras en las energías renovables .....	209
4.2.7	Perspectivas de futuro .....	210
4.3	ARQUITECTURA TRADICIONAL OMANÍ.....	210
5	PROYECTOS MÁS RELEVANTES.....	213
5.2	MASDAR CITY – ABU DHABI (EMIRATOS ÁRABES) .....	214
5.3	LUSAIL CITY – DOHA (QATAR) .....	218
5.5	SOUTHERN BIOMES – OMAN BOTANICAL GARDEN .....	221
6	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS HERRAMIENTAS DE CERTIFICACIÓN ..	225
6.1	INTRODUCCIÓN AL MÉTODO .....	225
6.2	ANÁLISIS COMPARATIVO .....	225
6.2.1	Comparación administrativo – funcional (operativo) .....	226
6.2.2	Comparación técnica .....	233
6.3	MÉTODO PARA LA PROPOSICIÓN.....	246
6.3.1	Introducción al modelo MCE (Multi-criteria Evaluation) .....	250
6.3.1.1	Proceso Analítico Jerárquico (AHP – PAJ).....	252
7	MODELO PRELIMINAR .....	267
7.1	DESCRIPCIÓN .....	267
7.2	MODELO DE FUNCIONAMIENTO.....	269
7.2.1	Administrativo-funcional.....	269
7.2.2	Técnico.....	269
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	271

8.1	GENERALES .....	271
8.2	PARTICULARES .....	271
8.3	PERSONALES.....	274
9	BIBLIOGRAFÍA.....	277

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Tasa de crecimiento poblacional Península Arábica.....	19
Figura 2.1	Sub división del desarrollo sostenible. ....	24
Figura 2.2	Diseño conceptual de la futura ciudad de Abu Dhabi.....	27
Figura 2.3	Sistemas de protección del entorno natural en Abu Dhabi. ....	28
Figura 2.4	Tonos en el diseño verde .....	34
Figura 2.5	Sistemas evaluación.....	39
Figura 2.6	Diferencia de certificación de un producto y de un sistema .....	44
Figura 2.7	Ejemplos Eco Etiquetas.....	50
Figura 2.8	Porcentajes de sectores ocupados en Ecoindex.....	50
Figura 2.9	Indicadores fundamentales acordados por la SB Alliance .....	53
Figura 2.10	Sistemas asociados a SB Alliance. Fuente: (Ramallo, 2011) .....	53
Figura 2.11	Clasificación sistemas de herramientas de evaluación .....	58
Figura 2.12	Tres perspectivas sobre el proyecto ecológico. ....	66
Figura 2.13	Sistemas de evaluación europeos.....	68
Figura 2.14	Sistemas de evaluación mundiales .....	70
Figura 3.1	Distintas Herramientas de LEED.....	75
Figura 3.2	Funcionamiento de LEED.....	76
Figura 3.3	Ejemplo de etiqueta de certificación LEED. ....	79
Figura 3.4	Posibles niveles de certificación LEED .....	80
Figura 3.5	Porcentajes de categorías LEED Hogares.....	82
Figura 3.6	Orden cronológico de la historia de BRE .....	83
Figura 3.7	Herramientas BREEAM.....	85
Figura 3.8	Herramientas BREEAM.....	87
Figura 3.9	Sistemema de obtención de puntos y niveles de certificación .....	91
Figura 3.10	Porcentajes de las categorías BREEAM CSH .....	94
Figura 3.11	Porcentajes de las categorías BREEAM CSH .....	94
Figura 3.12	Espacio hipotético cerrado dividido por un “límite del lugar” .....	98
Figura 3.13	Desarrollo de la definición BEE para CASBEE .....	98
Figura 3.14	Marco de trabajo durante el proceso arquitectónico de diseño .....	99

Figura 3.15 Herramientas de evaluación de CASBEE durante el ciclo de vida del edificio.....	100
Figura 3.16 Interpretación de los espacios de CASBEE .....	103
Figura 3.17 Clasificación y redistribución de elementos de evaluación Q y L en CASBEE .....	104
Figura 3.18 Representación gráfica del valor del indicador BEE en CASBEE y clasificación final.....	105
Figura 3.19 Hoja de resultados de la evaluación CASBEE .....	107
Figura 3.20 Porcentaje de los elementos CASBEE para viviendas unifamiliares. ....	109
Figura 3.21 Porcentaje detallado de sub-elementos de medio nivel. ....	110
Figura 3.22 Proporción de calificaciones mínimas a obtener dentro del proceso AQUA. ....	116
Figura 3.23 Ejemplo de los resultados obtenidos en la herramienta AQUA.....	117
Figura 3.24 Matriz de interacción entre los elementos que conforman AQUA.....	118
Figura 3.25 Certificado de evaluación AQUA .....	119
Figura 3.26 Cuatro pilares en los que se basa Estidama. Fuente: (Estidama PVRs, 2010).....	122
Figura 3.27 Fases evaluación Estidama.....	126
Figura 3.28 Miembros clave del equipo.....	127
Figura 3.29 Proceso de certificación Pearl Rating System. Fuente: (Estidama PVRs, 2010).....	128
Figura 3.30 Estructura de créditos en PVRs.....	131
Figura 3.31 Porcentaje de las categorías PVRs .....	135
Figura 3.32 Modo funcionamiento lineal de la categoría IDP .....	136
Figura 3.33 Pirámide jerárquica del modelo NS. Fuente: (Estidama PVRs, 2010)....	139
Figura 3.34 Jerarquía en la gestión del agua PVRs .....	145
Figura 3.35 Esquema para cálculo de la demanda promedio .....	147
Figura 3.36 Esquema para cálculo de prestación agua exterior .....	148
Figura 3.37 Jerarquía en la gestión de la energía .....	149
Figura 3.38 Método de cálculo para determinar los pesos de cada criterio QSAS ....	167
Figura 3.39 Niveles de certificación QSAS.....	168
Figura 3.40 Puntuación final en la categoría UC .....	170
Figura 3.41 Nivel de certificación QSAS obtenido.....	170
Figura 3.42 Representación de calculadora para consumo agua .....	171
Figura 3.43 Representación de calculadora para consumo agua .....	171
Figura 3.44 Porcentajes de categorías QSAS Residencial .....	181
Figura 3.45 Esquema de funcionamiento de BREEAM International Bespoke .....	185

Figura 3.46 Porcentajes de categorías BREEM Gulf. ....	193
Figura 3.47 Porcentajes de categorías BREEM Gulf. ....	193
Figura 4.1 Fuentes de producción energía/calor en GCC .....	197
Figura 4.2 Porcentaje de emisiones de CO <sub>2</sub> de los países GCC .....	198
Figura 4.3 Porcentaje emisiones CO <sub>2</sub> países árabes a nivel mundial .....	198
Figura 4.4 Porcentaje emisiones CO <sub>2</sub> países árabes a nivel mundial y per cápita ....	199
Figura 4.5 Crecimiento de la demanda de energía .....	200
Figura 4.6 Demanda de energía por sector .....	201
Figura 4.7 Uso del agua en los países del Golfo .....	202
Figura 4.8 Porcentaje uso del agua en la agricultura .....	202
Figura 5.1 Impresión artística Masdar City .....	215
Figura 5.2 Impresión artística Lusail City .....	218
Figura 5.3 Impresión artística Southern Biomes (OBG) .....	222
Figura 6.1 Inicio de los sistemas de certificación Green Building .....	227
Figura 6.2 Esquema del proceso de certificación .....	227
Figura 6.3 Proceso de certificación de las herramientas analizadas .....	229
Figura 6.4 Porcentaje de categorías en las herramientas analizadas .....	238
Figura 6.5 Porcentaje de categorías en las herramientas analizadas .....	239
Figura 6.6 Porcentaje de categorías en las herramientas analizadas .....	243
Figura 6.7 Porcentaje de categorías en las herramientas analizadas .....	244
Figura 6.8 Porcentaje de categorías en las herramientas analizadas .....	245
Figura 6.9 Porcentaje de categorías en las herramientas analizadas .....	247
Figura 6.10 Porcentaje de categorías en las herramientas analizadas .....	247
Figura 6.11 Consumo energía en los países del Golfo Pérsico. ....	249
Figura 6.12 Modelo de toma de decisiones actual y en desarrollo. Fuente: (Kiker, 2005) .....	251
Figura 6.13 Diagrama del Proceso Analítico Jerárquico .....	254
Figura 6.14 Prioridades de la evaluación con respecto al objetivo – ponderación de criterios .....	255
Figura 6.15 Matriz de comparación de pares de alternativa para el criterio de “Energía” .....	255
Figura 6.16 Gráfica de sensibilidad dinámica de la simulación 1 – Expert Choice ....	256
Figura 6.17 Performance Sensitivity Simulación 1. Fuente: Elaboración propia .....	256
Figura 6.18 Gráfica de sensibilidad dinámica de la simulación 2 – Expert Choice ....	258
Figura 6.19 Prioridades de la evaluación con respecto al objetivo – ponderación de criterios .....	261

Figura 6.20 Matriz de comparación de pares de alternativa para el criterio de “Agua” ..... 261

Figura 6.21 Gráfica de sensibilidad dinámica de la simulación 1 – Expert Choice .... 262

Figura 6.22 Performance Sensitivity Simulación 1 ..... 262

Figura 6.23 Gráfica de sensibilidad dinámica de la simulación 2 – Expert Choice .... 263

Figura 6.24 Gráfica de sensibilidad dinámica de la simulación 2 – Expert Choice .... 264

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Tipos de certificaciones ..... 42

Tabla 2.2 Tipos de certificaciones ..... 43

Tabla 2.3 Calendario de introducción de estándares de bajo consumo energético en las regulaciones de los Estados miembros ..... 56

Tabla 2.4 Tabla resumen de las herramientas de evaluación ambiental basadas en Análisis de Ciclo de Vida ..... 61

Tabla 2.5 Tabla resumen de las herramientas de evaluación del comportamiento energético ..... 64

Tabla 2.6 Medidas para promover las tres “Es” ..... 66

Tabla 2.7 Sistemas de evaluación europeos ..... 69

Tabla 2.8 Sistemas de evaluación mundiales ..... 70

Tabla 3.1 Categorías LEED para Hogares ..... 79

Tabla 3.2 Tabla de puntuación y nivel certificación LEED ..... 80

Tabla 3.3 Categorías y criterios LEED Hogares ..... 81

Tabla 3.4 Categorías y elementos de BREEAM CSH ..... 88

Tabla 3.5 Sistema de obtención de puntos y niveles ..... 90

Tabla 3.6 Herramientas de evaluación de CASBEE durante el ciclo de vida del edificio ..... 100

Tabla 3.7 Etiqueta de clasificación basado en el valor de BEE ..... 105

Tabla 3.8 Elementos categoría Q para herramienta CASBEE viviendas unifamiliares ..... 111

Tabla 3.9 Elementos categoría L para herramienta CASBEE viviendas unifamiliares ..... 112

Tabla 3.10 Calidad Ambiental de un edificio. Categorías y Elementos AQUA ..... 116

Tabla 3.11 Categorías incluidas en Estidama PVRS ..... 129

Tabla 3.12 Niveles de certificación PVRS ..... 130

Tabla 3.13 Categorías y criterios de PVRS ..... 132

Tabla 3.14 Mejora en la reducción del consumo de agua interior. ....	146
Tabla 3.15 Valores U en los elementos constructivos de la envolvente.....	150
Tabla 3.16 Puntuaciones logradas en base al ahorro obtenido. ....	152
Tabla 3.17 Valores U de mejora en los elementos constructivos de la envolvente....	153
Tabla 3.18 Puntuaciones logradas en base al ahorro obtenido. ....	154
Tabla 3.19 Puntuaciones logradas en base al ahorro obtenido. ....	155
Tabla 3.20 Valores máximos GHG contenido en hormigones según tipología y resistencia.....	160
Tabla 3.21 Categorías de QSAS. ....	165
Tabla 3.22 Categorías, criterios y porcentajes de QSAS Residencial.....	178
Tabla 3.23 Tabla comparativa en pesos de las diferentes categorías. ....	187
Tabla 3.24 Tabla comparativa en pesos de las diferentes categorías. ....	188
Tabla 3.25 Tabla comparativa en pesos de las diferentes categorías. ....	191
Tabla 3.26 Mínimos créditos obligatorios BREEAM Gulf .....	192
Tabla 4.1 Emisiones de CO <sub>2</sub> en los países del Golfo (en millones de toneladas métricas).....	199
Tabla 4.2 Balance de recursos hídricos en Omán (en millones de m <sup>3</sup> /año).....	203
Tabla 4.3 Recomendaciones de los edificios generadas por las Tablas Mahoney ....	211
Tabla 6.1 Información básica herramientas certificación analizadas .....	232
Tabla 6.2 Resumen ponderación categorías. Fuente: Propia en base a (Carboun, 2012).....	234
Tabla 6.3 Comparativa entre BREEAM Multi-Residencial y BREEAM GULF .....	241
Tabla 6.4 Comparativa entre BREEAM CSH y BREEAM GULF .....	241
Tabla 6.5 Comparación resultados entre simulación 1 y 2 – Expert Choice .....	259
Tabla 6.6 Comparación resultados entre simulación 1 y 2 – Expert Choice .....	265

## GLOSARIO

BSRIA (Building Service Research and Information Association)

SB Alliance (Sustainable Building Alliance)

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación)

ISO (International Organization for Standardization)

EPA (Energy Environmental Protection Agency)

BRE (Building Research Establishment)

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)

DS (Design Stage)

PCS (Post Construction Stage)

UKAS (UK Accreditation Service)

CSH (Code for Sustainable Homes)

DER (Dwelling Emission Rate)

TER (Target Emission Rate)

DS (Design Stage)

PCS (Post Construction Stage)

ACV (Análisis de Ciclo de vida)

SWMP (Site Waste Management Plan)

WGBC (World Green Building Council)

USGBG (United States Green Building Council)

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

CIR (Compliance Interpretation Request)

JAGBC (Japan Green Building Council)

IBEC (Institute for Building Energy Consumption)

CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency)

BEE (Building environmental Efficiency)

AQUA (Alta Qualidade Ambiental em seu empreendimento)

QAE (Qualidade Ambiental de um empreendimento de Construção)

SGA (Sistema de Gestão do Empreendimento)

ESTIDAMA

UPC (Urban Planning Council)

QSAS (Qatar Sustainability Assessment System)

GORD (Gulf Organization for Research and Development)

GWP (Global Warming Potencial)

AHP (Analysis Herarchy Process)

### Categorías BREEAM para CSH

ENE (Emisiones de Carbono).

WAT (Agua).

SUR (Escorrentías superficiales de agua).

WAS (Residuos).

POL (Contaminación).

HEA (Salud y bien estar).

MAN (Administración).

ECO (Ecología).

### Categorías LEED para Hogares

ID (Innovación del proceso de diseño).

LL (Ubicación y vínculos).

SS (Sitios sustentables).

WE (Eficiencia de agua).

AE (Energía y atmosfera).

EQ (Calidad medioambiental).

AE (Conciencia – educación).

### Elementos CASBEE para Hogares

Q1 (Confort, salud y seguridad en un ambiente interior).

Q1-1 (Calefacción y aire acondicionado).

Q1-2 (Salud y seguridad).

Q1-3 (Luminosidad).

Q1-4 (Silencio).

Q2 (Garantizar una larga vida útil).

Q2-1 (Performance Básico).

Q2-2 (Mantenimiento).

Q2-3 (Funcionalidad).

Q3 (Creación de un enriquecimiento de los ecosistemas y de un paisaje urbano).

Q3-1 (Consideración del paisaje urbano).

Q3-2 (Creación del medioambiente biológico).

Q3-3 (Utilización de los recursos regionales y herencia cultural de la vivienda).

LR1 (Conservación de Energía y de agua).



LR1-1 (Ahorros energéticos para la innovación en los edificios).

LR1-2 (Reducción de los residuos en las fases de producción y de construcción).

LR1-3 (Conservación del agua).

LR 1-4 (Operación de mantenimientos programados).

LR2 (Utilización los recursos con moderación y reducción de residuos).

LR2-1 (Introducción de materiales útiles para ahorro de recursos y prevención de residuos).

LR2-2 (Reducción de los residuos en las fases de producción y deconstrucción).

LR2-3 (Promoción del reciclaje).

LR3 (Consideración del medioambiente Global y local).

LR3-1 (Consideración del calentamiento global).

LR3-2 (Consideración del medioambiente local).

LR3-3 (Consideración del Entorno).

#### Elementos AQUA edificios habitacionales

S y C 1. (Relación del edificio con su entorno).

S y C 2. (Elección integrada de productos sistemas y procesos constructivos).

S y C 3. (Obras de construcción con bajo impacto ambiental).

G4. (Gestión de energía).

G5 (Gestión de agua).

G6 (Gestión del uso de residuos y operación del edificio).

G7 (Mantenimiento permanencia del desempeño ambiental).

C8 (Confort Higrotérmico).

C9 (Confort acústico).

C10 (Confort visual).

C11 (Confort olfativo).

S12 (Calidad sanitaria de los ambientes).

S13 (Calidad sanitaria del aire).

S14 (Calidad sanitaria del agua).

### Elementos ESTIDAMA Pearl Villa Rating System

IDP (Proceso Integrado de Desarrollo)

NS (Sistemas Naturales)

LV (Villas Habitables)

PW (Agua Preciada)

RE (Energías Renovables)

SM (Materiales Controlables)

IP (Prácticas Innovadoras)

### Elementos QSAS Residencial

UC (Conectividad Urbana)

S (Lugar)

E (Energía)

W (Agua)

M (Materiales)

IE (Ambiente Interior)

CE (Valores Culturales y Económicos)

MO (Gestión y Operación)

### Elementos BREEAM GULF

MAN (Management)

HEA (Salud y Bienestar)

ENE (Energía)

TRA (Transporte)

WAT (Agua)

MAT (Materiales)

WST (Residuos)

LE (Uso Suelo y Ecología)

POL (Contaminación)



## 1 INTRODUCCIÓN

La industria de la edificación consume el 50% de los recursos mundiales (Cerdá, 2009), lo que la convierte por sí sola en uno de los mayores retos que debe afrontar la sociedad actual, el reto por la sostenibilidad. El medio ambiente soporta cada vez más presión por el acelerado y descontrolado desarrollo económico, lo que conlleva a un crecimiento poblacional que se desplaza hacia las grandes urbes con el objetivo de prosperar económicamente; con lo que el consumo final, se dispara debido al aumento de ingresos de sus ciudadanos. Con el consumo aumenta el uso de recursos, la generación de residuos y el aumento en la producción de CO<sub>2</sub>, entre otros.

La región de los países del Golfo Pérsico no es una excepción, y en consecuencia tanto de su modelo energético, donde la dependencia sobre los recursos fósiles para la generación de energía es absoluta, los convierte en la región del planeta con mayor tasa de emisiones de CO<sub>2</sub>. De la misma forma, los consumos de recursos hídricos son de la tasa de un 85% más que la media mundial (Jägerskog, 2009). Su crecimiento poblacional, alrededor del 2% anual, sumado a un aumento en la demanda energética con un promedio anual del 18% (A.Al-Badi, 2009), han conseguido saltar todas las alarmas creando un panorama a corto plazo insostenible.

El sector de la edificación juega un papel muy importante en todo lo anterior mencionado; si bien, es cierto que no puede resolver los problemas medioambientales por sí solo, su contribución hacia el desarrollo tanto de edificios sostenibles como finalmente de ciudades, es significativa.

La edificación sostenible es un proceso en el cual todos los actores integrantes del sector, desde los proyectistas, constructores, dirección facultativa, proveedores, subcontratistas hasta la administración, integran los tres aspectos sobre los que se apoya la sostenibilidad: aspecto social, económico y medioambiental.

En la actualidad, numerosas son las herramientas que nos permiten no sólo evaluar la sostenibilidad de un producto a través de lo que se conoce como eco-labelling, sino que se ha dado un paso más allá y el sector de la edificación se ha tratado como un producto aparte y “viviente”, habiéndose creado numerosas herramientas a través de las cuales podemos evaluar no sólo aspectos cuantitativos sino también cualitativos. La gran mayoría de estas herramientas, creadas e implementadas por diferentes organizaciones sin ánimo de lucro, hoy asociadas mediante la iniciativa de Sustainable

Building Alliance, comparten una base en común, abarcando todas ellas no sólo aspectos en el ahorro energético, sino también cuestiones medioambientales, ecológicas, de la salud y como se detallará más adelante, incluso sociales y culturales.

No obstante, la puesta en práctica de dichas herramientas sólo se realiza en aquellos países más desarrollados económicamente, dónde la madurez tanto en políticas administrativas como en regulaciones y códigos edificatorios, más estrictos y completos, son más conscientes del importante papel que juega el sector de la edificación en el medio ambiente, y en donde las mismas herramientas están adaptadas a las condiciones del lugar y sus necesidades. En el caso de la región de los países del Golfo Pérsico, y considerando la poca o nula experiencia en materia de herramientas de certificación para el sector, nos lleva a plantear el objeto del presente trabajo, que consistirá en el estudio comparativo de las principales herramientas de certificación más aplicadas en el mundo con las ya existentes en la región a través de un análisis multi-criterio, con el que se obtendrán las directrices iniciales para lograr una herramienta de aplicación base adaptada a la región, y en particular al Sultanato de Omán.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivos Generales

Obtención de una base del modelo inicial para los países de la región del Golfo, y en particular para el Sultanato de Omán, mediante el análisis cualitativo y cuantitativo de las herramientas de certificación existentes y la puesta en práctica mediante un caso real.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- 1- Analizar las principales herramientas de certificación más empleadas en la actualidad que permitan el ser capaz de comprender el trasfondo y la historia de cada uno de ellas sobre las regiones en dónde se aplican.
- 2- Estudio del Estado del Arte sobre el estado del conocimiento en materia de sostenibilidad en la región, no sólo desde el punto de vista técnico-científico, sino también social y cultural, con el fin de:
- 3- Determinar los criterios básicos y comunes para el estudio comparativo entre las diferentes herramientas analizadas, enfatizando aquellas categorías o elementos de mayor relevancia para la región.
- 4- Análisis de las variables introducidas en el software Expert Choice y estudio dinámico de la sensibilidad de las variables a través del Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) con el fin de obtener una base inicial sólida que pueda ser empleada como modelo inicial de implantación en la región del Golfo Pérsico.
- 5- Síntesis de resultados obtenidos y definición de la estructura del modelo inicial base.

### 1.1.3 Objetivos Personales

Profundizar en las herramientas de certificación actuales con el objetivo de entender los proyectos de edificación desde una perspectiva que va más allá de lo técnico y constructivo (tangible).

## 1.2 ANTECEDENTES

Construcción y medioambiente deben ser términos no antagónicos. El siguiente apartado introduce al lector en el problema más grave que enfrenta la humanidad en los próximos años y qué podemos hacer por revertir la situación.

### 1.2.1 El sector de la construcción y el cambio climático

El Cambio Climático es el problema más serio y urgente que enfrentan tanto las generaciones presentes como las futuras.

La inquietud de la sociedad con relación al cambio climático ha ido creciendo con el avance de los años y está convirtiéndose en una preocupación socioeconómica y sociopolítica cada vez más intensa.

El Cambio Climático se agudizará en varias formas, entre las cuales se pueden señalar una mayor desertificación, erosión de los suelos, aumento en el nivel del mar, cambio en los patrones prevalentes de los vientos y corrientes de los mares, así como patrones climáticos más impredecibles con una mayor frecuencia de eventos meteorológicos como lo son los huracanes, inundaciones, sequías, etc. Todo ello causará tal como ha calculado la Organización Mundial de la Salud (OMS) la muerte de unas 150.000 personas al año. (Organización Mundial de la Salud, 2012)

Somos conscientes de las consecuencias que trae el aumento incontrolado de gases de efecto invernadero y de la necesidad de implementar acciones inmediatas. Pero también, estamos convencidos que cualquier solución factible para enfrentar este cambio debe asegurar la existencia de justicia social ya que las principales víctimas están siendo los sectores sociales más vulnerables.

Actuar desde este momento y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, buscando formas para adaptarnos a los impactos del cambio climático debe ser nuestro compromiso ineludible.

El uso de combustibles fósiles tanto para calefacción, iluminación y ventilación de los edificios es responsable del 50% del calentamiento global, siendo el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) el principal causante del efecto invernadero con una tasa del 36% del total de emisiones. (Edwards, 2009)

Considerando el gran aumento de población que están sufriendo las ya existentes ciudades en los países en vías de desarrollo, transformándose éstas en ciudades grandes, es necesario empezar a pensar en un período a largo plazo, y no sólo estar dispuestos a invertir en soluciones tecnológicas más respetables para el medio ambiente, las cuales serán motores esenciales en una transición hacia una economía verde. Dentro de estas tecnologías verdes para el medio ambiente, están aquellas que posibilitan procesos de producción más limpios previniendo la contaminación. Por lo tanto, la transferencia de capacidades incluye tecnologías blandas, tales como el conocimiento, los sistemas y los enfoques de gestión que las sociedades en desarrollo pueden utilizar durante la transición frente al cambio climático. (Edwards, 2009)

En la región de los países del Golfo Pérsico, el rápido crecimiento de las ciudades se debe al incremento de población, cuyo crecimiento puede atribuirse en parte a las políticas nacionales [Figura 1.1]. Los progresos en el área de salud han resultado en una disminución mayor del 50% en las tasas de mortalidad, incrementando la esperanza de vida de 60,7 a 69,7 años, y reduciendo la tasa de mortalidad de 75 a menos de 30 por 1.000 habitantes. (UN Environment Programme, 2012)

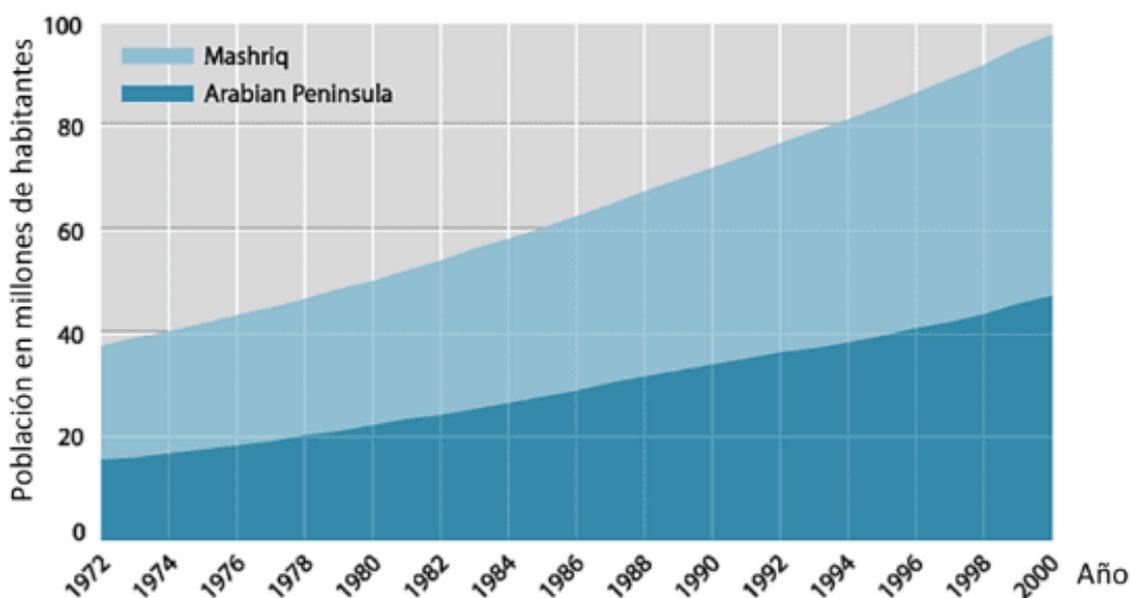


Figura 1.1 Tasa de crecimiento poblacional Península Arábiga.

Fuente: (UN Environment Programme, 2012)

Si bien es cierto que el crecimiento poblacional se debe en parte a las altas tasas de crecimiento demográfico, el gran flujo de trabajadores extranjeros, debido a la demanda de mano de obra para los crecientes sectores industrial y de servicios, ha sido también un factor importante (UN Environment Programme, 2012). Actualmente, Qatar es el país con mayor tasa de crecimiento poblacional en el mundo, con un crecimiento de población de 25 mil habitantes en el año 1950 a más de 1,7 millones en la actualidad, lo que supone un crecimiento del 7000% durante el mismo periodo. A su vez, es el país con mayor tasa de crecimiento, el que posee la mayor renta per cápita del mundo (US\$88 mil) y el mayor consumidor de recursos hídricos y emisor de CO<sub>2</sub> del mundo. (La Tercera, 2011)

La presión que ejerce este crecimiento afecta directamente a los recursos naturales, a la cadena de residuos que se generan y a la posible resolución del conflicto entre la sostenibilidad económica, medioambiental y social. Lo anterior se hará sentir principalmente en ciudades, y será la arquitectura la que deberá incluir el concepto de desarrollo sostenible, enlazando los dos grandes ejes del movimiento moderno: innovación tecnológica y la provisión social (Edwards, 2009). Esta nueva arquitectura, llamada también arquitectura sostenible o ecológica, deberá considerar las necesidades humanas, tanto físicas como psicológicas, además de las exigencias de la eficiencia energética, empleando la naturaleza como eje o guía del proyecto arquitectónico, siendo ésta el principio rector de la sostenibilidad.

La naturaleza puede ser una guía útil para el proyecto arquitectónico desde cuatro puntos de vista claramente diferenciados (Edwards, 2009):

- a. Aprendiendo de la naturaleza: estableciendo una analogía entre los edificios (especies) y las ciudades (hábitats), fomentando la apreciación de las interrelaciones de los recursos consumidos y la contaminación producida, pudiendo establecer una cadena de reciclaje y de residuos propia.
- b. Utilizar los modelos de la naturaleza para informar el proyecto: fomentando la proyección de edificios duraderos y sostenibles a través de las formas, composiciones, configuraciones y materiales que se encuentran en la naturaleza.
- c. Hacer explícita la naturaleza: permitir que la naturaleza se introduzca en nuestros edificios y en nuestras vidas, compartiendo nuestras vidas como un organismo dinámico.
- d. Utilizar la naturaleza como medidor ecológico: a través de las herramientas de certificación como es el caso de BREEAM, LEED, CASBEE, AQUA,



ESTIDAMA o QSAS, los cuales utilizan un sistema de auditoría que aborda el edificio como un hábitat. Cada uno de sus temas (agua, energía, materiales, etc.) se considera un recurso, el cual se pondera según se escasee o su impacto perjudicial en el medio ambiente. A través del establecimiento de indicadores, el análisis de los edificios por parte de los agentes involucrados se ve sumamente agradecido con lo que se consiguen unos edificios altamente saludables.

El llamado a una edificación sostenible apunta a la capacidad de la industria para hacer un aporte considerable a la sostenibilidad ambiental debido a las enormes demandas que ejerce sobre los recursos.

Sin embargo, así como el concepto de sostenibilidad ambiental continúa desarrollándose a medida que mejora el conocimiento sobre el medioambiente, lo mismo ocurre con la comprensión de la construcción sostenible como concepto, que se extiende más allá del tejido del medio construido.

Por tanto, combinando tecnología y ecología, es posible proyectar una nueva generación de edificaciones que produzcan menor impacto ambiental en todos los frentes. Aprender de la naturaleza y saber convivir simbióticamente con ella deberá ser nuestro primer paso hacia el cambio.



## 2 ESTADO DEL ARTE

Los siguientes apartados introducen al lector en la definición del término del desarrollo sostenible, pasando por los acuerdos y determinaciones realizadas durante la Cumbre Mundial de Johannesburgo del año 2002, hasta alcanzar el concepto de arquitectura/edificación sostenible y la evolución histórica del proceso de sostenibilidad y evaluación de la misma en el proceso edificatorio.

### 2.1 INTRODUCCIÓN

El término desarrollo sostenible se aplica al desarrollo socioeconómico, y el Informe Brundtland (1987) lo define como “satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades”. (Brundtland, 1987)

Existen otras sub-definiciones particulares para el sector de la edificación, como la que sugiere Norman Foster + Partners, que define la arquitectura sostenible como la creación de edificios “que sean eficientes en cuanto al consumo de energía, saludables, cómodos, flexibles en el uso y pensados para tener una larga vida útil”. La asociación para la información e investigación sobre las instalaciones de un edificio (BSRIA) define a una construcción sostenible como “la creación y gestión de edificios saludables basados en principios ecológicos y un uso eficiente de los recursos” (Edwards, 2009). En la Figura 2.1 se muestra que a partir de un desarrollo sostenible se generan varias subdivisiones relevantes para un proyecto de arquitectura.

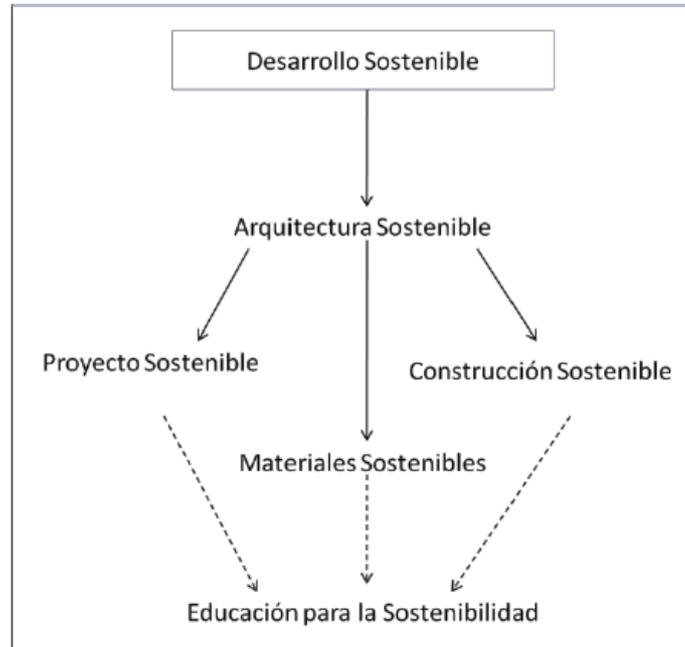


Figura 2.1 Sub división del desarrollo sostenible.  
Fuente: (Edwards, 2009)

El objetivo del desarrollo sostenible es definir proyectos viables y reconciliar los aspectos económico, social, y ambiental de las actividades humanas. (Cómo es actualmente el desarrollo sustentable, 2010)

- Sostenibilidad económica: se da cuando la actividad que se mueve hacia la sostenibilidad ambiental y social es financieramente posible y rentable.
- Sostenibilidad social: basada en el mantenimiento de la cohesión social y de su habilidad para trabajar en la persecución de objetivos comunes.
- Sostenibilidad ambiental: compatibilidad entre la actividad considerada y la preservación de la biodiversidad y de los ecosistemas, evitando la degradación de las funciones fuente y sumidero. Incluye un análisis de los impactos derivados de la actividad considerada en términos de flujos, consumo de recursos difícil o lentamente renovables, así como en términos de generación de residuos y emisiones. Este último pilar es necesario para que los otros dos sean estables.

Durante la Cumbre Mundial de Johannesburgo celebrada en 2002 (Wikipedia, 2011), se introdujo por primera vez un nuevo concepto relacionando “consumo y producción sostenible”, cuyo principio era establecer una relación entre la productividad, el consumo de recursos y los grados de contaminación. De forma general, los acuerdos que se formularon fueron:

- Garantizar que el crecimiento económico no cause contaminación ambiental en el ámbito regional y global.
- Aumentar la eficiencia en el consumo de recursos.
- Analizar el ciclo de vida completo de un producto.
- Proporcionar a los consumidores más información sobre el producto y servicios.
- Utilizar los impuestos y la normativa para fomentar la innovación en el campo de las tecnologías limpias.

Dichos acuerdos, aunque centrados básicamente en aspectos económicos, han contribuido a que la industria de la construcción se viera influida, impulsado entre otras cosas a la inversión de nuevas tecnologías energéticas, nuevas formas de reciclaje y a la reutilización de recursos.

De igual forma, han contribuido a proporcionar un marco internacional en la aplicación de leyes e impuestos a ciertas medidas con el fin de cumplir con los objetivos marcados. A modo de ejemplo, el gobierno británico tiene como objetivo una reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 60% antes del año 2050, el mantenimiento del consumo de agua dentro de las posibilidades de reabastecimiento y a la reducción de los residuos biodegradables en un 65% antes del 2020. (Edwards, 2009)

En el caso de los países de Oriente Medio, numerosos son los ambiciosos planes de desarrollo sostenible que ya se han puesto en marcha, como por ejemplo (Carboun, 2012):

1. *Masterplans que incorporan desarrollo sostenible*
  - a. The Masdar Initiative (Masdar City)
  - b. Plan Abu Dhabi 2030 (Urban Structure Framework Plan)
  - c. Plan Al Ain 2030 (Urban Structure Framework Plan)
  - d. Plan Al Gharbia 2030 (Urban Structure Framework Plan)
  - e. Barhain National Plan 2030 (Barhain National Planning Development Strategy)
  - f. Qatar National Vision 2030
2. *Iniciativas de desarrollo sostenible*
  - a. Abu Dhabi Urban Planning Council (ESTIDAMA)
  - b. Abu Dhabi Urban Planning Council (Interim ESTIDAMA Community Guideline)
3. *Proyectos locales de desarrollo sostenible*
  - a. WADI MENA, Regional Water Demand Initiative

- b. IUCN and Society for the Protection of Nature in Libanon (Al Hima: A way of life)
- c. Wadi Hanifa, Restoration and Development in Riyadh (Arabia Saudita)
- d. World Bank, Egypt: Reclaiming a Viable Rural Economy

Muchas de las determinaciones realizadas durante la Cumbre de Johannesburgo de 2002 ya se han puesto en marcha y se detallan en varias prácticas llevadas a cabo durante la última década traducidas principalmente a través de diferentes sistemas de certificación que van desde empresas, productos hasta el sector de la edificación, en donde las certificaciones de edificios llamados “verdes” o “Green building” ocupan la parte principal de este trabajo . Entre las determinaciones más importantes de la Cumbre relacionadas con el sector de la edificación, encontramos (Edwards, 2009):

- Desarrollo de programas de gestión medioambiental por parte de los profesionales de la arquitectura.
- Difusión de códigos de buenas prácticas (con la ayuda de subvenciones).
- Innovación en el proyecto ecológico.
- Desarrollo de tecnologías arquitectónicas más limpias y eficientes.
- Más información sobre el impacto ambiental de los productos.
- Más información sobre el rendimiento energético de los edificios y los servicios de arquitectura.

#### 2.1.1 Plan Abu Dhabi 2030 (Urban Structure Framework Plan)

Abu Dhabi es una sociedad moderna en forma de cultura milenaria. Las políticas estratégicas contenidas en el "Plan de Abu Dhabi 2030", están inspiradas en esta historia para proporcionar una forma de revertir las tendencias de desarrollo a veces inadecuadas y de satisfacer las necesidades de una población que va en aumento. Estas políticas están arraigadas a los tres elementos básicos de la sostenibilidad: el entorno natural, el desarrollo económico y el patrimonio cultural.

**Medio ambiente:** las islas, dunas, mar, líneas de costa y fauna autóctona se fusionan para crear el complicado, sensible y singular entorno natural de Abu Dhabi, el cual ha coexistido con sus habitantes durante miles de años. El Plan protege estos recursos críticos y conserva la conexión entre los seres humanos y el medio ambiente, aun cuando la población se triplica en tamaño.

**Economía:** Abu Dhabi posee una gran cantidad de recursos fósiles. Sin embargo, este recurso finito no creará una riqueza en la eternidad. La ciudad necesita encontrar nuevos emprendimientos y políticas de diversificación para su desarrollo económico, como por ejemplo a través de la capitalización por el suministro de energía solar y eólica. Además, la relación entre crecimiento poblacional y construcción de nuevos edificios deberá estar equilibrado a través de una cuidadosa monitorización entre oferta y demanda de bienes inmuebles. Si la tasa de desarrollo supera con creces el mercado habrá consecuencias muy negativas. Claro ejemplo de ello es lo que ocurrió en su ciudad vecina de Dubai.

**Cultura:** el pasado de Abu Dhabi está enraizado en la conexión entre la tierra y el agua. Muchas generaciones pasaron la mitad del año entre la pesca y la recolección de perlas alrededor de las islas y, el resto del año, ocupados en tareas de agricultura y la ganadería en los oasis. El Plan Abu Dhabi 2030 pretende mantener dicha tradición, asegurando vínculos visuales y físicos entre la ciudad y su paisaje circundante y comunicando dicha herencia a las generaciones futuras. Se pretende además conservar las tradiciones locales incorporando formas arquitectónicas históricas que son apropiadas para el estilo de vida y el clima, a través de formas y patrones que son exclusivos de la sociedad árabe los cuales deberán dominar la ciudad y marcar el skyline de la misma.

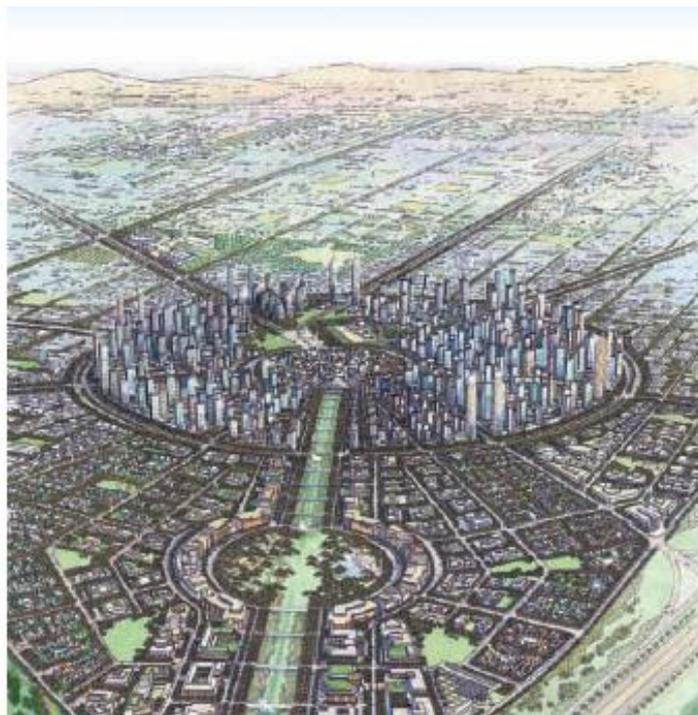


Figura 2.2 Diseño conceptual de la futura ciudad de Abu Dhabi.

Fuente: (Abu Dhabi UPC, 2011)

El marco de trabajo de la estructura urbana (Urban Structure Framework Plan), proporciona soluciones conceptuales para modelar el crecimiento de Abu Dhabi en el próximo cuarto de siglo. Dichas soluciones están dirigidas a las cuestiones más importantes que conforman la forma urbana: el medio ambiente, uso del suelo, transporte, espacio abierto y la imagen de la ciudad. A través de esta iniciativa, Abu Dhabi se está preparando proactivamente para el crecimiento planificado de su ciudad.

**Medio ambiente:** Abu Dhabi posee un entorno ecológico único y una posición única, en donde el desierto se une con el Golfo. Cada uno representa un sistema ecológico intrigante por derecho propio, pero la confluencia de los dos crea condiciones ideales para manglares con una vida natural muy rica. La salud tanto del ecosistema marino como circundante es altamente dependiente de éstos manglares, por lo que la mejor forma de proteger estos sistemas ambientales críticos es establecer un sistema de parques nacionales que prohíbe el desarrollo y regula las actividades. El Plan incluye un “degradado verde” que denota niveles adecuados de conservación, restauración, uso y desarrollo del núcleo natural del parque al núcleo urbano de la ciudad. El Plan además protege la riqueza ecológica de Abu Dhabi estableciendo 'cinturón de arena' de protección y 'dedos del desierto' para contener el crecimiento urbano y prohibir la expansión no planificada.



Figura 2.3 Sistemas de protección del entorno natural en Abu Dhabi.

Fuente: (Abu Dhabi UPC, 2011)

**Uso del suelo:** Varios son los movimientos estratégicos necesarios para cambiar las asignaciones de uso de suelo actual a un patrón que permita controlar la congestión de tráfico, el desorden y proteger el medio ambiente y la identidad nacional. En lugar de un patrón disperso de comercio o de varios distritos de negocios, el desarrollo de la mayoría de comercio será congregado en un nuevo Distrito Central de negocios en un lugar adyacente al antiguo núcleo de la ciudad, expandiéndose hacia afuera desde el centro existente del negocio. La industria pesada se ubicará lo más cerca posible de sus centros de transporte – el nuevo puerto y aeropuerto – y la industria ligera se emplazará en el área de Mussafah/Mafraq. Se ha establecido además, un límite de crecimiento urbano distintos alrededor de la huella de la futura ciudad con el fin de preservar el medio ambiente.

**Transporte:** El mejor plan de transporte es una buena ordenación del suelo. El establecimiento de dos centros, uno en el centro de la isla de Abu Dhabi y el otro en el nuevo Distrito Capital, facilitará el flujo de tráfico equilibrado en dos direcciones, minimizando así la congestión. La ciudad requerirá también de una red de transporte por “capas” cuando la población alcance los tres millones, incluyendo una red de transporte ferroviario de alta velocidad a destinos lejanos, una red de metro local, una red de autobuses, tranvías y trenes ligeros y por último un sistema de calles bien interconectados. Se deberá potenciar además la tendencia de las personas a caminar, especialmente para distancias cortas.

**Espacio abierto:** El espacio abierto incluido en el marco de trabajo integra una jerarquía de áreas abiertas formales e informales en toda la ciudad que se conectan al más amplio sistema de parques nacionales. Áreas de recreación de la comunidad, parques, verdes bulevares y plazas públicas formarán la columna vertebral de la ciudad verde y vincularán el pueblo de Abu Dhabi al desierto circundante y a sus islas.

**Ciudad capital:** Es importante que la identidad de la ciudad de Abu Dhabi se siga expresando a medida que la ciudad crece. Así como la ciudad centra su crecimiento urbano en distritos, varias áreas clave deberán surgir como recintos emblemáticos, como el Distrito Cultural en la isla de Saadiyat, el Palacio y el distrito de la Embajada.

Abu Dhabi determinará por tanto, cómo, cuándo y dónde crecerá para satisfacer las necesidades de su pueblo durante el próximo cuarto de siglo. Este Plan se centra en satisfacer esas necesidades por alcanzar y un ejemplo internacional de crecimiento sostenible de vanguardia, que filtra todas las decisiones a través de criterios ambientales, sociales y económicos. Este enfoque de "triple línea de base" es la premisa de este marco de trabajo, cuya intenciones se pueden resumir como:

- proteger y mejorar los recursos naturales y el patrimonio cultural de Abu Dhabi.
- integrar la naturaleza y la humanidad.
- fomentar recursos económicos desarrollo y apalancamiento financieros de manera reflexiva y prudente.

### 2.1.2 Qatar National Vision 2030

El estado de Qatar está disfrutando de un periodo de prosperidad sin precedentes, con un progreso económico excepcional, siendo evidente en el creciente nivel de vida de su pueblo. Siguen produciéndose importantes avances en el desarrollo económico, humano y social. Qatar también ha avanzado políticamente. La Constitución permanente de Qatar fue ratificado en 2004 y entró en vigor en junio de 2005. La Constitución define las funciones de los poderes de los tres estados y los derechos y deberes de los ciudadanos de Qatar.

A pesar de la rápidas ganancias económicas y sociales, así como el cambio político, Qatar ha mantenido sus valores culturales y tradicionales de una nación árabe e islámica que considera a la familia el principal pilar de la sociedad. Bajo la sabia dirección de Hamad bin Khalifa Al-Thani, el país sigue implementando iniciativas importantes que impulsan a Qatar hacia una nación plenamente desarrollada, fortaleciendo su papel en la comunidad internacional.

La Visión Nacional 2030, define amplias tendencias futuras y refleja las aspiraciones, objetivos y cultura del pueblo qatarí. Define los resultados a largo plazo para el país como un todo en lugar de los procesos para llegar a estos resultados. Proporciona un marco dentro del cual se pueden desarrollar estrategias nacionales y planes de implementación.

La gestión racional de los abundantes recursos de hidrocarburos en el país seguirá asegurando mejoras en las condiciones de vida. Sin embargo, un mejor nivel de vida no puede ser la única meta de una sociedad. Para seguir siendo fiel a sus valores, Qatar debe equilibrar cinco grandes retos:

- modernización y preservación de las tradiciones, a través de una conexión equilibrada entre lo nuevo y lo antiguo.
- las necesidades de esta generación y las necesidades de generaciones futuras, a través del principio de desarrollo sostenible ya explicado en apartados anteriores.
- gestión del crecimiento poblacional y expansión incontrolada de la ciudad a través de un desarrollo de crecimiento en concordancia al ritmo de expansión de la economía.
- tamaño y calidad de la fuerza laboral extranjera.
- crecimiento económico, desarrollo social y gestión ambiental. Para ello el país deberá comprometerse a hacer su futuro camino de desarrollo compatible con los requisitos de protección y conservación del medio ambiente.

Sin embargo, los esfuerzos de Qatar en la protección del medio ambiente no serán suficientes. Qatar es parte de la región del Golfo, que forma un sistema ecológico que se ve afectado por las prácticas y actividades de cada país de la región. Será necesario participar y alentar a todos los estados del Golfo para proteger y conservar el medio ambiente.

La Visión Nacional de Qatar 2030 se basa en cuatro pilares fundamentales:

- Desarrollo humano: desarrollo de todos sus habitantes para que puedan sostener una sociedad próspera.
- Desarrollo social: desarrollo de una sociedad justa y solidaria, basada en altos estándares morales y capaz de jugar un papel importante en la alianza mundial para el desarrollo.
- Desarrollo económico: desarrollo de una economía competitiva y diversificada, capaz de satisfacer las necesidades y de asegurar un alto nivel de vida para todos sus habitantes, para el presente y el futuro.
- Desarrollo medioambiental: gestión del medioambiente de tal forma que exista armonía entre el crecimiento económico, desarrollo social y protección del medio ambiente.

El estado de Qatar busca preservar y proteger su entorno único y nutrir la abundancia de su naturaleza. En consecuencia, su desarrollo se realizará con responsabilidad y respeto, equilibrando las necesidades de crecimiento económico y desarrollo social con las condiciones para la protección del medio ambiente.

El pilar ambiental será cada vez más importante como consecuencia a que Qatar se verá obligado a ocuparse de cuestiones ambientales locales, tales como el impacto de la disminución de agua y recursos de hidrocarburos y los efectos de la contaminación y degradación del medio ambiente, así como cuestiones ambientales internacionales tales como el impacto potencial de calentamiento global en los niveles de agua en Qatar y por lo tanto el desarrollo urbano costero.

## 2.2 EDIFICACIÓN SOSTENIBLE – EDIFICIOS “GREEN BUILDING”

Los edificios verdes, son definidos por la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos de América como “la práctica de creación de estructuras y la utilización de procesos que son responsables ambientalmente y eficientes de los recursos a través del ciclo de vida de los edificios, desde el emplazamiento del diseño, la construcción, la operación, el mantenimiento, la renovación y la deconstrucción. Esta práctica expande y complementa el clásico diseño de un edificio teniendo en cuenta la economía, utilidad, durabilidad y el confort. Un edificio verde es también conocido como un edificio sostenible o un edificio con un alto rendimiento”. (EPA, 2012) (Ramallo, 2011)

La edificación sostenible es el proceso en que todos los actores implicados (propiedad, proyectistas, constructores, equipo facultativo, suministradores de materiales, administración, etc.) integran las consideraciones funcionales, económicas, ambientales y de calidad para producir y renovar los edificios y su entorno de modo que éstos sean (Eulate, 2010):

- Atractivos, durables, funcionales, accesibles, confortables y saludables para vivir en ellos y utilizarlos.
- Eficientes en relación al uso de recursos, (consumo de energía, materiales, agua, etc.), favoreciendo el uso de energías renovables, necesitando poca energía exterior para su adecuado funcionamiento haciendo un uso adecuado de la lluvia y de las aguas subterráneas y gestionando adecuadamente las aguas residuales, utilizando materiales respetuosos

con el medio ambiente que puedan ser fácilmente reciclados o reutilizados y que no contengan productos peligrosos y que puedan ser depositados con seguridad en los sitios habilitados para ello.

- Respetuosos con su entorno y vecindad, con la cultura local y el patrimonio.
- Competitivos económicamente, especialmente cuando se toma en consideración el largo ciclo de vida asociado a los edificios, hecho que implica a aspectos tales como costes de mantenimiento, durabilidad y precios de reventa de los edificios.

Estos requisitos exigibles a un proceso de edificación sostenible obedecen a los tres aspectos sobre los que se apoya la sostenibilidad:

- Aspecto social.
- Aspecto económico.
- Aspecto medioambiental.

Teniendo en cuenta que los recursos empleados por un edificio tipo representa aproximadamente el 50% del total (agua, energía, materiales, pérdida terreno agrícola y destrucción de arrecifes de coral), el objetivo de un edificio “verde” o “sostenible” no es otro que reducir el impacto ambiental lo máximo posible describiendo un tipo de construcción con distintos objetivos dentro de su planificación.

Dadas los diferentes enfoques particulares dentro de la perspectiva ambiental, el término de diseño “verde” adquirió diferentes tonalidades. Para (Madge, 1997), el verde oscuro representaba el lado más radical, mientras que el tono verde claro representaba la perspectiva menos comprometida con la naturaleza. Los tonos y su descripción pueden verse representados en la Figura 2.4 inferior.

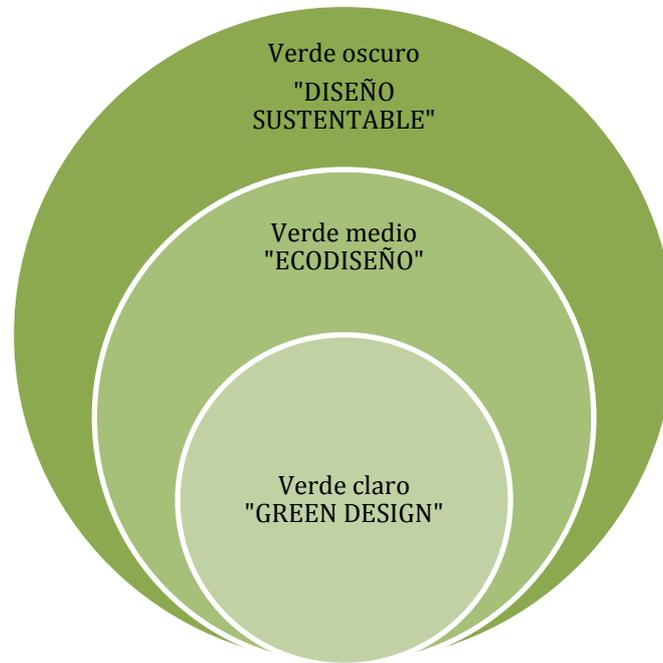


Figura 2.4 Tonos en el diseño verde  
Fuente: (Eulate, 2010)

A su vez, (Edwards, 2009) relaciona las mismas tonalidades dentro del sector de la edificación, en las que se tienen en cuenta la vida útil de los edificios relacionado a las inversiones en tecnologías ecológicas y qué beneficios reportarán estas en su futuro.

Las diferentes definiciones del verde según los dos autores anteriores son:

*Verde claro*

Pauline Madge (P.M): Considera las cuestiones ambientales de una manera superficial, aprovechando las influencias comerciales. El llamado “Green Design” o Diseño Verde recorre este camino.

Brian Edwards (B.E): Tipo de construcción asequible con un plazo de recuperación de la inversión de 8 a 10 años.

*Verde medio*

P.M: Se fortalece la conciencia ambiental, y se busca el equilibrio con la industria, de manera que se refuerzan los valores de ética y de responsabilidad. Este es el camino del Eco diseño.

B.E: Prevé que el uso de las tecnologías no son asequibles en una etapa de la vida del edificio, pero que serán necesarias en otra etapa de la vida útil del edificio para mantener los grados de confort y garantizar la existencia de recursos, por ejemplo: generación de electricidad mediante sistemas locales fotovoltaicos y eólicos; captación de agua de lluvia; reciclaje de aguas grises; asimilación de los residuos o transformación en energía.

### *Verde oscuro*

P.M: Implica una profunda reflexión sobre las actividades del hombre y los efectos en el medio ambiente bajo una visión sistemática. La tonalidad oscura representa al Diseño Sustentable.

B.E: Edificios independientes de las redes de abastecimiento (energía y agua) que durante su vida útil generan más energía y recursos de los que se consumen. Los materiales seleccionados para construir estos edificios pueden ser neutros en emisiones CO2.

Sea cual sea la tonalidad del verde que se desee optar para nuestro edificio sostenible, todos ellos deberán basarse en los principios básicos del desarrollo sostenible, considerando:

- El asentamiento de la eficiencia de un diseño estructural.
- Eficiencia energética, del agua y de los materiales.
- Garantizar la calidad medioambiental interior.
- Optimizar los trabajos de mantenimiento y operación (costes).
- Reducción de residuos tóxicos.

## 2.3 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL PROCESO DE INCLUSIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD Y EVALUACIÓN DE LA MISMA EN EL PROCESO EDIFICATORIO

La preocupación por lograr un diseño sostenible ha permitido una constante búsqueda de respuestas que se encuentren a la medida de la preservación del medio ambiente, logrando incorporar nuevos conceptos que estén en esta línea, como viviendas ecológicas, y edificios que son llamados “verdes”.

La progresiva exigencia por parte de las administraciones y la creciente voluntad por parte de algunos agentes del sector en diseñar, construir y rehabilitar edificaciones que sean cada vez más sostenibles ha ido evolucionando históricamente durante los últimos 30 a 40 años, la cual puede estructurarse cronológicamente en (Eulate, 2010):

1. Acciones específicas centradas en un único impacto ambiental.

Mediante la adopción de medidas centradas en el diseño de edificaciones. Dos de las principales tendencias son:

- La bio o eco-construcción, centrada específicamente en el empleo de materiales de bajo impacto ambiental o ecológico, reciclados o altamente reciclables, o extraíbles mediante procesos sencillos y de bajo coste como por ejemplo materiales de origen vegetal y bio-

compatibles. De la misma forma conlleva el uso de materiales de construcción libres de química nociva y relacionados con la construcción tradicional. (Wikipedia, 2011)

- El movimiento *passivhaus* o bio-climatismo, el cual busca una reducción global de las necesidades energéticas de las edificaciones, aprovechándose principalmente de las condiciones climáticas y del entorno, a través de un correcto diseño, geometría, orientaciones adecuadas al uso del edificio y al empleo de materiales y sistemas constructivos que favorezcan a su fin.

En el caso de la región de los países del Golfo Pérsico, y en particular en Emiratos Árabes (Dubai), el rápido crecimiento basado principalmente en la relación demanda y especulación, han transformado la ciudad completamente. Pero dicho crecimiento ha pagado su precio. Basado en el principio de beneficios a corto plazo para el inversor, problemas como el rendimiento y el uso de la energía jugaron un papel mínimo en los procesos de diseño y construcción de los edificios. La mayoría de los edificios fueron encargados por los inversores en lugar de las necesidades de la relación propietario/ocupante, dado que su único objetivo fue el de reducir los gastos de capital de inversión inicial sin considerar los costes de operación y mantenimiento. (Carboun, 2012)

Esta tendencia, que todavía se puede ver en muchos países árabes, ha sido favorecida gracias a los bajos costes de energía que se pagan, a la falta de códigos y regulaciones edificatorias y políticas administrativas, las cuales han asfaltado el camino hacia un desarrollo insostenible en las prácticas del diseño durante la última década.

## 2. Sistemas de evaluación de la sostenibilidad ambiental de las edificaciones.

Aparece en la década de los 90 y se empieza a hacer visible los primeros sistemas de evaluación de la sostenibilidad, centrándose en la afección al medio ambiente, y con el objetivo de buscar una sostenibilidad ambiental conjunta a todo el edificio (compromiso de reducción de los aspectos ambientales de la edificación a lo largo de todo su ciclo de vida). Si bien es cierto que la mejor forma de evaluar la sostenibilidad de un edificio es mediante la realización del análisis del ciclo de vida (AVC), este resulta demasiado complejo. Es por ello que la gran mayoría de los sistemas de evaluación existentes hoy en día, aunque basados en el mismo concepto de ACV,

prefieren estimar unas puntuaciones específicas en función de la inclusión de distintos criterios.

### 3. Sistemas de evaluación de la sostenibilidad de las edificaciones.

Hoy en día, los sistemas además de incluir la variable medioambiental ya descrita en el punto anterior, incluyen el resto de aspectos o pilares del concepto de sostenibilidad, el factor económico y social con el fin de obtener una perspectiva global de la sostenibilidad de un edificio.

Oriente Medio y la región del norte de África (MENA) será la última red regional en ser lanzada por la World GBC. Como en el caso del resto de redes existentes en el mundo, la red de MENA permitirá a los diferentes "Green Building Councils" (GBC) regionales tener una voz clara propia y en los foros de debate organizados por la World GBC. La presencia de esta red aumentará el perfil regional de los GBC, atrayendo más patrocinio, mayor asistencia a eventos y abrirá la puerta a relaciones con el gobierno, sirviendo de propaga al interés de los países que actualmente no tienen GBC.

La estructura formal propuesta incluirá un Comité Directivo, conformado por un Presidente, un vicepresidente y tres representantes de GBC en la región. El Comité Directivo se reunirá varias veces durante el año (según sea necesario) con el fin de desarrollar el plan de trabajo y guía de actividades regionales.

El primer presidente del Comité Directivo es Dr. Sadek Owianati, miembro de la Junta y fundador del GBC de los Emiratos Árabes. La red en su conjunto estará formada por uno o dos representantes de cada una de las iniciativas GBC en toda la región. Actualmente esta red se compone de catorce GBC en distintos niveles de desarrollo.

Durante los dos últimos años la región de Oriente Medio y norte de África (MENA) ha visto un gran cambio hacia la adopción de principios de construcción verde. El líder en la región ha sido el Emirates GBC, que se creó en 2006 y es el único GBC establecido en la región. Actualmente hay otros trece GBC en la región MENA. Jordan GBC adquirió el estatus de consejo emergente en noviembre pasado, mientras otros ocho son reconocidos como los futuros consejos: Qatar, Arabia Saudita, Marruecos, Siria, Palestina, Líbano, Kuwait, Bahrein. Existen además otros tres grupos asociados en Egipto, Túnez y Omán, los cuales participan activamente en las discusiones entre las partes interesadas y se espera que presenten sus expresiones de interés para en el World GBC durante el año 2012.

Las herramientas o sistemas de evaluación más relevantes desarrolladas específicamente en la región de los países del Golfo Pérsico, son:

- Emiratos GBC (2006): implementación de su herramienta ESTIDAMA, la cual se detalla más en profundidad en capítulos sucesivos.
- Bahrein GBC (2011): aunque no dispone de una herramienta de evaluación inicial, es relevante indicar que (Alnaser, 2008) desarrolló un modelo matemático para conocer el índice de sostenibilidad de los edificios en el Reino de Bahrein, obteniendo un resultado de 0,47 (siendo 0,1 el valor más bajo y 1 el máximo valor).
- Lebanon GBC (2011): posee una herramienta de certificación llamada ARZ aplicable únicamente a edificios comerciales existentes.
- Qatar GBC: implementación de su herramienta QSAS, la cual se detalla más en profundidad en capítulos sucesivos.
- Saudi GBC (2011): se encuentra en proceso de adaptación de la herramienta QSAS a su futura herramienta ASAS (adaptada a las necesidades del país)

### 2.3.1 Evaluación de la sostenibilidad en la edificación

A partir de la evolución histórica en el proceso de evaluación de la sostenibilidad en el sector de la edificación, podemos distinguir en el mercado distintas metodologías, herramientas y sistemas a emplear según el objetivo propuesto al inicio del proyecto. (Eulate, 2010). Estas son:

- Sistemas de evaluación de la sostenibilidad.
- Estándares en edificaciones sostenibles.
- Herramientas de evaluación (programas informáticos)

#### 2.3.1.1 Sistemas de evaluación

Los diferentes sistemas de evaluación existentes, los cuales se desarrollarán más en profundidad en capítulos sucesivos, han experimentado un rápido crecimiento durante las últimas dos décadas. Es el caso del sistema LEED (EUA) y BREEAM (UK) y más recientemente CASBEE. Otras por el contrario llevan aplicándose unos pocos años y otras están en proceso de aplicación. Es el caso de AQUA (Brasil), ESTIDAMA (EAU) y QSAS (Qatar).

A diferencia de los estándares, los sistemas de evaluación aportan en factor de “mejora continua”, sobre la base de que cada vez los modelos y sistemas constructivos deberán cumplir unos requisitos y condicionantes más sostenibles y más estrictos que sus predecesores. (Eulate, 2010)

Una de las principales ventajas de los sistemas de evaluación es que ofrecen al usuario o propietarios final de un edificio una impresión de forma visual y sencilla de las razones por las cuales el edificio es más sostenible que otro, pudiendo establecer una comparación en igualdad de términos entre los mismos .

Existen tres tipos de sistema de evaluación, pues no todos funcionan de la misma manera ni pueden ser certificables por un mismo organismo independiente o por el propio organismo regulador del sistema. Las tres tipologías se representan y se describen tal como se muestra en la Figura 2.5 inferior.



Figura 2.5 Sistemas evaluación  
Fuente: (Eulate, 2010)

### *Sistemas de evaluación*

Conjunto de métodos generales y protocolos, generalmente basados en análisis de ciclo de vida, los cuales se emplean para valorar el comportamiento ambiental de un edificio o de sus sub-sistemas. Hoy en día los actuales sistemas de evaluación incluyen tanto criterios medioambientales, como variables económica y social.

Como veremos para el caso de las herramientas ESTIDAMA y QSAS, estos ya incluyen la variable **cultural**.

Estos sistemas nos permiten obtener una puntuación global correspondiente a una tipología edificatoria “X” en función del cumplimiento de una serie de indicadores de sostenibilidad previamente predefinidos, pero que no necesariamente estén clasificados por aspectos medioambientales.

### *Sistemas de clasificación*

Nos ofrece una valoración del edificio, ya sea de forma parcial mediante los sub-sistemas que lo conforman o en la totalidad del mismo. Ofrecen un doble sistema de medición que permite por un lado obtener un resultado para el conjunto global del edificio (obtenido de la suma ponderada para cada uno de los aspectos ambientales a evaluar), y por el otro y a partir de la puntuación final obtenida, clasificar los edificios en un nivel específico (generalmente entre 4 o 7 niveles)

### *Sistemas de certificación*

En los países desarrollados, principalmente en los Estados Unidos en un periodo de post guerra el comercio de bienes materiales necesitaba estar normado obedeciendo ciertos parámetros exigidos con relación al comercio de productos. Para esto se determinó una serie de elementos llamadas normas o estándares mínimos de calidad, dada la necesidad, se consolidaron grupos u organizaciones para desarrollar actividades de normalización que estaban dirigidas a la calidad (durabilidad y seguridad) de los productos, y posteriormente el concepto fue evolucionando adquiriendo nuevos elementos de acuerdo a las exigencias del momento. (Ramirez, 1992) (Ramallo, 2011)

Para la organización ISO- International Organization for Standardization, en 1946, los delegados de 25 países se reunieron en Londres y decidieron crear una nueva organización internacional; cuyo objetivo fuese “facilitar la coordinación internacional y la unificación de normas industriales: la nueva organización ISO comenzó sus operaciones en el año 1947 en Ginebra Suiza y hoy en día es el mayor referente de certificaciones internacionales. (ISO, 2012)

Para la organización española AENOR – Asociación Española de Normalización y Certificación, que es una entidad privada sin fines lucrativos, creada en 1986, cuya actividad contribuye a mejorar la calidad y competitividad de las empresas, mediante la certificación de productos y servicios. Define que “la certificación es la acción llevada a cabo por una entidad independiente de las partes interesadas mediante la que se manifiesta que una organización, producto, proceso o servicio, cumple los requisitos definidos en unas normas o especificaciones técnicas”. (AENOR, 2012)

Una certificación puede estar relacionada a distintos interventores, y tiene que cumplir un determinado papel:

- La certificación es una forma de garantizar la calidad y de expresar un nivel de competencia alcanzado;
- Para las personas que adquieren un producto, una certificación puede representar la garantía para su inversión, mejorar las oportunidades de venta o utilización del producto y representar un elemento que signifique un “status” ;
- Para las empresas que venden un producto, es una forma de valorar su producto u obtener mejores resultados de su inversión. (IBERFROP, 2000)

Actualmente las certificaciones están catalogadas en relación al destino y al alcance u objeto, por ejemplo, podemos encontrar una gran cantidad de certificaciones con fines medioambientales, pero dentro de este ámbito se podría requerir la necesidad de certificar la seguridad al momento de elaborar un producto X, donde se evaluarán bajo ciertos parámetros establecidos la seguridad del producto X que es medioambiental, posteriormente si es que sus normas y requerimientos lo permiten estaría apto para el consumo.

### 2.3.1.1.1 Tipos de certificaciones

Para clasificar al tipo de certificaciones puede basarse en diferentes criterios, como los mostrados en la Tabla 2.1. Donde se demuestran tres tipos de certificaciones.

Dentro de la certificación en función de la entidad certificada encontramos 3 grupos, empresas, productos y personas, (pese a que puede existir un cuarto).

Tabla 2.1 Tipos de certificaciones  
Fuente: (AENOR, 2012) (Ramallo, 2011)

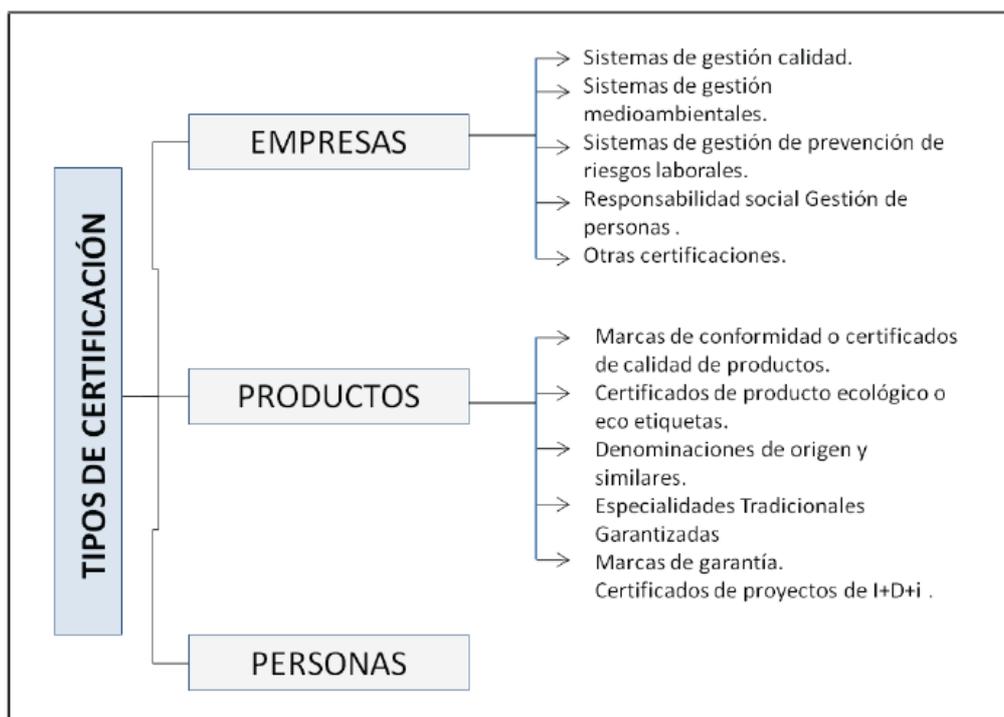
<b>TIPOS DE CERTIFICACIÓN</b>	<b>CERTIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LA NATURALEZA</b>
	<b>Certificaciones de naturaleza pública:</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En función de la naturaleza del organismo acreditador/normalizador.</li> <li>• Cuando las administraciones públicas intervienen en el proceso bien como normalizadores o como acreditadores.</li> </ul>
	<b>Certificaciones de naturaleza privada:</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Donde dichas funciones las realizan organismos privados.</li> </ul>
	<b>CERTIFICACIÓN EN FUNCIÓN DEL ALCANCE DE LA NORMA BASE</b>
	<b>Certificaciones Generales:</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aquellas aplicables a todos los sectores de la economía.</li> </ul>
	<b>Certificaciones Sectoriales:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serían válidas únicamente para un determinado sector de actividad.</li> </ul>	
<b>CERTIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LA ENTIDAD CERTIFICADA</b>	
Se distingue tres grandes categorías principales:	
A. Empresa	
B. Productos	
C. Personas	
D. Mixto (combinan la certificación de una empresa y la posterior certificación de sus productos y de los productos elaborados por otras empresas a partir de ellos)	

**A. Certificación a empresa.** En esta situación el objeto es una empresa o una parte o sección de la misma, así esta puede optar por certificar el modelo de gestión, con los criterios medioambientales, responsabilidad social, de gestión de personas. En función del objeto se puede encontrar los siguientes tipos: Sistemas de gestión de calidad; Sistemas de gestiones Medioambientales; Sistemas de gestión de prevención de riesgos laborales; Responsabilidad social; Gestión de personas; Otras certificaciones. (Ver Tabla 2.4)

**B. Certificación de Productos.** En esta situación el objeto es un producto, entendido en un sentido amplio incluyendo los bienes materiales como a los servicios. La certificación de un producto es la verificación por parte de una entidad independiente de que sus propiedades y características están conformes con las normas y especificaciones técnicas que le son de aplicación. En este tipo de certificación encontramos los siguientes productos: Marcas de conformidad o certificados de calidad de productos; certificados de productos ecológicos o eco etiquetas; denominación de origen y similares; Especialidades tradicionales garantizadas; Marcas de garantía; Certificados de proyectos de I+D+J.

**C. Certificación de Personas.** Consiste en un documento que avala los conocimientos y destrezas de una persona en llevar a cabo actividades de carácter particularmente exigente o precisas. Al igual que para los productos y empresas, pueden inscribirse en el correspondiente registro, donde conste su capacitación contrastada por la entidad de certificación. (Ramallo, 2011)

Tabla 2.2 Tipos de certificaciones  
Fuente: (AENOR, 2012) (Ramallo, 2011)



Existe un gran número de certificaciones en el mercado pero dentro de estas existen dos tipos de certificaciones, las de Productos y las de Sistemas. Por ejemplo la ISO 9001 y la 14001 que dan requisitos genéricos para los sistemas de gerencia, no los requisitos para los productos específicos. (Ramallo, 2011) (CESMEC, 2011) y Figura 2.6. Los certificados de productos pueden demostrar la calidad de un producto y las certificaciones de sistemas son la forma de realizar el producto.

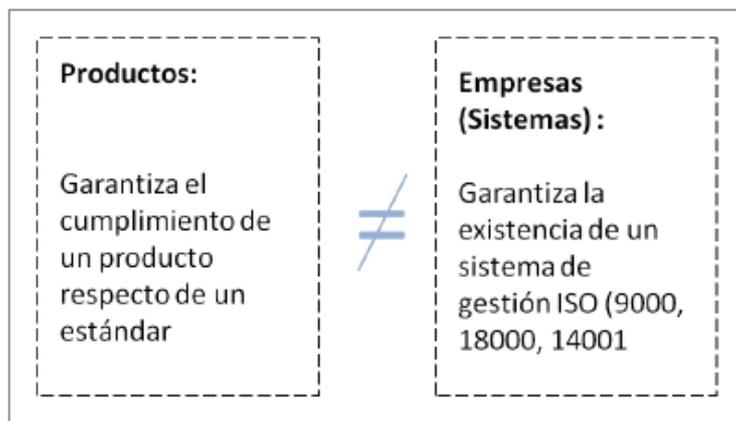


Figura 2.6 Diferencia de certificación de un producto y de un sistema  
Fuente: (Ramallo, 2011) (CESMEC, 2011)

Una certificación puede clasificar sus alcances según el tipo de actividad a cual se dirige, dentro de estas encontramos las certificaciones generales y las sectoriales.

En la certificación general se encuentran elementos que componen el tipo de certificaciones de empresas destinada a varios sectores de actividad, como una certificación de sistemas de gestión de calidad, sistemas de gestión medioambiental, un ejemplo que se ve en la Figura 2.6 que se puede relacionar al tema, es la utilización del ISO 14001:2004, “es una norma internacionalmente aceptada que expresa cómo establecer un SGA (Sistema de Gestión del Medioambiente) efectivo. La norma está diseñada para conseguir un equilibrio entre el mantenimiento de la rentabilidad y la reducción de los impactos en el medio ambiente y, con el apoyo de las organizaciones, es posible alcanzar ambos objetivos”. (ISO, 2012)

En las certificaciones sectoriales se relacionan a los productos finales que demuestran el cumplimiento de un producto bajo ciertas condicionantes, bajo el tipo de certificación de productos encontramos un punto como la certificación de un producto ecológico o las etiquetas, que podemos definir como “el etiquetado ecológico como un procedimiento por el que una tercera parte independiente autoriza a un producto el

uso de un logotipo (eco etiqueta o etiqueta ecológica) acreditativo de que posee uno o varios atributos ecológicos” (Ramallo, 2011). A su vez, podemos dar dos tipos de ejemplos como la Eco-etiqueta o flor europea y la marca AENOR, que evalúa el cumplimiento en los productos que aquellas empresas lo soliciten.

#### 2.3.1.1.1.1 Certificación con carácter de voluntariedad

El carácter que puede tener un tipo de certificación puede variar según cuál sea el fin, dentro de todo se encuentran los dos grupos, obligatorios y voluntarios. En cuanto a las certificaciones obligatorias están incluidos bajo un reglamento o legislación donde se debe cumplir las normas establecidas para proceder a la certificación. En un marco de intervención bajo un nivel comunitario, como la normativa europea, donde cada país miembro vela por legislar y cumplir mediante un reglamento.

Las certificaciones voluntarias son realizadas usualmente por una organización independiente que verifica la conformidad de un objeto específico respecto a criterios establecidos en normas o especificaciones técnicas, y la organización certificadora concede por un plazo determinado un certificado que declara la conformidad y/o una licencia que autoriza el uso de una marca o etiqueta para los objetos certificados.

Los sistemas voluntarios pueden o no hacer referencias a un marco normativo, pero en ningún caso implica el cumplimiento obligatorio del mismo, se trata pues de un sistema voluntario e independiente que permite verificar, identificar y comunicar las “calidades” o “valores” de empresas, productos o servicios. (Berrocal, 2010)

#### 2.3.1.1.1.2 Grupos Promotores

En el funcionamiento de un programa de certificación pueden participar varias organizaciones para la realización de los procedimientos, pero la administración y organización recae sobre una única entidad, que puede ser una personalidad jurídica dada: organismo público, asociación de normalización y certificación, asociaciones específicas o incluso empresas privadas con ánimo de lucro.

Sin embargo, independientemente de la naturaleza jurídica de la entidad emisora de la certificación, esta puede ser pública, cuando es promovida por una administración, o de naturaleza privada cuando no es promovida por entidades públicas. (Berrocal, 2010)

A) Públicos, generalmente los grupos que promocionan certificaciones públicas, tiende a ser obligatorios, porque la administración necesita de elementos para el cumplimiento de alguna normativa, algunos casos muestran la situación de que los elementos de cumplimiento son evaluados por terceros.

B) Privados, tienden a ser lo opuesto de los públicos, los grupos fomentan los programas voluntarios, por asaciones o grupos privados, instituciones independientes, organizaciones sin fines de lucro, que el fin de estas asociaciones privadas es el cumplimiento de elementos propuestos, y como buena fe demostrar o manifestar que el objeto de evaluación posee los estándares o más.

#### 2.3.1.2 Principales características y retos de los sistemas de evaluación en las edificaciones (Eulate, 2010)

En el presente apartado se sintetiza y se exponen una serie de características y problemas comunes a la mayor parte de los sistemas de evaluación, diferencias entre ellos así como sus principales retos.

- a. Centrados en el análisis y baremos de los aspectos medioambientales, ya que son más fácilmente cuantificables que los aspectos sociales y económicos, que conforman los 3 pilares del concepto de sostenibilidad. Remarcar el concepto **cultural** que sí incluye ESTIDAMA y QSAS.
- b. La mayoría de los sistemas de evaluación se centran en nueva construcción, dejando en segundo plano a las ya existentes, dado que la mayor parte de las acciones debe realizarse en la fase de diseño. No obstante, esto no es así cuando el parque edificado es muy superior al de fase en construcción, en dónde una única herramienta capaz de medir la sostenibilidad para ambos casos es necesaria.
- c. Diferencia entre los sistemas
  - i. Los que ofrecen resultados más objetivos posible.
  - ii. Los que sólo generan un sentimiento de concienciación (más fáciles de usar e intuitivos), como es el caso de CASBEE.
  - iii. Los que tienen un alcance muy limitado, bien en la tipología de edificación (sólo residencial como ITACA), o sólo en aspectos ambientales que se contemplan (sólo consumo energético

previsto como Minergie). Si bien el aspecto de “energía” es común a todos los sistemas dada la gran relevancia y papel que juega (fácilmente ponderable en aspectos de energía consumida durante el proceso constructivo y energía embebida en el proceso de fabricación de los materiales, muchas veces es pasado por alto el consumo energético que conlleva el desplazamiento de estos al lugar de la construcción). El software CES EDU PACK por ejemplo, nos permite calcular la huella de carbono en la parte de logística. (Granta, 2012)

- iv. Los que son obligatorios de los que no lo son. Muchas veces sucede que para obtener determinadas ayudas por parte de la administración el edificio debe ceñirse a cumplir el reglamento local. Por otro lado, se observa que en la mayoría de concursos, estos se rigen por sistemas de mayor alcance mundial, como es el caso de LEED, el cual muchas veces no coincide en su totalidad con el sistema local.
- v. Potencian el carácter educativo de los proyectistas, dado que muchas veces pueden ser empleadas como herramientas de diseño con el fin de mejorar determinados aspectos, permitiendo una auto-evaluación completa/parcial con un fin no certificable.
- vi. Coste económico, no siendo el mismo para los diferentes sistemas existentes, pudiendo variar desde los 175€ (Green Globes) hasta los 40.000€ en el caso de LEED.

El factor económico, por tanto juega un papel muy importante a la hora de potenciar o relegar el uso de estos sistemas.

- d. Fenómeno de persecución de puntos. En muchos casos, el equipo se centra en la búsqueda y obtención de los puntos “fáciles”, sin atender a si dichos puntos son consecuentes y establecen sinergias lógicas con las características del edificio que se está proyectando y que se pretende evaluar.
- e. Remarcar que uno de los mayores retos a los que han de enfrentarse los sistemas de evaluación es su adaptación a aquellos países con menor desarrollo o que se encuentran en una fase inicial en aspectos relativos a la sostenibilidad:
  - i. La variable social y económica y CULTURAL también debería cobrar peso además de la variable ambiental. Tal y como

veremos en capítulos sucesivos, es exactamente el problema al cuál se enfrena el Sultanato de Omán.

- ii. Se deben establecer distintos niveles de complejidad, de tal manera que no se exijan aspectos muy rígidos o técnicamente exigentes a un nivel inferior, y que posteriormente vayan incrementándose, en áreas de la sostenibilidad.
- iii. Cada sistema debe ser adecuado a los parámetros específicos de cada país, teniendo en cuenta lo que es legislativamente exigible y lo que constituye un añadido a favor de la sostenibilidad, la adaptación a los modos de construir del país, al organigrama de los agentes intervinientes en la edificación, etc. Además hay que considerar que los principales sistemas tienen su origen en países industrializados, por lo que para poder ser empleados en países en desarrollo deberán ser adaptados.
- iv. La mayor parte de los sistemas suponen que la sostenibilidad comienza una vez superado los requisitos obligados por la normativa, olvidando que en estos países con un menor desarrollo, la legislación en materia de construcción no se encuentra tan avanzada.

Con el objetivo de promover la implantación de nuevos sistemas emergentes, pasando este a ser certificable y pase a adquirir una relevancia importante dentro del sector de la edificación, deberán existir en una primera fase inicial “incentivos económicos” a la certificación con el objetivo de promover el cambio de mentalidad. No obstante, dichos incentivos deberían realizarse únicamente en fase inicial, siendo una gran carga económica a posteriori por parte de la administración. (A.Al-Badi, 2009)

Por último, nombrar otra serie de problemas a los que se enfrentan la mayoría de los sistemas de evaluación disponibles en el mercado (Eulate, 2010):

1. Consumo de tiempo que conlleva la realización de la evaluación y posterior proceso de certificación, siendo en muchos casos muy largo.
2. En ocasiones resulta complejo considerar de manera aislada aspectos que puedan ser considerados a un único edificio de forma independiente, sin tener en cuenta aspectos de urbanización, barrio o proyecto de desarrollo.
3. En la mayoría de los sistemas de evaluación el análisis de riesgo y estimación del coste a la variable ambiental se ha omitido, siendo parte fundamental con el

que la propiedad analizará si le compensa adoptar dichas medidas en el proyecto (desembolso económico)

### 2.3.2 Programas de Eco Etiquetado y Consejos “Green Building”

También llamadas eco etiquetas, son símbolos que se otorgan a aquellos productos cuya producción y reciclado producen un impacto menor sobre el medio ambiente dado que cumplen con una serie de criterios ecológicos definidos previamente mediante el análisis de su ciclo de vida.

Existen tres tipos de eco etiquetas en donde la Organización Internacional para la estandarización (ISO) ha diseñado tres normas (familia Normas 14020), con el objetivo de englobar las prácticas de etiquetaje a nivel internacional.

#### 2.3.2.1 ECOLABELINDEX.COM



Organización fundada en noviembre del 2007 bajo el nombre de ECOLABELLING.ORG por una empresa canadiense sin fines de lucro Big Room Inc. ha sido establecida en respuesta al crecimiento explosivo reciente de las etiquetas ecológicas con el objetivo de reunir todas las iniciativas para el etiquetado ecológico existentes en el mundo en una plataforma común disponible online para ofrecer informaciones específicas e imparciales acerca de estos sistemas a los consumidores y empresas interesados.

Con el fin de demostrar su transparencia y confianza al consumidor, las eco etiquetas se evalúan mediante cuatro entidades dentro de Ecolabelling, que están en base a una entidad acreditadora, entidad certificadora y entidad certificada y en algunos la entidad normalizadora. (Ecolabelindex, 2012)

En la actualidad, Ecolabelindex.com posee 431 eco etiquetas registradas repartidas entre 246 países y en 25 sectores diferentes [Figura 2.7]. El continente americano y europeo concentran el mayor número de eco etiquetas, siendo Estados Unidos y Canadá los dos países con mayor número. (Ramallo, 2011)



Figura 2.7 Ejemplos Eco Etiquetas  
Fuente: (Ecolabelindex, 2012)

El sector de la edificación representa aproximadamente un 30% sobre el total de ecoetiquetas existentes en el mercado, los cuales pueden verse representados en la Figura 2.8.

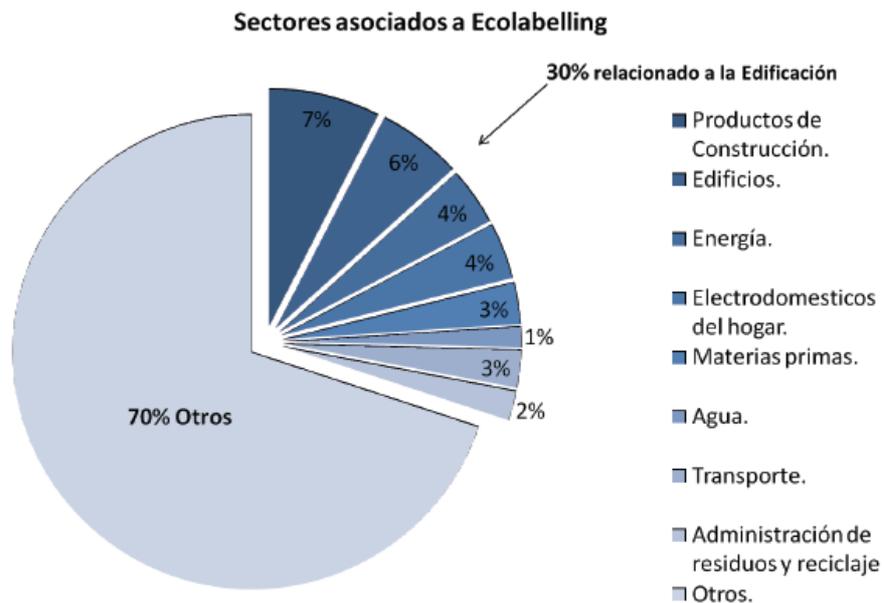


Figura 2.8 Porcentajes de sectores ocupados en Ecoindex  
Fuente: (Ramallo, 2011)

### 2.3.2.2 Consejos “Green Building”

El incremento en la edificación sostenible logró proponer grupos o asociaciones, donde se abordan y se discuten temas relacionados a la optimización en edificaciones verdes. En 1998, los representantes nacionales del Consejo de Edificaciones Verdes se reunieron para examinar las actividades globales y ofrecer su apoyo con la creación del World GBC (Green Building Council) a través de la creación de un consejo que está compuesto por varios países de todo el mundo, por lo que es la mayor organización internacional que influye en el mercado de la construcción verde. (World GBC, 2012)

#### 2.3.2.2.1 WORLD GREEN BUILDING COUNCIL



El WGBC (World Green Building Council), fundada en el año 1999, es una coalición de GBC (Green Building Councils) con miembros en organizaciones en 80 países. Es la mayor organización internacional de influencia en el mercado “Green Building”, y su rol principal no es otro que el de formalizar la comunicación internacional, ayudar a los líderes del sector industrial a acceder a los mercados emergentes y a proveer la “voz cantante” en iniciativas de edificios “verdes”. (World GBC, 2012)

Sus principales proyectos en marcha en la actualidad, entre otros, son:

- Organización de la “World Green Building Week”, en la cual mediante exposiciones y debates, los diferentes Green Building Councils (GBC) presentan cómo sus edificios verdes han llegado a conducir desde vecindarios verdes, pasando por comunidades hasta alcanzar ciudades verdes.
- Common Carbon Metrics Project, herramienta común mediante la cual se podrá evaluar y comparar las emisiones de carbono en todo el mundo en los diferentes edificios con el objetivo de poder optimizarlos. (SBCI, 2010)
- WorldGBC Government Leadership Awards, en los cuales se premia por ejemplo la mejor política verde implantada en edificios verdes, la transformación en el sector industrial, etc. Estos premios tienen la finalidad de inspirar otros gobiernos a cualquier nivel a compartir las mejores prácticas en políticas de edificios verdes, y a remarcar que los edificios verdes son la mejor estrategia para reducir las emisiones de carbono.

- Participación en las conferencias de Cambio Climático organizadas por Naciones Unidas.
- Colaboración con otras organizaciones como UNEP SBCI, UN-Habitat, ICLEI, Sustainable Building Alliance (SBA) y la International Union of Architects (IUA).

#### 2.3.2.2.2 SB ALLIANCE



La Sustainable Building Alliance es una organización internacional sin fines de lucro promovida por la UNESCO chair for sustainable Building y la iniciativa por el Edificio y Construcción Sostenible del PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) fundada en el 2008, con el propósito de acelerar la adopción de las prácticas sostenibles en el ámbito de la edificación a través de indicadores para la certificación del rendimiento de los edificios.

Los objetivos de la Sustainable Building Alliance son (SB Alliance, 2012):

- Establecer un conjunto de indicadores clave para la evaluación medio ambiental de los edificios y las áreas urbanas.
- Compartir gastos para actividades de investigación y desarrollo en el ámbito de la construcción sustentable.
- Compartir un lenguaje común y facilitar el intercambio de datos.
- Encarar el desafío del cambio climático produciendo instrumentos cada vez más exigentes, mantener esta lógica mientras que el mercado lo pueda soportar, y comparar las diferencias entre los países participantes.

La primera versión de indicadores clave ya ha sido puesta en común y acordada por todos sus miembros, siendo estos los que se muestran en la Figura 2.9 inferior.



Figura 2.9 Indicadores fundamentales acordados por la SB Alliance  
Fuente: (SB Alliance, 2012)

Con lo que de esta forma se logra entre todos sus miembros integrantes:

- Permitir la evaluación de los principales impactos ambientales.
- Desarrollar un vocabulario común a nivel internacional para la evaluación ambiental de los edificios.
- Facilitar la comunicación entre las otras partes interesadas.
- Dar soporte al desarrollo de futuros esquemas de evaluación.
- Facilitar las comparaciones entre diferentes edificios y países en todo el mundo.

En la Figura 2.10 inferior se puede observar algunos de los sistemas de certificación que forman parte del consejo, algunos de los cuales ya consolidados y acreditados a nivel internacional.



1

Figura 2.10 Sistemas asociados a SB Alliance. Fuente: (Ramallo, 2011)

### 2.3.3 Estándares en edificaciones sostenibles

Se trata de herramientas más directas y relacionadas con los usuarios finales que lo que suponen los sistemas de evaluación mencionados en el capítulo anterior.

Las iniciativas que relacionan construcción con sostenibilidad pueden ser agrupadas según los distintos aspectos ambientales sobre los que actúan, como puede ser la adaptación al entorno, consumo de energía, emisiones de gases o consumo de materiales.

Tal y como se mencionó en capítulos anteriores, los estándares establecen requisitos mínimos de comportamiento, pero estos no realizan una clasificación ni evaluación. Solo se limitarán a determinar si un edificio cumple o no cumple con los requisitos necesarios de dicho estándar. (Eulate, 2010)

En la actualidad los principales estándares se centran principalmente en el consumo de energía y más en concreto en su eficiencia.

Entre los principales estándares, podemos destacar:



Passivhaus standard (Passive House, 2012), es un estándar constituido en un sistema que permite certificar el bajo consumo energético de una vivienda basándose en el establecimiento de tres elementos fundamentales: límite de consumo de energía (para calefacción y refrigeración), requisito de calidad (confort térmico) y mediante un catálogo de sistemas pasivos o soluciones constructivas que permiten cumplir con los requisitos anteriores con criterios de rentabilidad económica.



El Energy Star para edificios (Energy Star, 2012), programa voluntario, está basado por el EPA (Energy Environmental Protection Agency) y el Departamento de Energía de los Estados Unidos. Creado en 1995 con el fin de evaluar la eficiencia

energética y el consumo de agua de los edificios, basado en la comparación de edificios y un uso de los puntos de referencia (benchmark).



ASHRAE The American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers (ASHRAE, 2012), creado en los Estados Unidos es una de las asociaciones más reconocidas en cuanto a la certificación energética de edificios y sistemas de operaciones a edificios sus objetivos se centran en servir a la humanidad con la promoción de la sostenibilidad.



Low Energy Buildings o edificios de bajo consumo energético, no constituyen por sí mismos ningún estándar reconocido, sino que constituyen una denominación común para las edificaciones de bajo consumo energético, el cual se logra mediante dos principales factores: gracias al menor consumo energético a lo largo de todo su ciclo de vida y gracias al bajo consumo energético de las instalaciones que incorporan. Dentro de la categoría Low Energy diferenciamos dos tipos: Zero Energy Buildings, cuyo consumo energético es contrarestado por la producción energética mediante el uso de energías renovables y Energy + Buildings, en cuyo caso la energía producida es mayor a la consumida.

A nivel normativo, el parlamento europeo ha planteado una revisión de la directiva al rendimiento energético de las edificaciones, por lo que se ha establecido a que las edificaciones de nueva construcción a realizadas a partir de 2019 sean Zero Energy Buildings (Edwards, 2009) y Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Calendario de introducción de estándares de bajo consumo energético en las regulaciones de los Estados miembros. Fuente: (Eulate, 2010)

País/año	2009	2010	2012	2013	2015	2016	2020
Dinamarca		-25%			-50%		-75%
Francia			LEB				E+
Alemania	-30%		-30%				NFFB
Holanda		-25%			-50%		ENB
Reino Unido		-25%		-44%		NZEB	

LEB: Low Energy Buildings

E+: Energy + Buildings

ENB: Zero Energy Buildings

NFFB: Edificios sin consumo de combustibles fósiles

NZEB: Edificios cero emisiones CO<sub>2</sub>, incluyendo calefacción, iluminación, ACS y aparatos eléctricos.



Zero Carbon supone la búsqueda de la neutralización en las emisiones de carbono en los edificios mediante estrategias denominadas zero-carbon o zero emissions. Supone a su vez una visión radical del futuro energético para los próximos 20 años, dirigida a la drástica reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. En este tipo de edificaciones se busca: reducción de la demanda, mejora en la eficiencia de las instalaciones proyectadas, aportaciones de energía procedente de fuentes renovables cero emisiones y compensación con reforestaciones y revegetaciones para aquellas emisiones que no puedan compensarse de otra forma.

Como aspecto negativo, el balance cero de emisiones de carbono se centra únicamente en la vida útil y fase de uso de la edificación, excluyendo otras fases relevantes como es la energía consumida para la obtención de materiales, transporte y puesta en obra y fin de vida de los mismos.



El Effinergie (Effinergie, 2012), programa voluntario creado en el 2006 en Francia, la asociación con el objetivo de desarrollar mercados de construcción, a partir de un punto de vista energético confortable y eficiente.





Energy Saving Trust (Energy Saving Trust, 2012), programa voluntario creado en el Reino Unido con la premisa de cooperación al ahorro energético evitando las emisiones de carbono.



Build up energy solutions for better buildings (Build Up, 2012), su objetivo es promover edificios con un alta eficiencia energética en toda Europa, mediante la conexión de profesionales de la construcción.

#### 2.3.4 Herramientas de evaluación (Programas informáticos)

Son programas informáticos que nos permiten evaluar en profundidad las distintas características de un edificio, ya sea de forma global (ponderando el impacto ambiental de la edificación) o de forma específica (comportamiento energético de la edificación)

Su fin no es el de obtener una certificación ni una clasificación, aunque para el caso de la herramienta Calener, los resultados que obtengamos si puedan llegar a ser válidos para obtener dicha certificación.

Podemos clasificar las distintas herramientas existentes en el mercado en dos grandes grupos (Eulate, 2010) y Figura 2.11:

- Herramientas de evaluación ambiental basadas en el Análisis del Ciclo de Vida (ACV).
- Herramientas de evaluación centradas en comportamiento energético de los edificios.

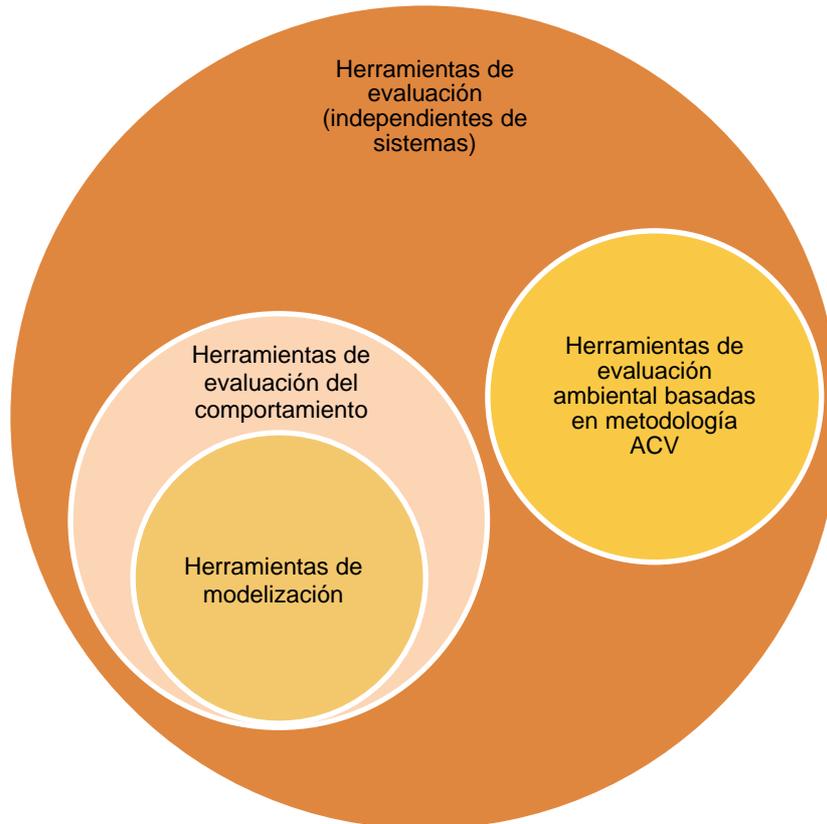


Figura 2.11 Clasificación sistemas de herramientas de evaluación  
Fuente: (Eulate, 2010)

#### 2.3.4.1 Herramientas de evaluación ambiental basadas en el ACV

Se puede definir Análisis del Ciclo de Vida (ACV) como el proceso que identifica los flujos de materiales, energía y residuos que genera un edificio durante toda su vida útil, de manera que el impacto ambiental pueda determinarse por adelantado. Los flujos analizados engloban la extracción de materiales y su uso, reutilización, reciclaje o eliminación.

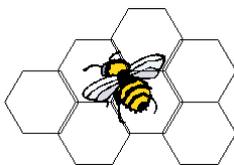
El ACV se distingue de otros métodos de auditoría medioambiental en que su evaluación del impacto considera todos los factores ecológicos en el tiempo en una amplia zona geográfica. (Edwards, 2009)

Las herramientas ACV existentes hoy en el mercado son herramientas que simplifican los cálculos para obtener el ACV de un edificio de tal forma que pueden servir como herramienta de asesoramiento durante la fase inicial de proyecto. Permiten simular además cuál va a ser el comportamiento ambiental del edificio a lo largo de todo su ciclo de vida y su vocación es no certificable.

Entre las herramientas más destacadas en el mercado podemos destacar:



ATHENA (Athena, 2012), desarrollado por el ATHENA Institute de Canadá es capaz de evaluar y comparar las implicaciones medioambientales que supone el desarrollo de un nuevo edificio (o parte del mismo) o de una rehabilitación desde la fase de diseño. Su función principal es la de facilitar la elección por parte del proyectista de aquellos materiales o sistemas constructivos que minimicen el impacto del edificio sobre el medio ambiente. Por último, además permite realizar un análisis comparativo entre dos o más posibles diseños para comparar su comportamiento ambiental.



BEES (NIST, 2012), fue desarrollado por NIST, el Instituto de Estándares y Tecnología de EEUU basada en la metodología LCV según lo especificado en la ISO 14040. Mediante esta herramienta se puede evaluar tanto los impactos ambientales como los costes económicos asociados al ciclo de vida de los materiales empleados en la edificación. Mide también el rendimiento económico de los distintos productos empleados (coste inversión inicial, coste replazo, funcionamiento, mantenimiento, reparaciones y eliminación).



ECO-Quantum (IVAM, 2011), desarrollado en Holanda y basado en la metodología LCA. La herramienta es capaz de evaluar los impactos del edificio desde la extracción del material hasta la fase de demolición o reutilización de los mismos. También tiene en cuenta la posibilidad de reciclaje del material.



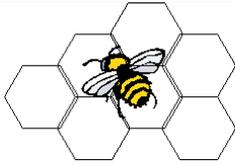
ENVEST (ENVEST, 2012), desarrollado en Reino Unido, es una herramienta que considera los impactos ambientales tanto de los materiales empleados en la construcción del edificio como la energía y los consumos que son realizados en el edificio durante su vida útil. Los impactos ambientales son medidos en Ecopuntos, permitiendo a los diseñadores establecer comparaciones entre distintos diseños.



LISA (Lisa, 2012), desarrollada por BPH en Australia con la colaboración de la Universidad de Newcastle y el Swedish Building Institute. Basada en la metodología LCA, es una herramienta que permite evaluar los impactos ambientales asociados a un edificio durante todo su ciclo de vida y desde la fase de diseño.

En la Tabla 2.4 inferior se resumen las características de las herramientas citadas anteriormente.

Tabla 2.4 Tabla resumen de las herramientas de evaluación ambiental basadas en Análisis de Ciclo de Vida. Fuente: (Eulate, 2010)

Denominación	Logotipo	Institución	País	Versiones
Athena		ATHENA Institute	Canadá	Gratuito. Versión beta 1.2
BEES		NIST, Instituto de Estándares y Tecnología de EEUU	EEUU	Gratuito. Versión 3.0
ECO-quantum		IVAM Research and Consultancy on Sustainability	Holanda	Gratuito
Envest		BRE Group	Reino Unido	Versión demo. Licencia "Estimador" 450€ ; Licencia "Calculador" 930€
Lisa		BPH-Australia	Australia	Gratuito

#### 2.3.4.2 Herramientas de evaluación del comportamiento energético

Son herramientas que permiten obtener una visión global de la edificación y a la misma vez centrarse en aspectos más específicos como pueden ser la ventilación, la iluminación, pérdidas térmicas, ganancias térmicas, etc, permitiendo calcular de una forma más exacta aquellos aspectos sobre el comportamiento energético del edificio que pueden ser modificados por el proyectista con el fin de reducir el impacto ambiental del edificio asociado a su consumo energético.

Entre las herramientas más destacadas en el mercado podemos destacar:



**ENERGY PLUS** (Energy Plus, 2012), desarrollado por el U.S Department of Energy (DOE), es una de las herramientas más potentes en la actualidad. Nos permite simular calefacción, refrigeración, climatización, iluminación, ventilación, agua y flujos de energía. Asimismo, permite calcular sistemas fotovoltaicos, colectores solares térmicos, muros trombe entre otras cosas.



**TRNSYS 17** TRNSYS (Transient System Simulation Program) (University of Wisconsin, 2012), desarrollado por la Universidad de Wisconsin (EEUU), es una herramienta de evaluación energética que incluye interfaz gráfica, motor de simulación y librería de componentes que abarca diferentes modelos de edificación a equipos de climatización, pasando por energías renovables y tecnologías emergentes.



**DESIGN BUILDER** (Design Builder, 2012), es una herramienta desarrollada en el Reino Unido que permite evaluar el consumo energético, las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas y el comportamiento lumínico de un edificio. Además permite la observación del comportamiento ambiental del edificio durante la propia fase de diseño, permitiendo realizar acciones como por ejemplo el cálculo de consumo energético del edificio y de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas, evaluación del sobrecalentamiento que distintas opciones de fachada pueden generar, curvas de distribución de temperaturas, simulación de iluminación natural e incorporación de sistemas de control de la iluminación, etc.



**INTEGRATED ENVIRONMENTAL SOLUTIONS (IES,** 2012), es una empresa que ofrece varios servicios orientados a obtener edificios energéticamente eficientes, reduciendo sus emisiones de CO<sub>2</sub> de forma drástica. Su herramienta informática llamada VE-Pro (Virtual Environment Pro) permite a

diseñadores a verificar diferentes opciones de diseño, a identificar las mejores soluciones pasivas, comparar tecnologías de baja emisión de gases de carbono, mejoras en el uso de la energía, confort térmico de los ocupantes, niveles de iluminación y renovación de aire.

El dato más interesante es que el programa nos ofrece descargar módulos adaptados a las diferentes herramientas de evaluación/certificación de más renombre internacional, como puede ser el caso de LEED, BREEAM o Green Star.



ECOTEC ANALYSIS (Ecotec, 2012), es una herramienta desarrollada por Autodesk que facilita la información y cálculo relativo a la captación solar, comportamiento térmico, iluminación, acústica y análisis de costo. Ha sido diseñada con el objetivo de la evaluación del comportamiento ambiental de las edificaciones desde su mismo proceso, por lo que facilita y fomenta el diseño pasivo de edificaciones.



CALENER (Mityc, 2012), es una herramienta oficial desarrollada por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España para la realización de la Opción General, según el Real Decreto 47/2007 de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

Un estudio realizado para el caso de la herramienta LEED nos indica que un total de 17 créditos y 2 pre-requisitos fueron obtenidos durante la fase previa mediante el uso del programa. Otra de las grandes ventajas de esta herramienta es que supone un enorme ahorro de tiempo y nos permite a su vez obtener una primera visión de la sostenibilidad del proyecto en fases muy tempranas de diseño. (Azhar, 2011)

En la Tabla 2.5 inferior se resumen las características de las herramientas citadas anteriormente.

Tabla 2.5 Tabla resumen de las herramientas de evaluación del comportamiento energético.  
Fuente: (Eulate, 2010)

Denominación	Logotipo	Institución	País	Versiones
Energy Plus		US Department of Energy (DOE)	EEUU	Gratuito. Versión 7.1.0
TRNSYS		Universidad de Wisconsin	EEUU	Versión demo (caduca Sept 2012). Licencia estudiante 1800€
Design Builder		Design Builder Software Ltd	Reino Unido	Versión demo 30 días v3. Licencia estándar 1700€
IES		IES Consulting	Reino Unido	Versión demo 30 días. Licencia anual estudiante 60€
Ecotec		Autodesk	EEUU	Licencia software gratuita para estudiantes (versión 2011)
Calener		Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España	España	Gratuito. Versión 2011

## 2.4 CERTIFICACIONES GREEN BUILDING

Se entiende por Edificio Verde aquel que pone en práctica la creación de estructuras a través del empleo de procesos medioambientalmente responsables y eficientes en cuanto a la fuente de sus recursos a través de su ciclo de vida, desde el emplazamiento del diseño, la construcción, la operación, mantenimiento, la renovación, y la deconstrucción (EPA, 2012). Parte fundamental de los aspectos que todo edificio sostenible debe considerar son: análisis de los aspectos energéticos (eficiencia energética) y elementos como el consumo del agua, materiales de construcción, residuos, calidades ambientales y otros; todos ellos certificados por grupos o asociaciones sin ánimo de lucro y evaluados por terceras partes.

Durante la cumbre de la Tierra de la ONU en 1992 en Rio de Janeiro, se asumió el enfrentar de forma conjunta los problemas relacionados a la energía, medioambiente y ecología (Ramallo, 2011); la sola cuestión energética había perdido supremacía y había pasado a ser un elemento más, aunque muy importante. Otras cuestiones como la salud el estrés y la productividad, despuntan como elementos configurados del diseño ambiental. La sostenibilidad se ha convertido en un marco intelectual que permite conciliar muchos intereses opuestos. En la Cumbre de Rio de Janeiro se estableció un programa en tres puntos, extensible a toda actividad humana [Figura 2.12] donde se tomaron medidas para promover las tres “E” energía, entorno y ecología [Tabla 2.6].

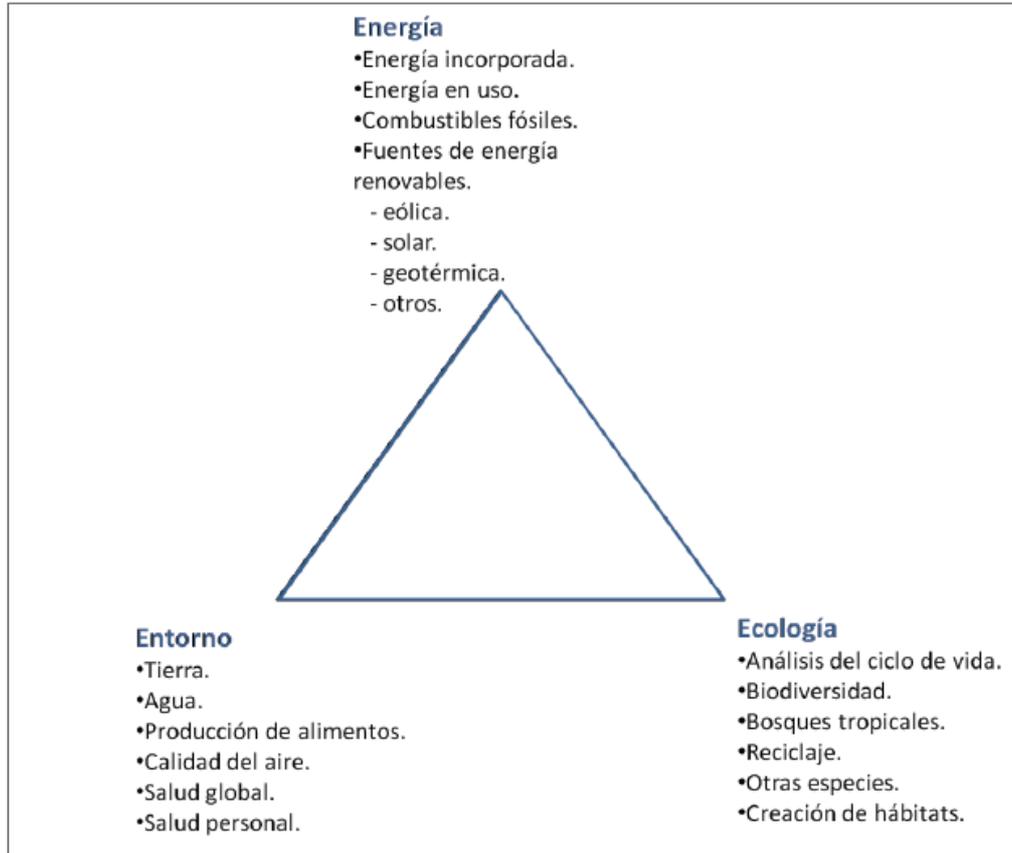


Figura 2.12 Tres perspectivas sobre el proyecto ecológico.  
Fuente: (Edwards, 2009)

Tabla 2.6 Medidas para promover las tres “Es”  
Fuente: (Edwards, 2009)

### Energía

- Utilizar fuentes de energía renovables frente a combustibles fósiles.
- Proyectar en base a un base a un bajo consumo energético.
- Considerar el edificio como una fuente de energía.
- Considerar todos los tipos de consumo de energía (calefacción, iluminación, ventilación y transporte).
- Aprovechar la recuperación del calor.
- Utilizar la orientación para reducir la carga energética.
- Tener en cuenta la energía incorporada y energía de uso.

### Entorno

- Considerar el impacto ambiental en sus sentido mas amplio.
- Considerar la conservación de recursos (tierra, agua, materiales)
- Restaurar terrenos y edificios como parte del proceso de construcción.
- Evitar la contaminación en base al diseño.
- Proyectar con los objetivos de durabilidad, flexibilidad y reciclaje.
- Proyectar para promover la salud, el confort y la seguridad.

### Ecología

- Considerar los efectos de la selección de materiales sobre la biodiversidad.
- Enlazar los sistemas del proyecto y los sistemas ecológicos.
- Ver la construcción como un circuito cerrado que incluye el reciclaje de los residuos.
- Promover la diversidad a partir de un mínimo de recursos.
- Aprovechar la urbanización para ampliar o crear hábitats naturales.
- Utilizar la vegetación para crear protección y mejorar la eficiencia energética.

Muchos de los sistemas de evaluación obtuvieron un proceso de “evolución” de ser herramientas para una eficiencia energética, a tratar de abarcar la naturaleza polifacética de las alternativas ecológicas relacionadas a la promoción las tres “E”. En este proceso evolutivo, por ejemplo el sistema más reconocido de evaluación en el Reino Unido, paso a implementar temas como el ahorro de agua y salud de los ocupantes. A medida que las cuestiones a tener en cuenta se diversifican, se tiende a utilizar indicadores en vez de medir todos los impactos posibles. Los indicadores son una herramienta muy útil, porque proporcionan una visión más amplia de los problemas, aportan dos tipos de información (Edwards, 2009):

- Grado de consecución de un objetivo y
- Fluctuación del sistema.

Ambos tipo de indicadores se emplean al momento del diseño sostenible, el primero como parte de las metas en un anteproyecto, y el segundo como una herramienta de control; un buen indicador en el tema de la eficiencia energética es el cálculo de energía consumido por metro cuadrado ( $\text{kW/h/m}^2$ ) donde se podrá utilizarlo para evaluar el estado de un edificio en una etapa de planificación y en una etapa de conclusión, sin embargo este indicador no valora la fuente de energía, lo que necesitaría de un indicador adicional que mida el porcentaje de energía que se genera con fuentes renovables, esto lleva a pensar que para un indicador de energía y el de las fuentes de energía se obtendría datos que puedan llevar a la planificación o corrección en la etapa de diseño. Otro indicador es la salud (en los trabajadores y futuros ocupantes), la biodiversidad, el impacto ecológico que analice el ciclo de vida de los materiales. (Edwards, 2009)

Para esta gran cantidad de indicadores que son consideradas como variables, el diseño sostenible necesita un conjunto sencillo de herramientas de evaluación, basados en principios y valores fácilmente comprensibles.

#### 2.4.1 Sistemas de evaluación de la sostenibilidad en la edificación

El rápido crecimiento en metros cuadrados de edificios construidos etiquetados como “Edificios Verdes” ha ido en aumento durante los últimos años. El US Green Building Council ya ha certificado un total de 1 billón de metros cuadrados mediante su herramienta de evaluación LEED, y otros 6 billones ya se encuentran registrados en el resto del mundo. (USA Today, 2010)

El consejo Sustainable Building Alliance recoge todas aquellas herramientas de evaluación existentes en el mundo, y las más destacadas se resumen en las Figuras 2.13-2.14 y Tablas 2.7-2.8 adjuntas.

#### 2.4.1.1 Sistemas de referencia en el entorno de la edificación sostenible

##### a. Europeos

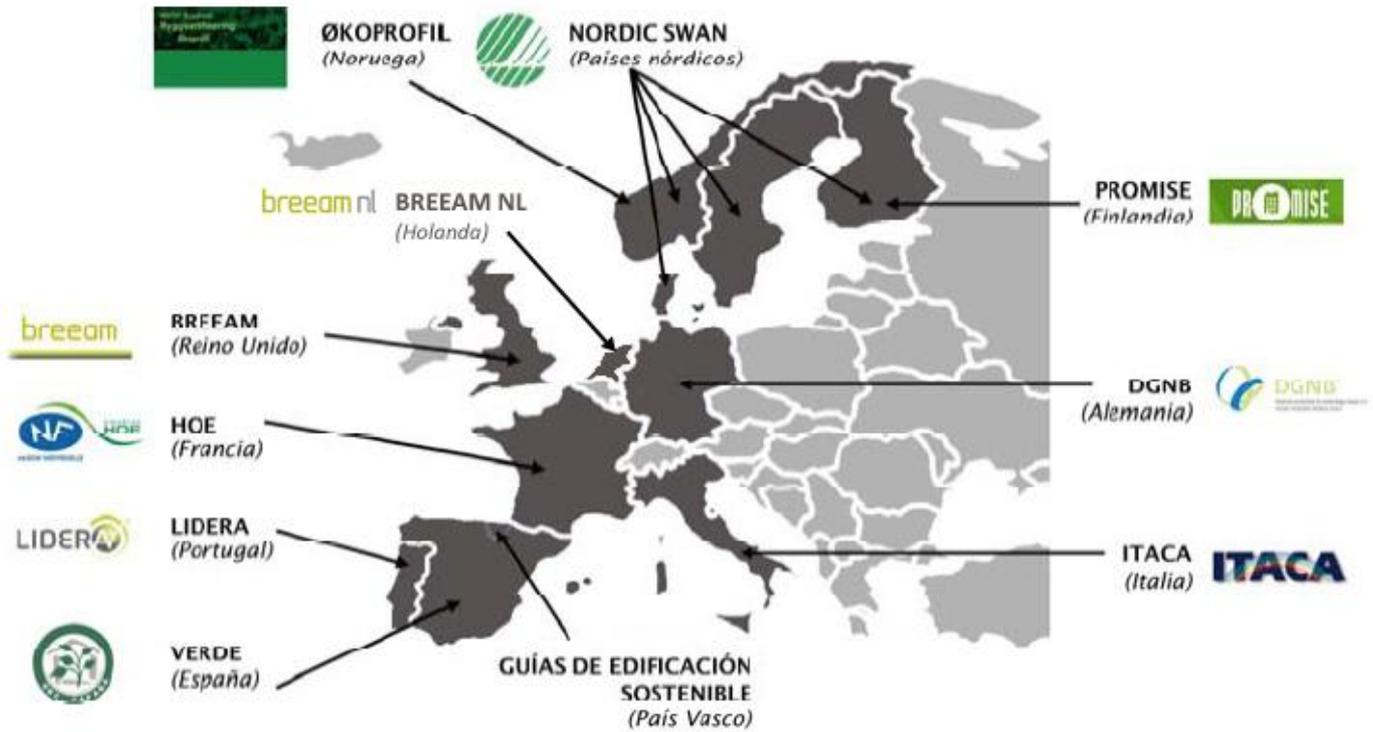


Figura 2.13 Sistemas de evaluación europeos  
Fuente: Modificado en base a (Eulate, 2010)

Tabla 2.7 Sistemas de evaluación europeos  
Fuente: Modificado en base a (Eulate, 2010)

SISTEMA	LOGOTIPO	INSTITUCIÓN	PAÍS ORIGEN
BREEAM		BRE Trust	Reino Unido
HQE		Association pour la Haute Qualité Environnementale	Francia
Verde		GBC España	España
Protocollo ITACA		Instituto per l'Innovazione e Trasparenza degli Appalti e la compatibilita ambientale	Italia
Guías Edificación País Vasco		Gobierno Vasco	País Vasco
PromisE		Ministerio de Medioambiente	Finlandia
Økoprofil		Byggforsk – Norwegian Building Research Institute	Noruega
Nordic Swan		Nordic Council of Ministers	Países nórdicos
BREEAM NL			Holanda
Lider A			Portugal
DGNB		Deutsche Gesellschaft für nachhaltiges Bauen	Alemania

a. Nivel Mundial



Figura 2.14 Sistemas de evaluación mundiales  
Fuente: Modificado en base a (Eulate, 2010)

Tabla 2.8 Sistemas de evaluación mundiales  
Fuente: Modificado en base a (Eulate, 2010)

SISTEMA	LOGOTIPO	INSTITUCIÓN	PAÍS ORIGEN
LEED		U.S Green Building Council	EEUU
CASBEE		Japan Green Building Council	Japón
AQUA	 Processo AQUA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	Fundación Vanzolini	Brasil
ESTIDAMA	 استدامة estidama	Abu Dhabi Urban Planning Council	UAE
QSAS	 QATAR SUSTAINABILITY ASSESSMENT SYSTEM المنهجية العالمية لتقييم الاستدامة	Gulf Organization for Research & Development (GORD)	Qatar
Green Star	 green star Green Building Council of Australia	Green Building Council of Australia	Australia

Green Globes		BOMA Canada: The Green Building Initiative	Canadá/EEUU
SB Tool		iiSBE (International Initiative for a Sustainable Building Environment)	Internacional
HK BEAM		BEAM Society	Hong-Kong
EEWH		Taiwan Green Building Council	Taiwan
Green Mark		Building Construction and Authority (BCA)	Singapur
NABERS		New South Wales Government (NSW)	Australia
SBAT		Council for Scientific and Industrial Research (CSIR)	Sudáfrica
MinergiE		Minergie Building Agency	Suiza



### 3 METODOLOGÍA

A lo largo de los siguientes apartados se procederá a exponer las principales características de las herramientas de certificación más empleadas a nivel mundial, distinguiendo entre sus aspectos administrativos funcionales así como los aspectos más técnicos de cada una de ellas.

#### 3.1 LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN – LEED

Tal y como se mencionaba en apartados anteriores , el EI WGBC (World Green Building Council), fundada en el año 1999, es la mayor organización internacional que influye en el mercado de la construcción verde.

Actualmente se presenta como una asociación consolidada con un objetivo enfocado en ser la voz global del GBC y facilitar la transformación global de la industria de la construcción hacia la sostenibilidad, con la función de fomentar nuevos Consejos Verdes de construcción poniendo a disposición herramientas y estrategias para establecer organizaciones fuertes y posiciones de liderazgo en sus mercados como parte de cualquier estrategia integral para conseguir reducciones de emisiones de carbono. (USGBC, 2012)

En EEUU, el GBC inicia llamándose el U.S. GBC, en la actualidad una organización sin ánimo de lucro donde existe un trabajo multidisciplinar comprometido con el futuro de lograr un ahorro energético y un desarrollo sostenible a través de los edificios sostenibles. Los siete pilares en los cuál está basado el consejo son (Ramallo, 2011):

- Promover la línea triple. En la que el U.S GBC plantea basar en una solución que vaya en un balance dinámico entre lo medioambiental, social, y prosperidad económica.
- Establecer su liderazgo, demostrando que la esta línea triple puede beneficiar a la sociedad.
- Reconciliar la humanidad con la naturaleza, con actividades que reencuentren esa armonía.
- Mantener integridad, guiados para precautelar el principio en la utilización de datos científicos, para preservar y restaurar la salud del medio ambiente y la preservación de ecosistemas y especies.
- Garantizar la inclusión, mediante equipos interdisciplinarios, decisiones democráticas inculcando comprensión y compromisos compartidos hacia un

mayor bien común.

- Mostrar transparencia.
- Fomentar una equidad social, respetando todas las comunidades y culturas que aspiran una igualdad de oportunidades.

Con el objetivo de conseguir edificios sostenibles de alto rendimiento energético, el consejo llevó a cabo varias investigaciones con la colaboración de todas las partes implicadas en el sector de la edificación a lo largo de todo sus fases: diseño, construcción, operación y mantenimiento.

El resultado final fue la obtención de un sistema llamado Líder en Diseño de Medioambiente y Energía (LEED), programa de certificación voluntario provista de la verificación por terceras partes de un edificio o de una comunidad que fue diseñada, construida usando estrategias para lograr un desarrollo a través de los más importantes indicadores (USGBC, 2012):

- Ahorro de energía. (Eficiencia energética)
- Eficiencia en el consumo de agua.
- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Mejorar la calidad del aire interior.
- Administración de recursos y sensibilidad de sus efectos.

El primer sistema piloto de LEED fue su versión 1.0, lanzada por los miembros del US GBC en agosto de 1998. Después de unas modificaciones LEED y el sistema de evaluación fue lanzada la versión 2.0 en marzo del 2000 llegando a la versión 2.2 en el 2005. Actualmente se cuenta con la versión de LEED V3 que es una suma de características, como LEED 2009, LEED online (USGBC, 2012). No obstante, una versión borrador 2012 está a punto de ser publicada.

Por su gran experiencia y grado de profundidad en todos sus capítulos, LEED es actualmente la herramienta más usada en EEUU y lo es también a escala internacional, habiendo servido de base a otros sistemas como es el caso de LEED India. (IGBC, 2012)

El alcance de la herramienta LEED abarca diferentes tipologías constructivas: LEED Nueva Construcción, para Edificios Existentes Operaciones y Mantenimiento, para Interiores Comerciales, para centros comerciales o grandes renovaciones, para

Núcleo y Envoltentes, para Escuelas, para al por Menor, para edificios de Salud, para Hogares, para nuevos desarrollos urbanísticos [Figura 3.1].

En futuras versiones está previsto que se incluyan también laboratorios.



Figura 3.1 Distintas Herramientas de LEED.  
Fuente: (USGBC, 2012)

Una de las principales herramientas del sistema LEED es para Hogares, diseñada y construida de acuerdo con las rigurosas pautas LEED para el programa de certificaciones de Hogares o edificio verdes, verificado por un tercer agente, de carácter voluntario y con el objetivo de promover el diseño y la construcción de viviendas verdes de alto rendimiento.

### 3.1.1 Modelo de funcionamiento

Cada herramienta de certificación está compuesta de dos partes principales dentro de su esquema de funcionamiento. En primer lugar diferenciamos las funciones administrativas más enfocadas a las diferentes fases del proceso de certificación, y una segunda parte enfocada puramente a los aspectos técnicos relacionados a las características de cada una de las categorías, elementos y créditos que los conforman.

### 3.1.1.1 Funciones Administrativas- funcionales.

LEED para Hogares es una iniciativa del USGBC, creada con el fin de promover la transformación de la industria de la construcción residencial a través de prácticas sostenibles aplicadas a lo largo de todo el proceso constructivo, sirviendo inicialmente como herramienta de apoyo a los equipos de diseño o arquitectos proyectistas hasta cubrir a todos los gestores intervinientes en el proceso de ejecución. Su objeto final no es otro que el diferenciar y promover este tipo de construcción residencial del resto como el producto más atractivo del mercado, certificado por el USGBC (evaluado por terceros a través de un “Green Rater o Evaluador Verde”)

LEED para Hogares utiliza un sistema de funcionamiento lineal de cinco pasos tal como se indica en la Figura 3.2 y (USGBC, 2012).

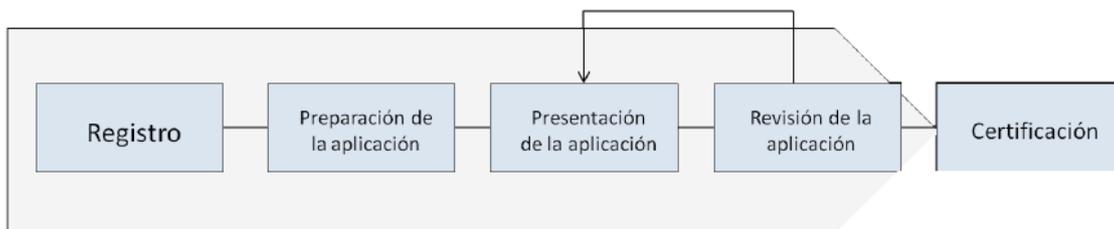


Figura 3.2 Funcionamiento de LEED  
Fuente: (USGBC, 2012)

#### 1. Registro

Una vez determinado que herramienta LEED es apropiado para el proyecto sobre al que lo queremos someter, el siguiente paso será registrarlo. El registro sirve como una declaración de intención de querer certificar un proyecto bajo LEED. Una vez pagadas las tasas correspondientes, el proyecto quedará registrado online y a partir de ese momento los equipos de proyecto son formados y el proceso de recopilación de documentación puede empezar.

#### 2. Preparación de la aplicación

Cada crédito LEED y pre-requisito contiene un único set de requisitos de documentación que deben ser completados como parte del proceso de preparación de la aplicación. Mientras se prepara la aplicación, el equipo de proyecto escoge los créditos que desea perseguir y asigna los créditos a los responsables de equipo correspondientes. El equipo de proyecto deberá comenzar a recolectar toda la

información y realizar cálculos para todos los pre-requisitos y créditos que ha decidido perseguir para su obtención. Todo el proceso de diseño deberá estar supervisado por un “Green Rater o Evaluador Verde”, el cuál aconsejará al equipo sobre los créditos y puntos importantes a obtener, además de calificar la etapa de pre-diseño, obteniendo un resultado preliminar que determinará un detalle de la situación del hogar que deberá cumplir las etapas siguientes:

- Testeo de la realización del ejemplo del hogar diseñado.
- Cumplimiento de una lista (checklist) preliminar del proyecto (incluidas las sugerencias adicionales que pueden ser necesarias para lograr un buen puntaje)
- Un testeo del puntaje preliminar estimado y simulado mediante la herramienta LEED para Hogares.

Una vez obtenido el resultado preliminar en el punto anterior, se podrá identificar más fácilmente qué medidas verdes son alcanzables con el fin de conseguir un diseño íntegro del proyecto.

### 3. Entrega de la aplicación

LEED para Hogares proporciona equipos de proyectos como guía en los rubros de diseño y construcción, con la intención de investigar e intercambiar nuevas formas de realizar tareas con los sub-contratantes y el resto del personal introduciendo la filosofía verde. Un participante clave es el Green Rater que actúa como vínculo entre el equipo de diseño y la organización que certifica, este cumple la función de evaluar la construcción que deberá hacer prevalecer la esencia del proyecto.

### 4. Revisión de la aplicación - Certificación del Hogar

El proceso de certificación para su culminación envuelve dos componentes:

1. A. El proyecto será inspeccionado y testeado, en dónde el evaluador conduce una inspección final a través de una hoja de evaluación.  
B. Una vez aprobada la hoja de evaluación, se completará la siguiente documentación:
  - a. Checklist LEED para Hogares.
  - b. Las hojas de contabilidad.
  - c. Las hojas firmadas e inspeccionadas del Inspector de la Evaluación de durabilidad de riesgo.

2. Certificación de LEED para Hogares, donde el proveedor revisa el proyecto y su documentación que es entregada por el evaluador.

Si se cumple todo lo anterior, el hogar puede ser certificado y será el USGBC el que emitirá una certificación oficial.

## 5. Certificación

Las viviendas aprobadas y ya registrados con LEED deben demostrar su acreditación como parte de una estrategia de comercialización. Además se deberá difundir la filosofía verde, demostrando los beneficios del producto certificado.

LEED para Hogares es un programa de certificación voluntaria que se puede aplicar a cualquier tipo de vivienda, en cualquiera de las fases de su ciclo de vida, en el caso que sea una vivienda nueva deberá tener exigencias especiales. Se promueve un enfoque integral de construcción sostenible mediante el reconocimiento de desempeño en áreas claves lo suficientemente flexibles para cada necesidad, dentro de todas estas se toman aspectos que fueron analizados, como las características que debe tener un hogar sostenible, estas categorías son: Sitios Sostenibles, Eficiencia de agua, Energía y atmosfera, Materiales y recursos, Calidad del aire interior, Ubicaciones y vínculos, Concientización y educación, Innovación en el diseño, Prioridad regional, presentados en una etiqueta LEED donde se muestra el rendimiento con relación a estos elementos [Figura 3.3] y un certificado emitido por le USGBC.

<b>LEED Para Nuevas Construcciones</b>	
<b>Puntos Totales Posibles</b>	<b>110*</b>
 <b>Sitios Sostenibles</b>	<b>26</b>
 <b>Eficiencia de Agua</b>	<b>10</b>
 <b>Energía y Atmosfera</b>	<b>35</b>
 <b>Materiales y Recursos</b>	<b>14</b>
 <b>Calidad del Aire Interior</b>	<b>15</b>
*Fuera de la posibilidad de 100 puntos+ 10 puntos de bonos	
** Certificado 40+ puntos, Plata 50+ puntos, Gold 60+ puntos, Platinum 80+ puntos	
 <b>Innovación en Diseño</b>	<b>6</b>
 <b>Prioridad Regional</b>	<b>4</b>

Figura 3.3 Ejemplo de etiqueta de certificación LEED.  
Fuente: (US Green Building Council LEED for Homes, 2012)

LEED para Hogares posee un sistema de evaluación basado en distintos indicadores que llevan a conformar un sistema completo, el cual está dividido para su calificación en ocho categorías, todas estas como parte de una vivienda sostenible [Tabla 3.1].

Tabla 3.1 Categorías LEED para Hogares  
Fuente: (US Green Building Council LEED for Homes, 2012)

NO	CATEGORIAS	SIGLA	Breve descripción
1	<b>Innovación y el Proceso de Diseño</b>	ID	Métodos especiales de diseño, créditos únicos regionales, no medidos a través del sistema de evaluación, y niveles de diseño ejemplar.
2	<b>Ubicación y vínculos</b>	LL	La ubicación de las viviendas deben estar localizadas en una comunidad socialmente y medioambientalmente.
3	<b>Sitios Sostenibles</b>	SS	El uso total de la propiedad para minimizar el impacto del proyecto en el sitio.
4	<b>Eficiencia de Agua</b>	WE	Prácticas de Eficiencia de Agua, tanto interior como exterior.
5	<b>Energía y Atmosfera</b>	EA	Eficiencia energética, utilizada en el edificio en cuanto a diseño de calefacción y refrigeración.
6	<b>Recursos y Materiales</b>	MR	Utilización eficiente de materiales, comprende la selección de materiales convenientes, además de la minimización de los residuos durante el periodo de la construcción.
7	<b>Calidad Medioambiental Interior</b>	EQ	Mejorar la calidad del aire interior mediante la reducción de exposición a agentes contaminantes.
8	<b>Conciencia y Educación</b>	AE	La educación del dueño del hogar, el arrendatario, administrador del edificio sobre la operación y mantenimiento de características verdes de LEED Home

El sistema de evaluación LEED para Hogares posteriormente a la evaluación y al desarrollo del cumplimiento de los pre-requisitos, y otras exigencias, pasa a ser evaluado por cuatro niveles de rendimiento, certificado verde que es de cumplimiento más simple (Certified), certificado de Plata (Silver), Oro (Gold), Platino (Platinum) todo acorde a la cantidad de puntos ganados. En la Tabla 3.2 se muestran los cuatro niveles de LEED, así como los puntajes para obtener el nivel en la Figura 3.4 se muestran el sello que acredita LEED según el valor alcanzado.



Figura 3.4 Posibles niveles de certificación LEED  
Fuente: (US Green Building Council LEED for Homes, 2012)

Tabla 3.2 Tabla de puntuación y nivel certificación LEED  
Fuente: (US Green Building Council LEED for Homes, 2012)

<b>NIVEL LEED para Certificación de Hogares</b>		<b>Cantidad de puntos para LEED for Homes, requeridos</b>
	<b>VERDE</b>	<b>45-59</b>
	<b>SILVER</b>	<b>60-74</b>
	<b>GOLD</b>	<b>75-89</b>
	<b>PLATINUM</b>	<b>90-136</b>
<b>Puntos Totales</b>		<b>136</b>

El sistema LEED para Hogares tiene 35 elementos primarios dentro de las ocho categorías [Tabla 3.3] cada uno con un objetivo específico según la categoría en la que se encuentra, con una cantidad puntos valorables por su cumplimiento, las categorías están repartidas como muestra la Figura 3.5.

Haciendo un desglose del sistema en las 8 categorías se obtiene las ya mencionadas, con una carga porcentual, lo que da a conocer a priori cuáles serían los puntos con mayor incidencia en la herramienta LEED para Hogares, que a continuación se detalla: Innovación en el proceso de diseño (8.08%), ubicación y vínculos (7.35%), sitios sustentables (16.17%), eficiencia de agua (11.02%), energía y atmosfera (27.94%),

recursos y materiales (11.76%), calidad medioambiental interior (15.44%), y conciencia – educación (2.2%).

Tabla 3.3 Categorías y criterios LEED Hogares  
Fuente: (US Green Building Council LEED for Homes, 2012)

CATEGORIAS	SIGLA	ELEMENTOS
<b>Innovación y el Proceso de Diseño</b>	ID 1	Planificación del Proyecto Integrado
	ID 2	Proceso de Administración y durabilidad
	ID 3	Innovación o Diseño Regional
<b>Ubicación y vínculos</b>	LL1	LEED y el desarrollo de Barrio
	LL2	Sitio Seleccionado
	LL3	Ubicaciones Preferidas
	LL4	Infraestructura
	LL5	Recursos de Comunidad/ tránsito
	LL6	Acceso a Espacios Abiertos
<b>Sitios Sostenibles</b>	SS 1	Planificación de Proyecto Integrado
	SS 2	Paisajismo
	SS 3	Efecto de "calentamiento de isla" local
	SS 4	Manejo de las aguas superficiales
	SS 5	Control de plagas sin tóxicos
	SS 6	Desarrollo Compacto
<b>Eficiencia de Agua</b>	WE 1	Agua reutilizada
	WE 2	Sistema de irrigación
	WE 3	Agua utilizada en el interior
<b>Energía y Atmosfera</b>	EA 1	Performance de la optimización energética
	EA 7	Calentamiento de Agua
	EA 11	Energías renovables
<b>Recursos y Materiales</b>	MR 1	Material eficiente de estructura
	MR 2	Productos medio ambientales preferibles
	MR 3	Administración de los residuos
<b>Calidad Medioambiental Interior</b>	EQ 1	Energy Star w/IAP
	EQ 2	Combustión Ventilada
	EQ 3	Control de humedad
	EQ 4	Ventilación del aire exterior
	EQ 5	Extracción local
	EQ 6	Distribución de la calefacción y refrigeración
	EQ 7	Filtración de aire
	EQ 8	Control contaminante
	EQ 9	Protección contra el Radón
	EQ 10	Protección anticontaminante del garaje
<b>Conciencia y Educación</b>	AE 1	Educación del dueño de casa
	AE 2	Educación del administrador de administrador

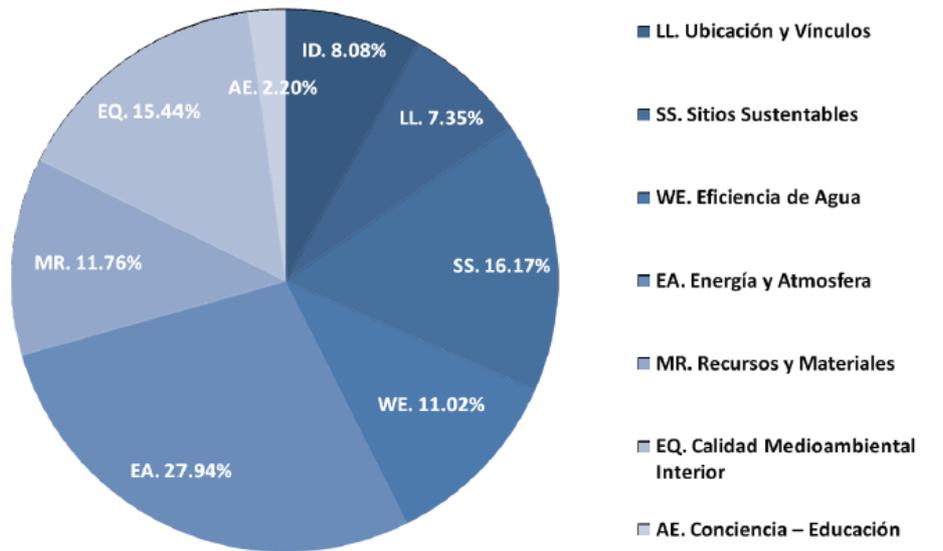
**Porcentajes de Categorías de LEED para Hogares**

Figura 3.5 Porcentajes de categorías LEED Hogares  
Fuente: (Ramallo, 2011) en base a (US Green Building Council LEED for Homes, 2012)

### 3.2 BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT – BRE

El siguiente apartado lo podemos estructurar en dos partes: una primera parte en dónde se describe el origen de la herramienta y una segunda parte en dónde se detalla más en profundidad el modelo de funcionamiento de la propia herramienta.

#### 3.2.1 Descripción

La historia del grupo BRE (Building Research Establishment) se remonta desde hace 90 años, durante los cuales se han realizado numerosas investigaciones. La investigación en el ámbito de la investigación se remonta al año 1917, en donde el departamento DSIR (Department of Scientific and Industrial Research) propuso la creación de una organización con el fin de investigar varios materiales de construcción y otros métodos constructivos que se pudieran adaptar a las nuevas viviendas a construir después de la I Guerra Mundial. Dada la buena acogida de la idea, se fueron creando varios laboratorios especializados en años posteriores (madera e investigación del fuego), asociándose en el año 1972 como BRE.

A partir del año 1990 con un nombre ya consolidado, BRE fue financiado por el gobierno como una iniciativa de investigación y en el año 1997 adoptó un carácter privado independiente del gobierno, sin fines de lucro, y con el principal fin de certificar y aprobar productos edificatorios medioambientales, naciendo de esta forma lo que actualmente se conoce como certificación BREEAM (1999) convirtiéndose de esta forma en la herramienta pionera en materia de certificación sostenible y en una de las más reconocidas a nivel mundial. (BRE, 2012)

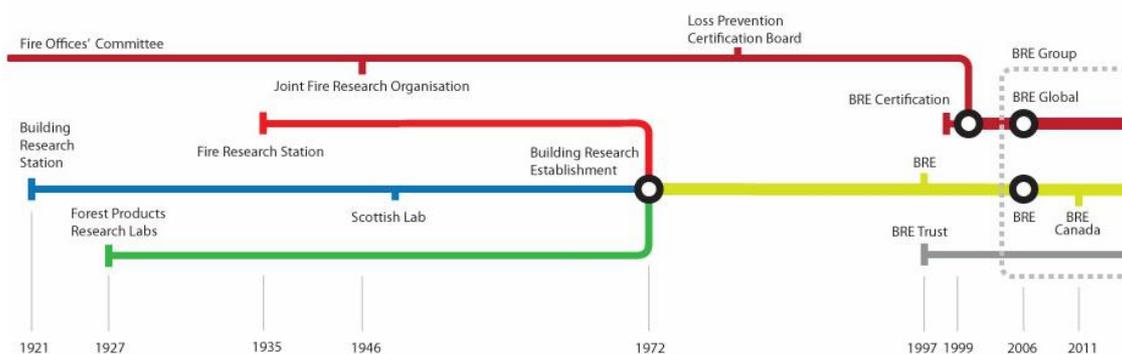


Figura 3.6 Orden cronológico de la historia de BRE  
Fuente: (BRE, 2012)

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), es una herramienta de evaluación voluntaria, cuyo objetivo, al igual que LEED, es obtener un producto final sostenible en donde se evalúan una serie de categorías o indicadores medioambientales. Con más de 200.000 edificios certificados y 1.000.000 de edificios registrados, BREEAM se presenta como el método de certificación más utilizado a nivel mundial (BREEAM, 2012). Entre sus principales ventajas, destacan:

- Es un sistema que utiliza un método sencillo de puntuación objetiva y transparente, fácil de entender y apoyada mediante investigación científica, basada en resultados empíricos y en la evidencia.
- Es un sistema que posee una influencia positiva en el diseño, la construcción y la gestión de edificios.
- Es un sistema que establece y mantiene una norma técnica, y muy rigurosa en cuanto a controles de calidad y certificación.

Actualmente, BREEAM es aplicado no sólo a nivel local (Reino Unido), sino que la misma se ha flexibilizado de tal manera, que permite la evaluación para otros países del continente europeo a través de su versión BREEAM International Europe o BREEAM International Bespoke, el cual se detallará más adelante y que está enfocado para países fuera del continente, en nuestro caso la región del Golfo.

Dentro del catálogo de herramientas BREEAM, la misma nos permite evaluar los diferentes tipos de edificación representados en la Figura 3.7 inferior:

- Otros Edificios - al por menor
- Tribunales - Educación
- Salud - Comunidades
- Industrial - en Uso
- Internacional - Renovación
- Prisiones - Código de Hogares sostenibles
- Oficinas - Multi-residenciales



Figura 3.7 Herramientas BREEAM  
Fuente: (BRE, 2012)

De la misma forma que sucede con la herramienta LEED, BREEAM establece unas diferencias específicas para cada tipología edificatoria en la interpretación y enfoques de cada categoría o indicador, siendo éstos ponderados y evaluados de diferente manera.

Considerando que el objeto de estudio está basado en la unidad edificatoria más básica en cuanto a la necesidad del ser humano, se ha escogido la herramienta de evaluación de “Código de Hogares Sustentables”, versión noviembre de 2010 (BREEAM CSH, 2010)

### 3.2.2 Modelo de funcionamiento

Dentro de los modelos de funcionamiento, podemos distinguir entre las funciones administrativas cuyo enfoque se centra en estudiar las diferentes fases dentro del proceso de certificación y entre las funciones técnicas, éstas últimas enfocadas en desgranar el contenido y ponderación de cada una de las categorías por las que se compone la propia herramienta.

#### 3.2.2.1 Funciones Administrativas – funcionales

El Código para Hogares Sustentables (CSH) evaluado por BREEAM sostiene que “tener viviendas saludables y más sostenibles no solo contribuye en beneficio al medio ambiente, sino que socialmente reduce una tasa de delincuencia, mejora la salud y reduce la exclusión social” (BRE, 2012). El CSH comenzó a funcionar en Inglaterra, en abril del 2007 substituyendo al ECOHOMES que era el método de evaluación de viviendas, este código tiene por objeto reducir las emisiones de carbono y proteger el medio ambiente al proporcionar orientación sobre la construcción de viviendas de alto rendimiento, construidas con un enfoque sostenible (BREEAM CSH, 2010). Su aplicación está dirigida para Inglaterra, Gales e Irlanda del Norte; está pensado para que se desarrolle más allá de los reglamentos de construcción actual, pese a que su carácter no es obligatorio, se prevé que nuevos y futuros proyectos diseñados deberán pasar por cierto nivel de exigencia.

El CSH utiliza un sistema de calificación que se basa sobre 6 estrellas azules que determina el grado de sostenibilidad logrado en un hogar dentro de nueve categorías (Energía y emisiones de carbono; Agua; Materiales; Escorrentía superficial del agua; Residuos; Contaminación; Salud y bien estar; Administración; y Ecología).

El proceso de obtención del nivel de certificación se puede lograr a través de dos posibles rutas:

1. Completando ambas Etapas de Diseño (DS: Design Stage) y Etapa de Post-Construcción (PCS: Post Construction Stage). Se entregará un certificado interno seguido de un certificado final.
2. Completando únicamente la Etapa de Post-Construcción, en el cuál sólo el certificado final será entregado.

Para ambos casos, inspecciones en materia de control de calidad serán necesarios.

Los asesores deberán estar avisados de las ventajas e inconvenientes de ambas rutas de certificación, y deberán asesorar a su cliente de forma conveniente. Completando ambas rutas en DS y PCS será más preferible, pues posee dos beneficios importantes. Por un lado, si la evaluación en la Etapa de Diseño se ha llevado a cabo y cumple con todos los requisitos, la finalización de la evaluación de la Etapa de Post-Construcción debería llevar menos tiempo. El beneficio es muy significativo, puesto que es de gran interés para el cliente el poseer del certificado final tan pronto como las viviendas estén finalizadas.

Por último, finalizando la evaluación de la Etapa de Diseño ayudará al equipo de diseño a identificar las oportunidades de posible rediseño con el fin de maximizar el número de créditos logrados, siendo más sencillo alterar el diseño en la Etapa DS que en la de PCS, en donde puede ocurrir que varias viviendas ya estén finalizadas. Ver Figura 3.8 inferior.

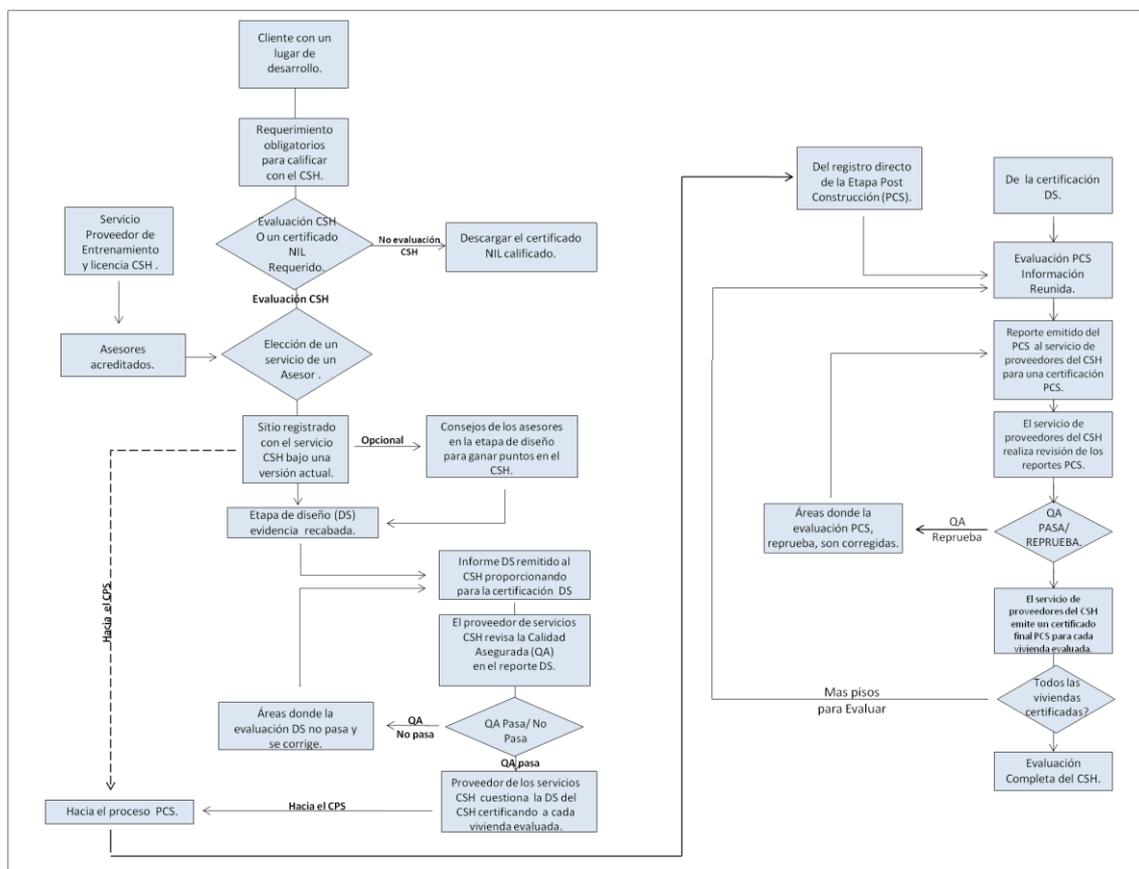


Figura 3.8 Herramientas BREEAM Fuente: (BRE, 2012)

## 3.2.2.2 Funciones técnicas

La versión de CSH de noviembre de 2010, posee un total de 9 categorías desglosadas en un total de 35 criterios o elementos y un total de 107 créditos repartidos según la Tabla 3.4 inferior.

El desarrollo de las diferentes categorías y sus criterios están en función de las necesidades medioambientales o indicadores de impacto determinados para una región en particular, en este caso el Reino Unido.

Tabla 3.4 Categorías y elementos de BREEAM CSH  
Fuente: (BREEAM CSH, 2010)

Categoría	Elemento	Créditos	Item ID	Obligatorio
Emisiones de energía y carbono Factor de peso 36.40%  Valor aprox. por crédito 1,17	Emisión DER	10	Ene 1	X
	Fabricación del edificio	9	Ene 2	X
	Iluminación interior	2	Ene 3	
	Espacio de secado	1	Ene 4	
	Etiquetado de energía en electrodomésticos	2	Ene 5	
	Iluminación exterior	2	Ene 6	
	Tecnologías de carbono cero	2	Ene 7	
	Ciclo de almacenamiento	2	Ene 8	
	Oficina en el hogar	1	Ene 9	
	<b>Créditos totales</b>		<b>31</b>	
Agua Factor de peso 9.00%  Valor aprox. por crédito 1,50	Agua utilizada internamente	5	Wat 1	X
	Agua utilizada externamente	1	Wat 2	
Materiales Factor de peso 7.20%  Valor aprox. por crédito 0,30	<b>Créditos totales</b>		<b>6</b>	
	Impacto medioambiental de los materiales	15	Mat 1	X
	Responsabilidad de la fuente de los materiales - elementos básicos	6	Mat 2	
	Responsabilidad de la fuente de los materiales - elementos de acabado	3	Mat 3	
	<b>Créditos totales</b>		<b>24</b>	

Categoría	Elemento	Créditos	Item ID	Obligatorio
Escorrentía superficial de agua Factor de peso 2.20% Valor aprox. por crédito 0,55	Gestión de las escorrentías superficiales de agua	2	Sur 1	X
	Riesgo de inundaciones	2	Sur 2	
	<b>Créditos totales</b>	<b>4</b>		
Residuos Factor de peso 6.40% Valor aprox. por crédito 0,80	Almacenamiento de residuos no reciclables y residuos reciclables del hogar	4	Was 1	X
	Gestión de residuos en obra	3	Was 2	
	Compostaje	1	Was 3	
	<b>Créditos totales</b>	<b>8</b>		
Contaminación Factor de peso 2.80% Valor aprox. por crédito 0,70	Potencial de calentamiento global (GWP) de los aislantes	1	Pol 1	
	Emsisiones de NOx (dióxido de nitrógeno)	3	Pol 2	
	<b>Créditos totales</b>	<b>4</b>		
Salud y bienestar Factor de peso 14.00% Valor aprox. por crédito 1,17	Iluminación diurna	3	Hea 1	
	Aislamiento acústico	4	Hea 2	
	Espacio privado	1	Hea 3	
	Prolongación de vida de la vivienda	4	Hea 4	X
	<b>Créditos totales</b>	<b>12</b>		
Management Factor de peso 10.00% Valor aprox. por crédito 1,11	Guía del usuario de la vivienda	3	Man 1	
	Plan de consideración de la construcción	2	Man 2	
	Impactos de la construcción en el lugar	2	Man 3	
	Seguridad	2	Man 4	
	<b>Créditos totales</b>	<b>9</b>		

Categoría	Elemento	Créditos	Item ID	Obligatorio
Ecología Factor de peso 12.00%	Valor ecológico del lugar	1	Eco 1	
	Mejoras ecológicas	1	Eco 2	
	Protección de características ecológicas	1	Eco 3	
Valor aprox. por crédito	Cambio en el valor ecológicos del lugar	4	Eco 4	
	Huella de la construcción	2	Eco 5	
1,33	<b>Créditos totales</b>	<b>9</b>		

Cada nivel de BREEAM CSH representa una cantidad de estrellas igual a un porcentaje total o sumatoria de punto, y su evaluación se puede realizar en cualquier etapa de su desarrollo, las cuales hemos citado anteriormente: Etapa DS o Etapa PCS.

El sistema de obtención de puntos se resume en la Tabla 3.5 inferior.

Tabla 3.5 Sistema de obtención de puntos y niveles  
Fuente: (BREEAM CSH, 2010)

Relación entre el porcentaje total de puntos y el nivel de certificación alcanzado	
Porcentaje total de puntos	Nivel de certificación alcanzado
36 puntos	Nivel 1
48 puntos	Nivel 2
57 puntos	Nivel 3
68 puntos	Nivel 4
84 puntos	Nivel 5
90 puntos	Nivel 6

La Figura 3.9 inferior ilustra el método de cálculo seguido por la herramienta CSH para un óptimo desarrollo de la misma con el fin de conseguir el nivel deseado. Los puntos a considerar son:

- Previo al inicio de la evaluación, se deberá comprobar que los créditos de obligado cumplimiento y no remunerados con créditos se cumplen. Éstos son: Impacto ambiental de los materiales (Mat 1), Gestión de las escorrentías de aguas superficiales (Sur 1) y Almacenamiento de residuos no reciclables y residuos reciclables del hogar (Was 1).
- Los créditos de los elementos relacionados a las emisiones de CO<sub>2</sub> y el uso del agua interior, deberán ser verificados de tal forma que cumplan con los requisitos mínimos dependiendo del nivel de certificación que se pretenda obtener. Éstos son: Emisiones DER (Ene 1) y Uso del agua interior (Wat 1).
- El resto de los créditos deberán ser revisados para confirmar que se cumplen para poder obtener un nivel superior. Los últimos dos criterios obligatorios corresponden a Fabricación del Edificio (Ene 2) y Prolongación de vida de la vivienda (Hea 4). (BREEAM CSH, 2010)

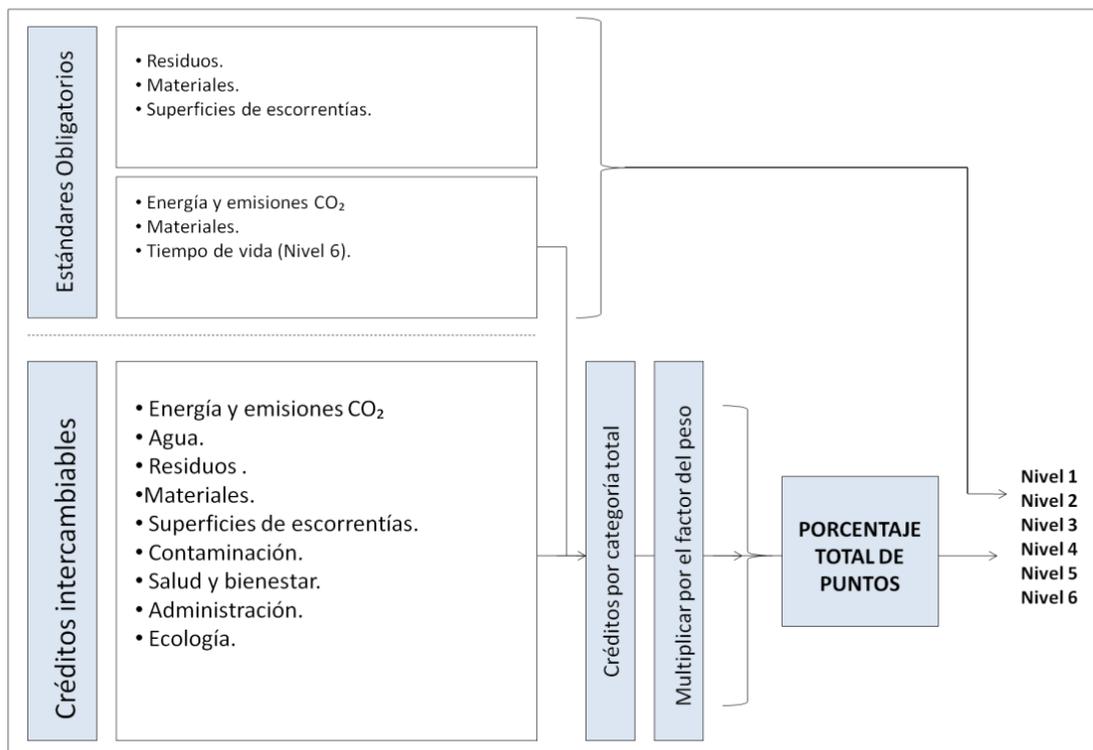


Figura 3.9 Sistemema de obtención de puntos y niveles de certificación  
Fuente: (BREEAM CSH, 2010)

Para cumplir con los requisitos mínimos de vivienda sostenible, deberemos cumplir necesariamente en una primera etapa con aquellos créditos mínimos obligatorios no remunerados y repartidos en tres categorías distintas:

- **Materiales:** Impacto medioambiental de los materiales (Mat 1), cuyo objetivo se basa en fomentar el uso de materiales con menor impacto ambiental a lo largo del ciclo vida.
- **Escorrentía superficial de agua:** Gestión de las escorrentías superficiales de agua (Sur 1), cuyo objetivo se basa en la reducir y dilatar las descargas de lluvia hacia el colector público de la red de alcantarillado, evitando riesgos de inundación que resultarían en un daño medioambiental y contaminante.
- **Residuos:** Almacenamiento de residuos no reciclables y residuos reciclables del hogar (Was 1), cuyo objetivo se basa en proveer de un almacenamiento interno/externo adecuado para los residuos generados en el hogar.

En una segunda etapa, y una vez se ha verificado que los tres criterios anteriores se han cumplido, se plantean cuatro nuevos criterios que deberán ser considerados. Para dos de éstos criterios, se concederán créditos dependiendo del nivel que se pretenda lograr:

- **Emisiones de energía y carbono:** Emisiones DER (Ene 1), cuyo objetivo se basa en limitar las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera durante el periodo de operación de funcionamiento de una vivienda.
- **Agua:** Uso de agua interior (Wat 1), cuyo objetivo se basa en reducir el consumo de agua potable en los puntos de consumo de la vivienda a través de la implementación de accesorios certificados, métodos de recolección y reutilización de agua.

Los últimos dos criterios obligatorios corresponden a:

- **Emisiones de energía y carbono:** Fabricación del edificio (Ene 2), cuyo objetivo se basa en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a través del empleo de unos materiales energéticamente eficientes. Para el caso de querer obtener un nivel de certificación 5, se deberán lograr como mínimo 7 créditos, lo que representa que la eficiencia energética deberá estar por debajo de los 39 kWh/m<sup>2</sup>/año.
- **Salud y bienestar:** Prolongación de vida de la vivienda (Hea 4), cuyo objetivo se basa en promover la construcción de viviendas que sean accesibles y adaptables para futuros cambios en las necesidades de sus ocupantes. Para el

caso de querer obtener un nivel de certificación 6 (máximo), se deberán lograr como mínimo 7 créditos para el criterio Ene 2 y 3 créditos para el criterio Hea 4.

Una vez explicadas las dos primeras etapas que corresponden al grupo de “Estándares Obligatorios” o básicos, la Figura 3.9 incluiría también un segundo gran bloque llamado “Créditos Intercambiables”, el cuál incluiría el resto de créditos no obligatorios que servirían para lograr niveles de certificación superiores a los mínimos exigidos, basado en un balance final en base a los porcentajes de las diferentes categorías y elementos que conforman la herramienta CSH representados en la Figura 3.10.

El CSH está repartido en nueve categorías con 35 elementos con una cantidad 107 puntos evaluables que representan un 100%. Cada categoría está ponderada con un porcentaje determinado, y a su vez marcado por indicadores que tienen una incidencia porcentual. Para obtener el porcentaje de cada elemento se divide la categoría entre la cantidad de elementos, de esta forma se conoce el porcentaje exacto, por ejemplo, con relación a la categoría de CO<sub>2</sub> y energía cada elementos tiene una carga de 1.17% mientras que la categoría de Contaminación, cada elemento representa un 0.70%. Figura 3.11.

Los porcentajes reflejados en la Figura 3.10, demuestran que la categoría de mayor incidencia es la de Emisiones de energía y carbono, representando un 36.40% sobre el total. Sin embargo, los coeficientes correctores representados en la Figura 3.11, demuestra que la mayor cantidad de créditos se encuentra en la categoría de Agua con 1.5, seguido de Ecología con 1.33, y Emisiones de energía y carbono y Salud y bien estar con 1.17.

### Porcentajes de Categorías BREEAM CSH

- ENE. Emisiones de energía y carbono
- WAT. Agua
- MAT. Materiales
- SUR. Escorrentía superficial de agua
- WAS. Residuos
- POL. Contaminación
- HEA. Salud y bienestar
- MAN. Management
- ECO. Ecología

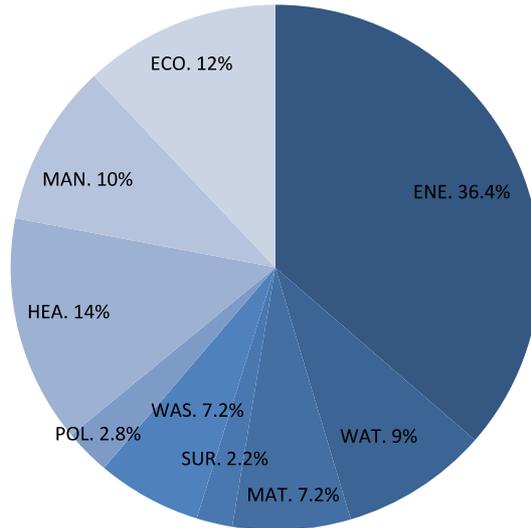


Figura 3.10 Porcentajes de las categorías BREEAM CSH  
Fuente: Propia en base a (BREEAM CSH, 2010)

Escala de puntos porcentuales según la categoría

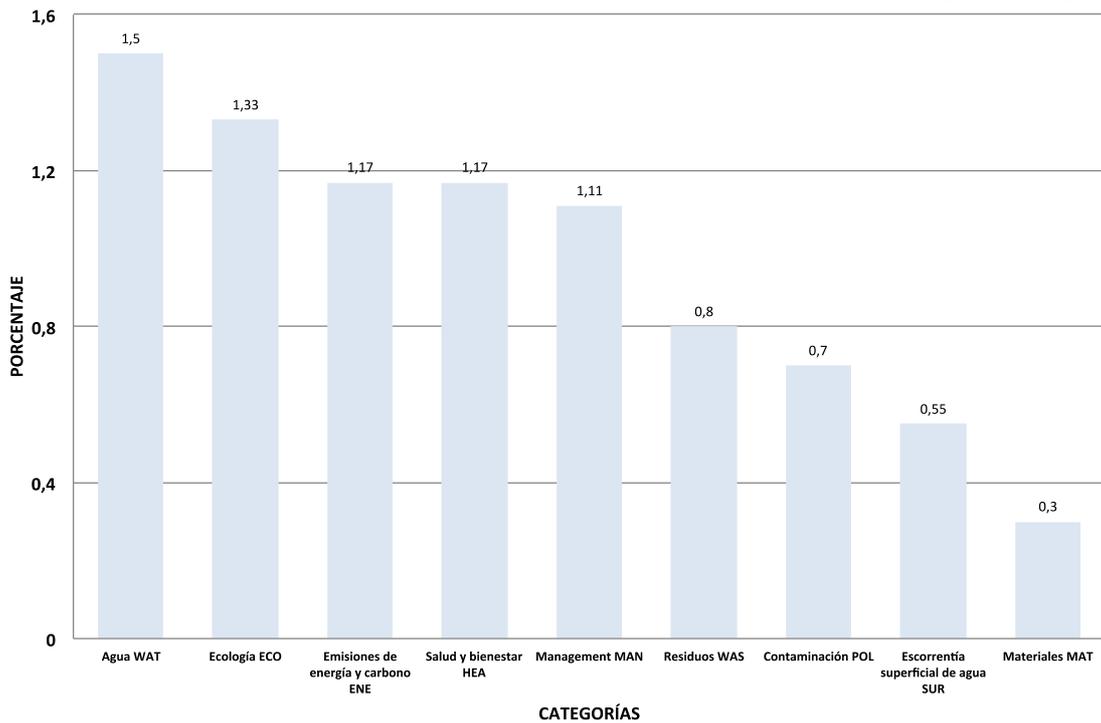


Figura 3.11 Porcentajes de las categorías BREEAM CSH  
Fuente: Propia en base a (BREEAM CSH, 2010)

### 3.3 COMPREHENSIVE ASSESSMENT SYSTEM FOR BUILDING ENVIROMENTAL EFFICIENCY – CASBEE

El siguiente apartado se estructura en dos partes: una primera parte en dónde se describe el origen de la herramienta y una segunda parte en dónde se detalla más en profundidad el modelo de funcionamiento de la propia herramienta.

#### 3.3.1 Descripción

Desde la segunda mitad de los años 80, ha habido un crecimiento en aumento en lo que concierne a la construcción de edificios sostenibles en Japón, lo que ha llevado a la consecución del desarrollo de varios métodos de evaluación ambiental y rendimiento de los edificios.

En el año 2001 se estableció una nueva organización como fruto al esfuerzo llevado a cabo por la junta formada por varios agentes del sector de la industria, del gobierno y personal académico, con el apoyo del Ministerio de Suelo y Vivienda. Esta nueva organización, llamada Consorcio de Edificios Sustentables en el Japón (JAGBC), formarían más tarde con el apoyo de varios subcomités, lo que actualmente se conoce como herramienta CASBEE o herramienta de Evaluación para la Eficiencia Medioambiental de Edificios, cuyo mejoramiento y difusión están actualmente promovidas bajo un plan de acción local y un Plan de Rendimiento Óptimo del Protocolo de Kioto. (UN, 1998)

CASBEE evalúa y califica básicamente dos aspectos:

- 1- La calidad medioambiental para mejorar un servicio de desarrollo.
- 2- Las cargas medioambientales para reducir el consumo de recursos con el fin de lograr un ahorro energético y de los propios recursos.

La misma herramienta fue desarrollada de acuerdo a las siguientes políticas:

- El sistema fue desarrollado con el fin de lograr altas evaluaciones para grandes edificios, de tal forma que sirviera como método de incentivo para diseñadores y otros agentes.
- El sistema de evaluación debe ser lo más simple posible.

- El sistema debe ser aplicable a edificios con un amplio abanico de tipologías y usos.
- El sistema debe tener en consideración los temas y problemas peculiares de Japón y la región de Asia.

La evolución del proceso de evaluación de CASBEE desde su origen se puede estructurar en 3 etapas diferentes:

1era Etapa. La forma más antigua de evaluar medioambientalmente los edificios en Japón se realizaba a través de la evaluación del rendimiento de los ambientes interiores, con el objetivo de mejorar las estancias interiores y el confort de sus ocupantes. En esta etapa y dado que el ambiente alrededor del edificio estaba considerado como un sistema abierto, las evaluaciones ambientales no prestaban demasiada atención al impacto que este producía y que significaba al medio exterior que lo rodeaba.

2da Etapa. El aumento generalizado de la población en materia de contaminación del aire exterior por parte de los peatones en grandes urbes tales como Tokio en los años 60, llevó a la creación de sistemas de evaluación de impacto ambiental. En esta etapa las nuevas edificaciones ya empezaron a considerar las cargas medioambientales tales como polución urbana, contaminación del aire, además de crearse herramientas específicas que median el rendimiento de un edificio. Puede decirse que en esta segunda etapa, el medioambiente se trata no sólo como espacio privado, sino que se incluye además parte del espacio público exterior.

3era Etapa. Última etapa en la que a raíz de la gran concienciación que adopta la población en materia medioambiental, se decide introducir herramientas con mayor trayectoria como BREEAM y LEED, las cuales aportan nuevos conceptos al desarrollo sostenible tales como la evaluación del ciclo de vida o eficiencia energética del edificio, conceptos que servirán como guía base a la creación de una herramienta adaptada al lugar.

### 3.3.2 Modelo de funcionamiento

Dentro de los modelos de funcionamiento, podemos distinguir entre las funciones administrativas cuyo enfoque se centra en estudiar las diferentes fases dentro del proceso de certificación y entre las funciones técnicas, éstas últimas enfocadas en

desgranar el contenido y ponderación de cada una de las categorías por las que se compone la propia herramienta y su método de cálculo.

### 3.3.2.1 Funciones Administrativas-funcionales

La nueva y última etapa de la herramienta CASBEE surgió como consecuencia de la situación insostenible que se estaba generando, creando un nuevo sistema basado en las perspectivas de la sostenibilidad y dando paso a la creación de ecosistemas cerrados como criterio esencial para determinar las capacidades medioambientales que conllevarían a las evaluaciones medioambientales.

El nuevo concepto de ecosistema cerrado se representa en la Figura 3.12, espacio en el que se propone realizar la evaluación del edificio y el cual pueda ser controlado por todas las partes involucradas en el mismo.

Las cargas ambientales pueden ser definidas como el “impacto medioambiental negativo que se extiende fuera del ambiente público más allá de los límites del hipotético espacio cerrado”. La mejora en el rendimiento medioambiental dentro del hipotético espacio cerrado puede definirse como “la mejora en la vida de las facilidades de los usuarios”.

Al tratar con ambos factores, la cuarta etapa de evaluación medioambiental define claramente estos dos factores y distingue uno del otro tal como define la eficiencia medioambiental del edificio (BEE) en la ecuación representada en la Figura 3.12. Ello implica que la filosofía de evaluación en la cuarta etapa sea más clara, habiendo servido para formar el marco básico de la herramienta CASBEE, la cual queda reflejada en la Figura 3.12 inferior.

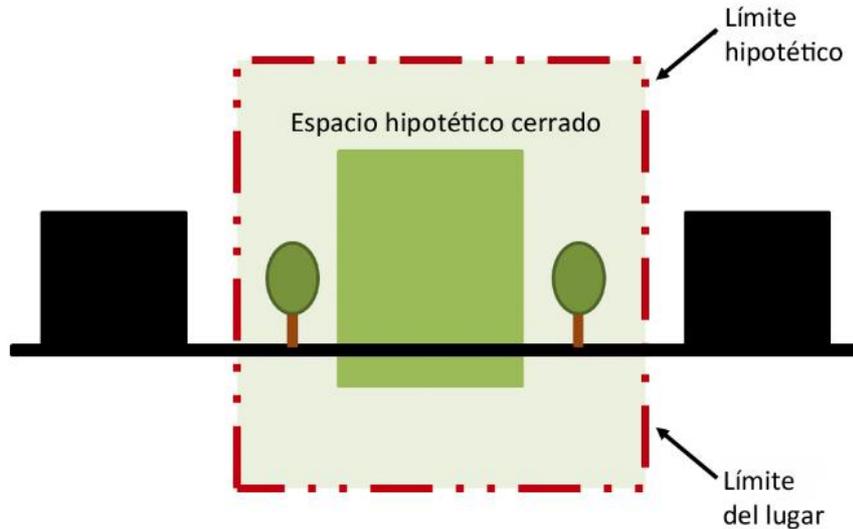


Figura 3.12 Espacio hipotético cerrado dividido por un "límite del lugar"  
Fuente: (CASBEE, 2007)

El concepto de la eco eficiencia ha sido introducido por CASBEE para habilitar la evaluación íntegra de dos factores, dentro y fuera de la edificación. La eco eficiencia es normalmente definida como "el valor de los productos y de los servicios por unidad de carga ambiental" (CASBEE, 2007). Por otro lado, la eficiencia es comúnmente definida en términos de cantidades de entrada y salida, así que un nuevo modelo puede ser propuesto para una definición más detallada de Eco-eficiencia, como (salida beneficiosa) / (entrada + salida no beneficiosa).

La Figura 3.13 inferior refleja el nuevo modelo de eficiencia medioambiental que puede extenderse para definir el concepto de BEE (Built Environmental Efficiency), el cual CASBEE utiliza como indicador principal en su proceso de evaluación.

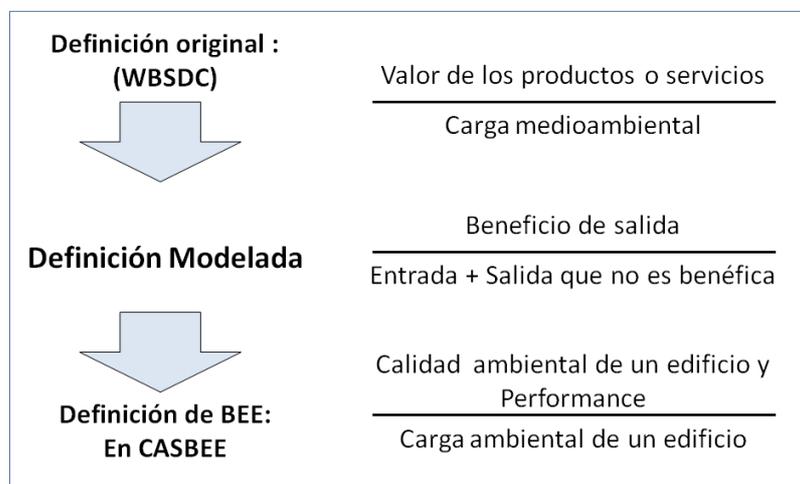


Figura 3.13 Desarrollo de la definición BEE para CASBEE  
Fuente: (CASBEE, 2007)

El marco de trabajo de la herramienta CASBEE está comprendido en 3 fases claramente diferenciadas dentro del proceso arquitectónico de diseño, empezando por una primera fase de Pre-Diseño y continuando por una segunda y tercera fase de Diseño y Post-Diseño. En la Figura 3.14 se representa el camino cronológico junto con una descripción de cada una de las fases.



Figura 3.14 Marco de trabajo durante el proceso arquitectónico de diseño  
Fuente: (CASBEE, 2007)

En cuanto al ciclo de vida de los edificios, CASBEE está compuesta por un total de 4 herramientas de evaluación: CASBEE para Pre-Diseño, CASBEE para Nueva Construcción, CASBEE para Edificios Existentes y CASBEE para Renovación, y todas ellas recogidas bajo el nombre de CASBEE Family. Cada herramienta está intencionada para un propósito específico y objetivo del usuario final, y está diseñada acorde a un amplio abanico de tipologías edificatorias (oficinas, escuelas, apartamentos,...). Las etapas cronológicas y tipología se representan en la Figura 3.15 y Tabla 3.6 inferior.

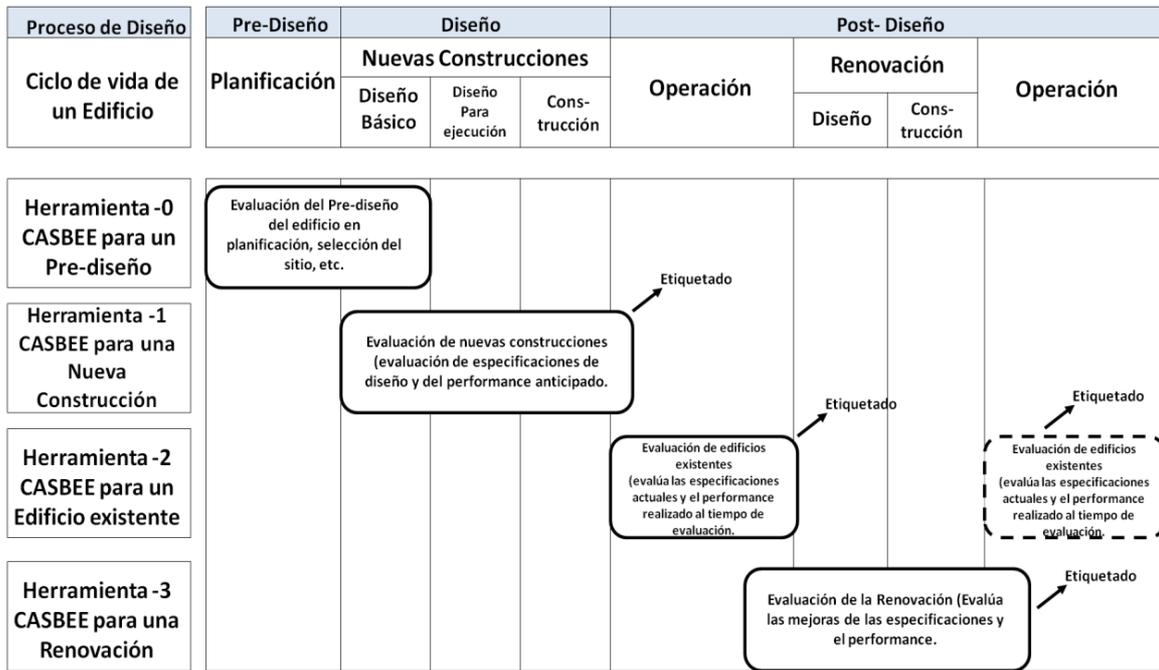


Figura 3.15 Herramientas de evaluación de CASBEE durante el ciclo de vida del edificio  
Fuente: (CASBEE, 2007)

Tabla 3.6 Herramientas de evaluación de CASBEE durante el ciclo de vida del edificio  
Fuente: (CASBEE, 2007)

Nombre de herramienta	Código herramienta	Número herramienta
CASBEE para Pre-Diseño	CASBEE-PD	Herramienta N° 0
CASBEE para Nueva Construcción	CASBEE-NC	Herramienta N° 1
CASBEE para Edificios Existentes	CASBEE-EB	Herramienta N° 2
CASBEE para Renovación	CASBEE-RN	Herramienta N° 3

- CASBEE para Pre-Diseño

La herramienta tiene como objetivo asistir al dueño, planificador y otros agentes involucrados en la fase de planificación (pre-diseño) del proyecto. Posee dos funciones principales:

- Asistir al equipo de diseño a la comprensión de problemas de impactos ambientales y selección de un sitio adecuado para el desarrollo del proyecto.
- Evaluar el rendimiento medioambiental del proyecto en su fase de Pre-Diseño.

- CASBEE para Nueva Construcción

Corresponde a un sistema de autoevaluación que permite tanto a ingenieros y arquitectos a aumentar el valor del índice BEE del edificio durante el proceso de diseño. Realiza evaluaciones basadas en las especificaciones de diseño y el rendimiento anticipado. Igualmente puede utilizarse como herramienta de etiquetado cuando el edificio sujeto a la evaluación de terceras partes.

- CASBEE para Edificios Existentes

La herramienta está dirigida al parque de edificios existentes, basados en el historial de operaciones realizadas como mínimo un año después de su finalización. Fue desarrollada también para ser aplicada a la evaluación de activos.

- CASBEE para Renovación

La herramienta está enfocada a la creciente demanda en renovación de edificios existentes en el mercado japonés. Se puede utilizar con propósitos de operación y monitoreo de edificios, mediante comisiones que manejen un diseño actualizado con un control de proyectos de la Compañía de Servicio de Energía (ESCO), para un stock de renovación de edificios. Esta herramienta está diseñada para determinar el grado de elementos que mejoran la eficiencia medioambiental, que deben estar a un nivel relativo de renovación precedida. La certificación es posible por terceras partes.

CASBEE, por otra parte, ha desarrollado otras herramientas para propósitos específicos, tales como:

- Viviendas unifamiliares.
- Construcciones temporales, tales como instalaciones olímpicas o salas de exhibición.
- Versiones cortas de CASBEE-NC/EB/RN y Desarrollo Urbanístico.

- Versiones para gobiernos locales, adaptadas a sus condiciones climáticas u otras políticas locales.
- Para el fenómeno de isla de calor (CASBEE-HI).
- Para el Desarrollo Urbanístico, o evaluación de grupos de edificios.
- Para ciudades.

### 3.3.2.2 Funciones Técnicas

Bajo CASBEE existen dos niveles, el interno y el externo, los cuales están divididos por el límite hipotético que se representaba en la Figura 3.15 anterior, el cual está definido por el límite del lugar y otros elementos, y compuesto a su vez por dos factores relacionados a los dos espacios. De esta forma, la herramienta CASBEE planteó definir los impactos negativos medioambientales como aquellos que están dirigidos hacia el exterior del espacio cerrado (espacio público), y la mejora de las instalaciones para los usuarios del edificios se encuentran a ambos lados.

Estos dos factores se definen como “Calidad” (Q) y “Cargas” (L), y corresponden a las dos categorías principales sobre las que se estructura el proceso de evaluación de CASBEE.

- Q (Quality) Calidad: Evalúa la mejora en las diferentes instalaciones de los usuarios del edificio dentro de los límites hipotéticos cerrados (propiedad privada).
- L (Load) Carga: Evalúa los aspectos negativos del impacto medioambiental como aquellos que están dirigidos hacia el exterior del espacio hipotético cerrado (propiedad pública).

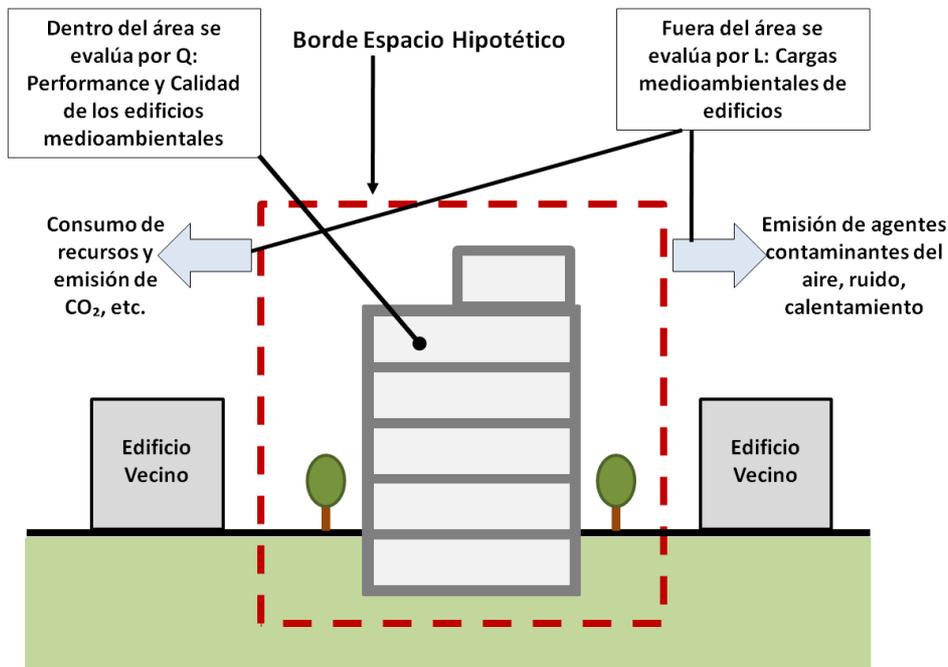


Figura 3.16 Interpretación de los espacios de CASBEE  
Fuente: (CASBEE, 2007)

CASBEE cubre cuatro campos de evaluación: eficiencia energética, aprovechamiento de los recursos, medioambiente local y ambiente interior.

Estas cuatro áreas o categorías son empleadas en todas las herramientas CASBEE existentes en ámbito local e internacional, pero no representan necesariamente los mismos conceptos, pues es complicado enfocar todos ellos con la mismo principio. Es por ello que las diferentes categorías o campos mencionados anteriormente tuvieron que ser examinados y reorganizados tal y como se refleja en la Figura 3.17 inferior y repartidos entre el numerador Q (que representa el desarrollo y calidad medioambiental de los edificios) y denominador L (representando la reducción de cargas medioambientales en la construcción). A su vez, Q está dividido en tres elementos: Q1 Ambiente interior, Q2 Calidad de servicio, Q3 Ambiente exterior en el lugar. Por su parte, L se fragmenta también en otros tres elementos: L1 Energía, L2 Recursos y materiales y L3 Ambiente fuera del lugar.

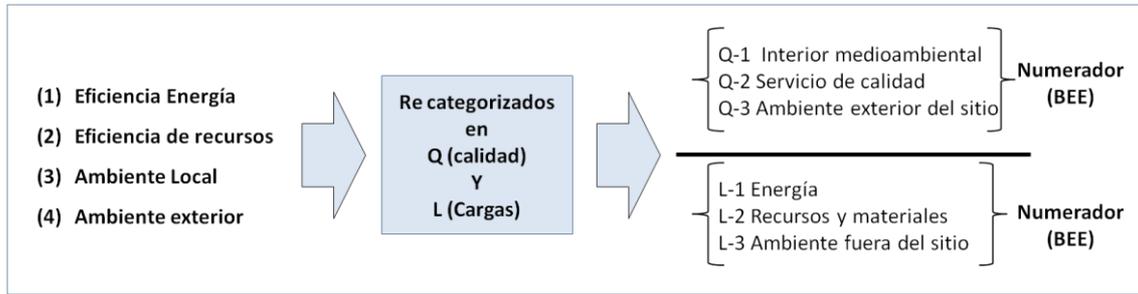


Figura 3.17 Clasificación y redistribución de elementos de evaluación Q y L en CASBEE  
Fuente: (CASBEE, 2007)

El valor del indicador BEE (Building Environment Efficiency) sobre el que se basa CASBEE, viene definido según la fórmula inferior.

$$\text{Eficiencia Medioambiental de Edificios} = \frac{\text{Q (Calidad y performance medioambiental de un edificio)}}{\text{L (Cargas de edificios medioambientales)}} \\ \text{Building Environmental Efficiency - (BEE)}$$

La representación gráfica del valor del indicador obtenido de la fórmula anterior se realiza tal y como se muestra en la Figura 3.18 inferior, en dónde la categoría L se representa en el eje X y la categoría Q en el eje Y. La evaluación del resultado del valor BEE es expresado como un gradiente de una línea que pasa desde el punto origen (0,0). Cuanto más grande sea el valor de Q y menor el valor de L, más pronunciada será la recta lo que indica que la edificación es más sostenible.

La misma Figura 3.18 representa como los resultados de la evaluación pueden ser categorizados en función del resultado, pudiendo ser éstos, de más bajo a más alto: C (pobre), B-, B+, A y S (excelente) (CASBEE, 2007)

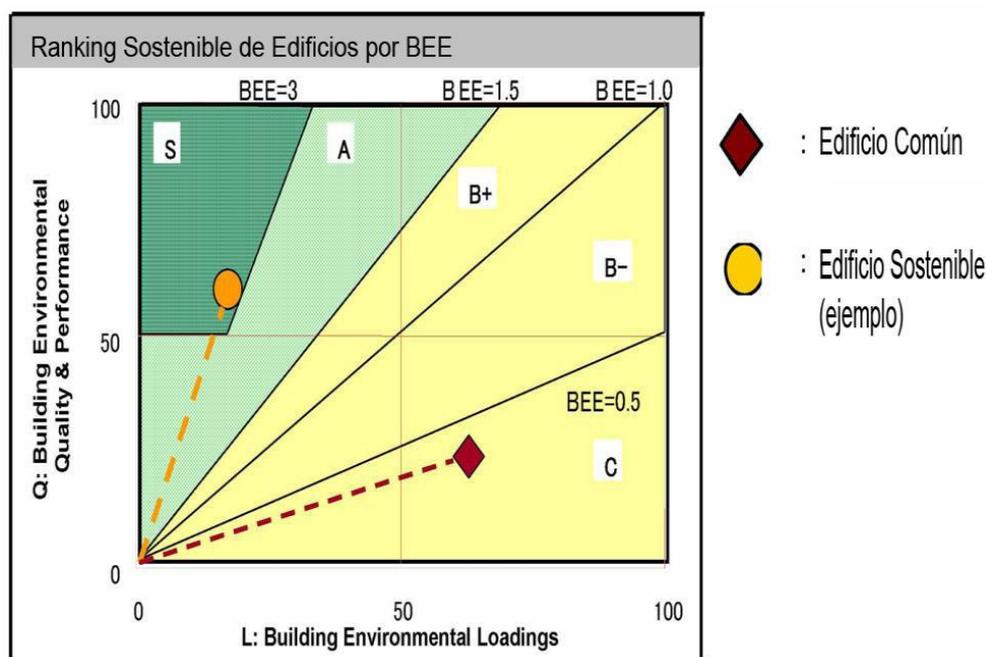


Figura 3.18 Representación gráfica del valor del indicador BEE en CASBEE y clasificación final. Fuente: (CASBEE, 2007)

Las características de las categorías citadas anteriormente se recogen también en la Tabla 3.7 inferior en dónde, en función del valor BEE obtenido, se puede asociar el mismo rango obtenido a un número determinado de estrellas.

Tabla 3.7 Etiqueta de clasificación basado en el valor de BEE. Fuente: (CASBEE, 2007)

Rango	Evaluación	Valor BEE	Ranking número de estrellas
S	Excelente	BEE <sub>H</sub> = 3.0 o mayor	★★★★★
A	Muy Bien	BEE <sub>H</sub> = 1.5 o mayor pero menos que 3.0	★★★★★
B+	Bien	BEE <sub>H</sub> = 1.0 o mayor pero menor que 1.5	★★★
B-	Bastante pobre	BEE <sub>H</sub> = 0.5 o mayor pero menor que 1.0	★★
C	Pobre	BEE <sub>H</sub> = menos que 0.5	★

Para realizar la evaluación del edificio sujeto a estudio, el asesor CASBEE deberá completar dos formularios de evaluación en cada etapa de diseño: el formulario principal y el formulario de resultados.

La hoja de resultados está dividida en varias secciones en dónde se representa cada una de las subcategorías por las que está estructurada tanto Q como L, ya explicadas anteriormente. El puntaje es determinado en base al criterio de evaluación de cada uno de los diferentes elementos considerando para cada uno de ellos unas normas técnicas y estándares sociales determinados.

El sistema de evaluación utilizar una escala de cinco niveles, en el que el nivel 3 está considerado como “medio”.

Cada elemento de evaluación, tales como Q1, Q2 y Q3 poseen una carga porcentual dentro de la categoría Q de tal forma que la suma de las tres sea igual a 1. Los resultados obtenidos para cada elemento son multiplicados por un coeficiente de carga y sumados al valor SQ (valor total de la categoría Q). Lo mismo se realiza para los elementos L1, L2 y L3, obteniendo así el valor total LR.

La hoja final de los resultados de evaluación obtenida se representa en la Figura 3.19, en la que se pueden distinguir las siguientes partes:

1. Esquema del proyecto.

Descripción del proyecto en donde se incluye la información básica: tipología edificio, localización y superficie.

2. Resultados de CASBEE

- 2.1 Resultados por categoría

Representados en una gráfica en forma de radar, además de ser representados individualmente en una gráfica de barras con resultados numéricos.

- 2.2 Resultado BEE

La información BEE es representada en función de los resultados Q y L. En la evaluación CASBEE, la escala Q y LR van de 1 a 5. Como SQ representa el resultado total de la categoría Q, el numerador Q deriva de SQ. De forma similar, el denominador LR deriva de SLR.

La definición de BEE se indica como:

$$BEE = Q / L = 25 * (SQ-1) / (25 * (5-SLR))$$

SQ = Resultado de la categoría Q

SLR = Resultado de la categoría LR.

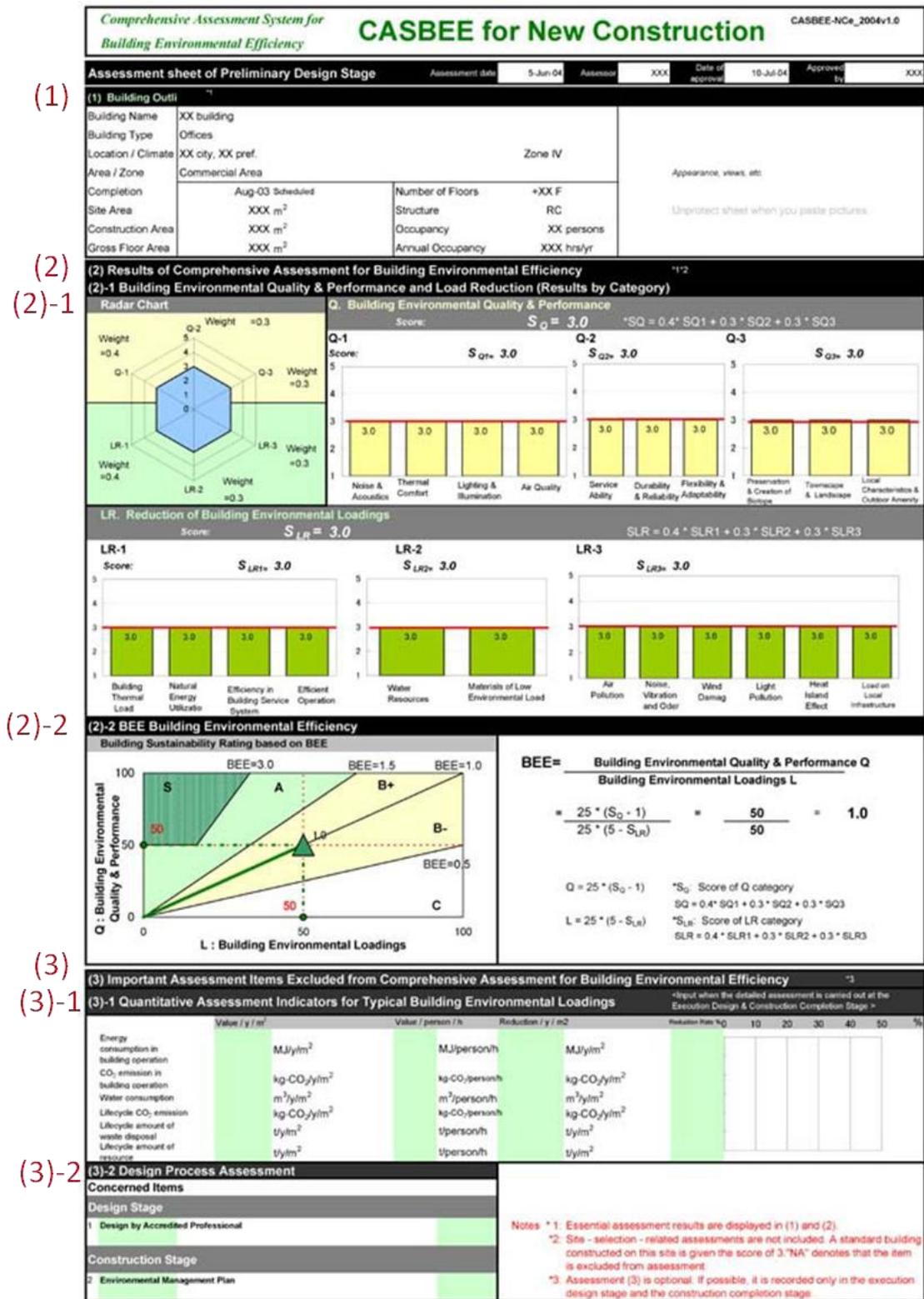


Figura 3.19 Hoja de resultados de la evaluación CASBEE  
Fuente: (CASBEE, 2007)

De igual forma que ya se ha realizado con las herramientas BREEEM CHS y LEED para Hogares, se analizará para el caso de CASBEE su herramienta de viviendas unifamiliares.

En Japón, alrededor de medio millón de viviendas son construidas anualmente, muchas de las cuales sin considerar aspectos sostenibles y energéticamente eficientes.

CASBEE para viviendas unifamiliares fue desarrollado con el único propósito de diseñar y mejorar medioambientalmente la construcción de estas viviendas bajo dos de los aspectos ya mencionados anteriormente, y sobre los cuales se basa la estructura principal de CASBEE: calidad ambiental interior de la vivienda (simbolizada por “Q” de calidad) y la carga medioambiental asociada hacia el exterior (simbolizada por “L” de carga).

Para el caso de las viviendas unifamiliares, “Q” está estructurada a su vez por tres criterios:

- Q1 Confort, salud y seguridad en el ambiente interior.
- Q2 Garantizar una larga vida útil.
- Q3 Crear un enriquecimiento de los ecosistemas y de un paisaje urbano.

A su vez, “L” está dividida también por otros tres criterios:

- L1 Conservación de energía y agua.
- L2 Utilización de recursos con moderación y participar en su reducción.
- L3 Consideración del medioambiente global y local.

El proceso de evaluación de CASBEE para viviendas unifamiliares se realiza de la misma forma que el resto de herramientas del mismo nombre. Considerando que la herramienta está dividida en dos principales categorías y éstas a su vez en tres elementos cada una, cada categoría representa un valor porcentual del 50%, con lo que se demuestra un balance perfecto entre el ambiente interior y exterior al edificio.

No obstante, el peso de los diferentes elementos dentro de las dos principales categorías juegan una importancia diferente, y las mismas se reflejan en la Figura 3.20 inferior.



### Porcentajes de las categorías de CASBEE for Homes

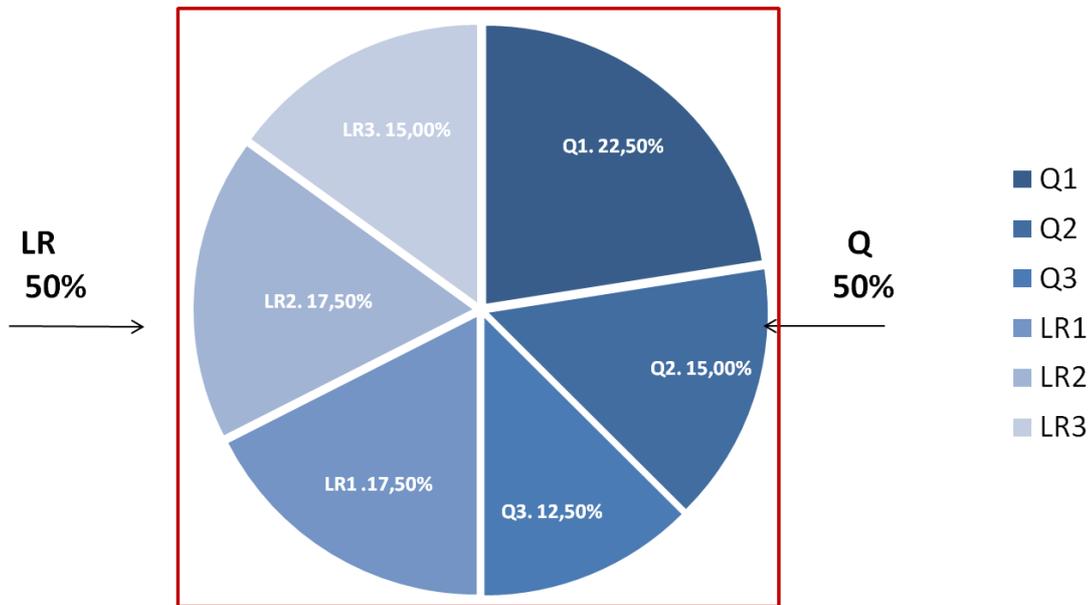


Figura 3.20 Porcentaje de los elementos CASBEE para viviendas unifamiliares.  
Fuente: (Ramallo, 2011) en base a (CASBEE, 2007)

Los porcentajes arriba mencionados se han tenido en cuenta considerando por un lado que tanto Q y L representan cada uno el 50%, y que dentro de cada categoría la jerarquía porcentual es,  $Q1:Q2:Q3 = 0.45:0.30:0.25$  y  $LR1:LR2:LR3 = 0.35:0.35:0.30$ .

Considerando que los seis elementos arriba mencionados están divididos a su vez por otros sub-elementos llamados de medio nivel, cada uno evaluado con distintas cargas porcentuales en función de la prioridad en la región, se refleja a través de la Figura 3.21 aquellos sub-elementos que muestran mayor interés dentro de la herramienta.



Figura 3.21 Porcentaje detallado de sub-elementos de medio nivel.  
Fuente: (Ramallo, 2011) en base a (CASBEE, 2007)

En las siguientes Tablas 3.8 y 3.9 quedan recogidos los sub-elementos de medio nivel de cada uno de los elementos de las categorías principales de la herramienta CASBEE para viviendas unifamiliares y el peso de cada uno de ellos dentro del nivel correspondiente.

La herramienta CASBEE no posee elementos mínimos obligatorios para su cumplimiento como si lo hace BREEAM CHS y LEED Hogares, por lo que de esta forma todos deberán ser cumplimentados.

Tabla 3.8 Elementos categoría Q para herramienta CASBEE viviendas unifamiliares  
Fuente: (CASBEE, 2007)

Q <sub>1</sub> Confort, Salud y Seguridad en un Ambiente Interior.		
ITEMS DE MEDIO NIVEL	ITEMS MENORES	ITEMS DETALLADOS
1. Calefacción y Aire Acondicionado. <0.50>	1.1 Performance Básico. <0.50>	1.1.1 Aislamiento térmico con performance hermético. <0.65> 1.1.2 Capacidad de ajuste de la luz del sol. <0.35>
	1.2 Prevención del calor de verano. <0.25>	1.2.1 Permicidad de brisas y expulsión del calor. <0.50> 1.2.2 Plan adecuado para el enfriamiento. <0.50>
	1.3 Prevención del Frío en Invierno. <0.25>	1.3.1 Plan adecuado para el calentamiento. <->
2. Salud y seguridad. <0.30>	2.1 Medidas contra agentes contaminantes químicos. <0.33> 2.2 Plan adecuado para la ventilación. <0.33> 2.3 Precaución contra el crimen. <0.33>	
3. Brillo- luminosidad. <0.10>	3.1 Uso de la luz del día. <1.00>	
4. Silencio. <0.10>		
Q <sub>2</sub> Garantizar una larga vida útil		
ITEMS DE MEDIO NIVEL	ITEMS MENORES	ITEMS DETALLADOS
1. Performance Básico de vida. <0.50>	1.1 Estructura del edificio. <0.30>	
	1.2 Materiales de muros externos. <0.10>	
	1.3 Materiales de cubierta. <0.10>	
	1.4 Resistencia contra desastres naturales. <0.30>	
	1.5 Preparación contra el fuego. <0.20>	
		1.5.1 Estructura resistentete contra el fuego (excluyendo las aberturas). <0.65> 1.5.2 Detección temprana de fuego. <0.35>
2. Mantenimiento. <0.25>	2.1 Facilidad de mantenimiento. <0.65> 2.2 Sistema de mantenimiento. <0.35>	
3. Funcionalidad. <0.25>	3.1 Tamaño y funcionamiento de las habitaciones. <0.50>	
	3.2 Diseño sin barreras. <0.50>	
Q <sub>3</sub> Crear un enriquecimiento de los ecosistemas y un paisaje urbano.		
ITEMS DE MEDIO NIVEL	ITEMS MENORES	ITEMS DETALLADOS
1. Consideración del paisaje urbano y del paisaje natural. <0.30>		
2. Creación del medioambiente biológico. <0.30>	2.1 Premisas verdes. <0.65>	
	2.2 Garantizar el hábitat biológico. <0.36>	
3. Seguridad de la región. <0.20>		
4. Utilización de los recursos regionales y la herencia cultural regional de la vivienda. <0.20>		

Tabla 3.9 Elementos categoría L para herramienta CASBEE viviendas unifamiliares  
Fuente: (CASBEE, 2007)

LRn1 Conservación del agua y de la energía.		
ITEMS DE MEDIO NIVEL	ITEMS MENORES	ITEMS DETALLADOS
Ahorros energéticos para la innovación en los edificios. <0.35>	1.1 Contról termal de cargas del edificio. <0.50>	
	1.2 Energía natural utilizada. <0.50>	
2. Ahorro de energía mediante el performance de los Equipos. <0.40>	2.1 Sistemas de Aire Acondicionado. <0.27>	2.1 Sistema de calefacción. <0.80>
	2.2 Equipos de agua caliente. <0.37>	2.1.2 Sistemas de ventilación. <0.20>
		2.2.1 Suplemento de agua caliente. <0.80>
		2.2.2 Aislamiento termico de los artefactos de baño. <0.10>
	2.2.3 Plomería de agua caliente. <0.10>	
2.3 Aplicaciones eléctricas, iluminación y equipos de cocina. <0.25>		
2.4 Sistema de ventilación. <0.05>		
3. Conservación de agua. <0.15>	2.5 Equipo altamente eficiente energéticamente. <0.50>	2.5.1 Sistemas de cogeneración de vivienda. <1.00>
	3.1 Sistema de ahorro de agua. <0.75>	2.5.2 Sistema solar de generación de eenergía.
4. Operaciones de mantenimiento bien informadas y programadas. <0.10>	3.2 Uso de aguas de lluvia. <0.25>	
	4.1 Presentación de los consejos de vida. <0.50>	
	4.2 Administración y control de la energía. <0.50>	
LRn2 Utilizar los recursos con moderación y reducción de residuos.		
ITEMS DE MEDIO NIVEL	ITEMS MENORES	ITEMS DETALLADOS
1. Introducción de los materiales útiles para ahorro de recursos y prevención de residuos. <0.60>	1.1 Estructura de edificios. <0.30>	1.1.1 Casa de madera. <->
	1.2 Refuerzo de materiales en trabajo de fundaciones. <0.20>	1.1.2 Casas de estructura metálica. <->
		1.1.3 Casa de concreto. <->
		1.3 Materiales Exteriores. <0.20>
		1.4 Materiales de interiores. <0.20>
1.5 Materiales para el area externa. <0.10>		
2. Reducción de los residuos en las fases de producción y de construcción. <0.30>	2.1 Fase de producción (miembros para estructuras de edificios). <0.33>	
	2.2 Fase de producción (otros miembros distintos que los de construcciones de estructura). <0.33>	
	2.3 Fases de construcción. <0.33>	
3. Promoción del reciclaje <0.10>	3.1 Provisión de información de materiales usados. <->	
LRn3 Consideración del medioambiente, Global, Local.		
ITEMS DE MEDIO NIVEL	ITEMS MENORES	ITEMS DETALLADOS
1. Consideración del calentamiento global. <0.33>		
2. Consideración del medioambiente Local. <0.33>	2.1 Control de la carga de la infraestructura local. <0.50>	
	2.2 Preservación de un ambiente natural existente. <0.50>	
3. Consideración del Entorno. <0.33>	3.1 Reducción del ruido, vibraciones, gases de escape, y calor de escape. <0.50>	
	3.2 Mejoramiento del ambiente térmico de los alrededores. <0.50>	

### 3.4 ALTA CALIDAD AMBIENTAL EN SU EMPRENDIMIENTO – AQUA

El siguiente apartado se estructura en dos partes: una primera parte en dónde se describe el origen de la herramienta y una segunda parte en dónde se detalla más en profundidad el modelo de funcionamiento de la propia herramienta.

#### 3.4.1 Descripción

A raíz de la creciente inquietud en temas de sostenibilidad con premisas de respeto al medio ambiente durante los últimos años en Brasil, se creó en el año 1967 la Fundação Vanzolini, fundación sin ánimo de lucro con carácter de generar certificaciones a productos industriales, calidad y medio ambiente, salud ocupacional, responsabilidad social y recientemente en vinculación al mundo de la construcción y obra civil (Casagrande, 2011). La misma ha conseguido consolidarse en el país gracias a su incorporación a otros grupos que gozan de credibilidad nacional e internacional, como la certificación IQNET como único producto o grupo de Brasil que es anexo a la organización internacional, además de estar adherido a la Sustainable Building Alliance.

Gracias a la cooperación francesa “HQE-Gestiones”, la Fundación Vanzolini planteó el desarrollo de una herramienta capaz de evaluar medioambientalmente un nuevo sector de suma importancia como es el ámbito de la construcción a través de su herramienta AQUA. (AQUA, 2012)

#### 3.4.2 Modelo de funcionamiento

Dentro de los modelos de funcionamiento, podemos distinguir entre las funciones administrativas cuyo enfoque se centra en estudiar las diferentes fases dentro del proceso de certificación y entre las funciones técnicas, éstas últimas enfocadas en desgranar el contenido y ponderación de cada una de las categorías por las que se compone la propia herramienta y su método de cálculo.

##### 3.4.2.1 Funciones Administrativas-funcionales

El Proceso AQUA (Alta Qualidade Ambiental em seu Empreendimento), que literalmente se puede traducir como el Proceso de Alta Calidad Ambiental en su emprendimiento que inicia oficialmente el año 2009, posee cuatro objetivos

principales:

- Mejorar la convivencia entre las personas de su entorno.
- Integrar armónicamente en un diseño global, estética, confort, y calidad de vida.
- Promover la sostenibilidad en el sector de la construcción civil.
- Ofrecer una certificación basada en la evaluación de criterios de desempeño completos y relevantes, que demuestran, por medio de auditorías y evaluaciones presenciales o independientes del desarrollo de alta calidad medioambiental.

El proceso o herramienta AQUA, iniciado a raíz de la inquietud y preocupación en el ámbito de la construcción ya comentado anteriormente, se basa en la gestión general de un proyecto que es creativo en los desempeños y que busca una calidad medioambiental en una construcción o rehabilitación de edificios. (AQUA, 2012)

El punto de partida de este proceso o la persona clave es un emprendedor, que también podría considerarse como el gestor, el cual promueve la construcción, la adaptación del edificio y la gerencia del mismo. Al ser un emprendedor, debe administrar sus propias funciones internas y de los demás agentes intervinientes del proceso tales como proyectistas, constructoras, con el fin de reducir el impacto ambiental de sus iniciativas, asegurar el confort y salud de las personas afectadas.

El proceso AQUA, que es una gestión de proyecto ambiental en una edificación, posee un proceso de estructuración que tiene los siguientes pasos; implementación para los emprendedores de un sistema de gestión ambiental, adaptación del edificio al medio y contextos y la transmisión de los emprendedores a los compradores y usuarios estimulando a las prácticas medioambientales.

AQUA cuenta en la actualidad con tres versiones destinadas al tipo de edificio que se requiera evaluar, AQUA para oficinas y escuelas; AQUA para hoteles; y AQUA para edificios de albergue, que se pueden entender como hogares. El motivo por que se haya implementado la evaluación para este tipo de edificios, hace suponer la necesidad de tener instrumentos que verifiquen los edificios que se construyen actualmente y en gran demanda por los próximos eventos mundiales en el Brasil. (AQUA, 2012)



El desempeño ambiental de una construcción envuelve tanto una vertiente de gestión medio ambiental con la naturaleza arquitectónica y técnica. Uno de los métodos más confiables para una organización eficaz es la razón para contar con una organización rigurosa, que efectivice la empresa y es la razón para que se estructuren dos elementos o instrumentos que permiten evaluar los resultados alcanzados que estructuran todo el proceso AQUA: (AQUA, 2012)

- Sistema de Gestión de emprendimiento (SGE), para evaluar el sistema de gestión ambiental implementado por el emprendedor.
- Referencia de la Calidad Ambiental del Emprendimiento (QAE), que permite definir la calidad del edificio y organizarlo desde la fase de concepción o pre-diseño, el programa y la ejecución de la construcción.

De este modo la evaluación de QAE debe ser basada en elementos objetivos que son cualitativos (descripción de las medidas adoptadas y de los documentos operacionales, especificando elementos gráficos, estudio, etc.), cuantitativos (métodos de evaluación utilizando software especializado, memorias de cálculo, planilla de mediciones, etc.).

Teniendo en vista la diversidad de soluciones técnicas, arquitectónicas que contribuyen para el QAE donde no existe una rigidez en fin de promover las innovaciones los agentes pueden aplicar el principio de equivalencia en edificios con nivel superior o excelente. El principio de equivalencia es un método alternativo de evaluación de desempeño, basados en otros criterio de evaluación que responde a la misma preocupación, este a su vez puede ser más compleja con mayo requerimiento de datos, pero a su vez es una herramienta flexible, que podrá ser evaluada por el auditor con la cooperación de un especialista. (AQUA, 2012)

#### 3.4.2.2 Funciones Técnicas

La Calidad Ambiental del Emprendimiento (QAE) está formada por un total de 14 elementos repartidos entre cuatro categorías que a su vez se dividen en dos partes tal y como se muestra en la Tabla 3.10 inferior.

Tabla 3.10 Calidad Ambiental de un edificio. Categorías y Elementos AQUA  
Fuente: (AQUA EH, 2010)

GESTIÓN DE LOS IMPACTOS SOBRE EL AMBIENTE EXTERIOR	CREACIÓN DE UN ESPACIO INTERIOR SALUDABLE Y CONFORTABLE
<b>SITIO Y CONSTRUCCIÓN</b>	<b>CONFORT</b>
1. Relación del edificio con su entorno.	8. Confort Higrotérmico.
2. Elección integrada de productos, sistemas y procesos constructivos.	9. Confort Acústico.
3. Obras de construcción con bajo impacto ambiental.	10. Confort visual.
	11. Confort olfativo.
<b>GESTIÓN</b>	<b>SALUD</b>
4. Gestión de energía.	12. Calidad sanitaria de los ambientes.
5. Gestión de agua.	13. Calidad sanitaria del aire.
6. Gestión de uso de residuos y operación del edificio.	14. Calidad sanitaria del agua.
7. Mantenimiento - permanencia del desempeño ambiental.	

En el proceso AQUA para viviendas no existe un sistema de puntuación ni de créditos ponderados como si existía en las tres herramientas que hemos estudiado anteriormente. Para el caso AQUA, cada elemento puede valorarse mediante tres posibles niveles: excelente, superior y buena. La proporción de elementos mínimos a cumplir deberá ser de 3:4:7 (AQUA EH, 2010)

En las Figuras 3.22 y 3.23 inferiores se observa la proporción de elementos mínimos y sus categorías antes mencionadas y el nivel máximo que se puede lograr para cada uno de ellos.

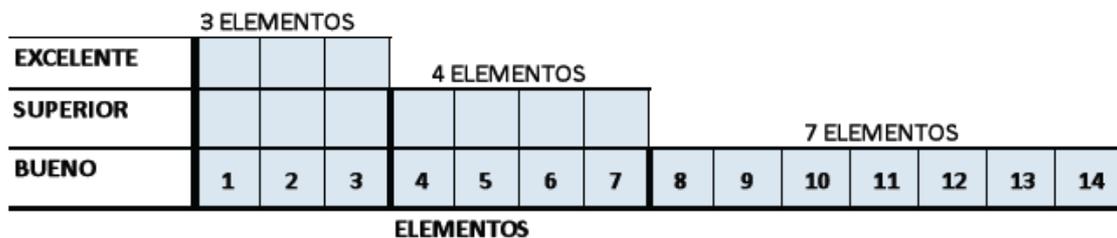


Figura 3.22 Proporción de calificaciones mínimas a obtener dentro del proceso AQUA.  
Fuente: (AQUA EH, 2010)

<b>E EXCELENTE</b>	X											X	X		
<b>S SUPERIOR</b>												X	X		
<b>B BUENO</b>	X														
	<b>ELEMENTO 1</b>	<b>ELEMENTO 2</b>	<b>ELEMENTO 3</b>	<b>ELEMENTO 4</b>	<b>ELEMENTO 5</b>	<b>ELEMENTO 6</b>	<b>ELEMENTO 7</b>	<b>ELEMENTO 8</b>	<b>ELEMENTO 9</b>	<b>ELEMENTO 10</b>	<b>ELEMENTO 11</b>	<b>ELEMENTO 12</b>	<b>ELEMENTO 13</b>	<b>ELEMENTO 14</b>	

Figura 3.23 Ejemplo de los resultados obtenidos en la herramienta AQUA.  
Fuente: (AQUA EH, 2010)

A partir de la Figura 3.23 superior, se observa que el Elemento 1 sólo puede evaluarse como Superior, mientras que los Elementos 11 y 12 sólo pueden hacerlo con un nivel máximo de Bueno.

Si bien la calificación es bastante sencilla, la escala en el caso de la acreditación básica será “Buena”. A medida que se cumpla con mayor exigencia la escala y el rendimiento del edificio, la vivienda será más sostenible.

El peso individual de las categorías es de 7.14% para todos los casos, por lo que AQUA muestra una similar importancia en todas ellas, independientemente a la clasificación final obtenida.

Por otra parte, la Figura 3.24 inferior, demuestra también que en AQUA existe una coherencia global del proyecto donde se muestran las interacciones entre los 14 elementos y se otros elementos bastante transversales como los elementos 1, 2, 4 y 7 que demandan una concepción íntegra. No obstante, la matriz muestra también la necesidad de tratar elementos tales como el confort ambiental y cualidades de aire interno de manera global, controlando sus correctas interacciones.

	Ele 1	Ele 2	Ele 3	Ele 4	Ele 5	Ele 6	Ele 7	Ele 8	Ele 9	Ele 10	Ele 11	Ele 12	Ele 13	Ele 14
1. Relación del edificio con su entorno.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2. Elección integrada de productos, sistemas y procesos constructivos.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3. Obras de construcción con bajo impacto ambiental.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4. Gestión de energía.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5. Gestión de agua.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6. Gestión de uso de residuos y operación del edificio.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7. Mantenimiento - permanencia del desempeño ambiental.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8. Confort Higrotérmico.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
9. Confort Acústico.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
10. Confort visual.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
11. Confort olfativo.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
12. Calidad sanitaria de los ambientes.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
13. Calidad sanitaria del aire.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
14. Calidad sanitaria del agua.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Figura 3.24 Matriz de interacción entre los elementos que conforman AQUA  
Fuente: (AQUA EH, 2010)

La evaluación del entendimiento de los criterios Referenciales Técnicos del Proceso AQUA se realizan por medio de auditorías presenciales seguidas de técnicas de análisis, los certificados son emitidos una vez que todos los puntos que corresponden a la evaluación son respondidos satisfactoriamente, y en el periodo de 30 días la fundación Vanzolini entrega un certificado de acreditación, previamente los pasos a seguir son:

- Fase del Programa
- Fase de la concepción (proyecto)
- Fase de la realización (Obra)

En la fase del programa el emprendedor debe definir el programa de necesidades o el perfil de desempeño de las catorce categorías, lograr un planeamiento detallado y acertado, colaborado por todos los integrantes de una gestoría. Debe asumir el compromiso en asegurar los recursos para obtener el perfil programado, inclusive estableciendo un sistema de gestión del emprendimiento (SGE) para que se asegure el control total del proyecto. En la fase de la concepción del proyecto se deberá proceder a realizar todos los puntos ya diseñados y a su conclusión se debe evaluar la Calidad Ambiental del Edificio (QAE) donde están las 14 elementos de desempeño del Proceso AQUA y se podrá corregir errores eventuales. Finalmente se realiza una auditoría completa de un proyecto con técnicos especializados de la fundación

Vazolini, donde se hará constatar por medio de documentación y demostración física de los elementos pre-escritos e insertados en la obra, concluyendo con el visto bueno para el informe final de la fundación para realizar la calificación final y la emisión del certificado de AQUA. (AQUA EH, 2010)

En la Figura 3.25 se muestra el informe final emitido en dónde se detalla la puntuación para cada uno de los elementos evaluados.



Figura 3.25 Certificado de evaluación AQUA  
Fuente: (AQUA EH, 2010)

El proceso AQUA aporta beneficios a todos los agentes involucrados en el sector, siendo los tres principales actores: emprendedores, compradores y medioambiente.

Entre los objetivos hacia los emprendedores, destacan:

- Probar una alta calidad ambiental de sus construcciones.
- Diferenciar su cartera de mercado.
- Mantener el valor de su patrimonio a lo largo del tiempo.
- Asociar la imagen de la empresa con alta calidad ambiental.
- Mejorar las relaciones con los órganos ambientales y comunidades.
- Economía directa de agua y de energía.
- Menores costes de condominios – energía, agua, conservación y mantenimiento.
- Mejores condiciones de confort, estética y salud.
- Mayor valor patrimonial a lo largo del tiempo.

En cuanto a materia medioambiental:

- Menor consumo de energía.
- Menor consumo de agua.
- Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Reducción de la polución.
- Mejores condiciones de salud en las edificaciones.
- Mejor aprovechamiento de la infraestructura local.
- Menos impacto en el alquiler.
- Mejores condiciones de trabajo.
- Reducción de los residuos en la construcción.
- Gestión de riesgos naturales, suelo, aire, agua.

La implementación de AQUA es nueva y al ser un sistema que va sumando experiencia la cantidad de edificios certificados son escasos. No obstante, el programa de desarrollo de vivienda empieza a implementarse y otras herramientas, con vista a poder certificar la cantidad de edificaciones previstas a eventos mundiales que se aproximan.

### 3.5 ESTIDAMA

El siguiente apartado se estructura en dos partes: una primera parte en dónde se describe el origen de la herramienta y una segunda parte en dónde se detalla más en profundidad el modelo de funcionamiento de la propia herramienta.

#### 3.5.1 Descripción

El Consejo de planificación urbana de Abu Dhabi (Urban Planning Council - UPC) es reconocido internacionalmente por la planificación urbana sostenible a gran escala y de rápido crecimiento. El conocido Urban Master Plan Abu Dhabi 2030 centra el tema de la sostenibilidad como parte principio básico. Estidama, que es la palabra árabe para la sostenibilidad, es una iniciativa desarrollada y promovida por la Urban Planning Council. Estidama es el legado intelectual del Jeque Zayed bin Sultan Al Nahyan y una manifestación del visionario Gobierno en promover el desarrollo reflexivo y responsable. El liderazgo de Abu Dhabi está progresando los principios y los imperativos para el desarrollo sostenible, a través de Estidama, reconociendo que el desarrollo cultural, climático y económico único de la región requiera una definición más localizada de sostenibilidad.

Estidama no es sólo un método de calificación o algo que la gente hace, es una visión y un deseo de lograr una nueva forma sostenible de vida en el mundo árabe. El objetivo de Estidama es preservar y enriquecer la identidad física y cultural de Abu Dhabi, creando a la vez una siempre mejor calidad de vida para sus habitantes en cuatro pilares iguales de sostenibilidad: ambientales, económicos, sociales y culturales. Esto toca todos los aspectos de la vida en Abu Dhabi - la forma en la que construyen, la forma en la que obtienen sus recursos, la forma en la que viven, las elecciones que toman - todos en un esfuerzo por lograr un estado de vida sostenible. (Estidama, 2102)



Figura 3.26 Cuatro pilares en los que se basa Estidama. Fuente: (Estidama PVRS, 2010)

Estidama surgió, por un lado, de la necesidad de planificar adecuadamente, diseñar, construir y operar desarrollos sostenibles con respecto a las tradiciones embebidas dentro de la rica cultura local y la dura naturaleza climática de la región por el otro. Para este fin, propietarios, desarrolladores, equipos de diseño e incluso residentes necesitan pensar de forma diferente sobre la manera de enfocar el diseño y el proceso de planificación.

Estidama comenzó hace dos años y es el primer programa de su tipo que se adapte a la región de Medio Oriente. En el plazo inmediato, Estidama se centra en el cambiante entorno construido.

Es en este ámbito que la Urban Planning Council (UPC) está haciendo avances significativos para influir en proyectos actualmente en fase de diseño, el desarrollo o la construcción en el Emirato de Abu Dhabi.

### 3.5.2 Modelo de funcionamiento

En el siguiente apartado se detalla únicamente el rango de tipologías edificatorias en las que el sistema Estidama Pearl Building Rating System puede aplicarse. Las funciones administrativas funcionales y técnicas detalladas más adelante se referirán únicamente al sistema PVRS (para viviendas o villas).

### 3.5.2.1 Pearl Building Rating System

El objetivo del Pearl Building Rating System (PBRS – Sistema de Evaluación de Perlas en Edificios) es promover el desarrollo de edificios sostenibles y mejorar la calidad de vida. El logro de una construcción sostenible requiere la integración de los cuatro pilares de Estidama junto con un enfoque interdisciplinario y de colaboración para construir desarrollo conocido como el Proceso de Desarrollo Integrado. El PBRS estimula a la minimización del consumo de agua, minimización de residuos y de energía, uso de material local y pretende mejorar las cadenas de suministro de productos y materiales reciclados y sostenibles. (Estidama, 2102)

Una orden ejecutiva del Consejo en mayo de 2010 afirma que todos los nuevos edificios deberán cumplir los requisitos de Perla 1 a partir de septiembre de 2010, mientras que todos los edificios gubernamentales financiados deberán lograr mínimo 2 perlas. Siguiendo este mandato, un importante esfuerzo ha sido realizado para alinear el PBRS con los códigos de construcción y desarrollo de Abu Dhabi. (Estidama, 2102) (Abu Dhabi Estidama Program, 2008)

El PBRS es aplicable a todas las tipologías edificatorias, sus emplazamientos y recursos asociados, incluyendo hospitales, hoteles, laboratorios, almacenes y naves industriales. En líneas generales, cualquier edificio construido para uso permanente que incluya instalación de aire acondicionado deberá cumplimentar con los requisitos de PBRS.

Dentro de cada crédito, la aplicabilidad o alternativas específicas para cada requisito pueden especificarse para las siguientes tipologías de edificio:

- Oficina: se aplica a las oficinas y espacios asociados tales como salas de reunión, áreas de recepción y espera, instalaciones de personal, salas de servidores, pasillos, baños, salas de impresión, trasteros y habitaciones de la planta.
- Comercio: se aplica a la exposición y la venta de mercancías al por menor de alimentos (supermercados, tiendas de conveniencia), preparación de los alimentos (restaurantes, cafeterías, take-aways) y proveedores de servicios (bancos, oficinas de correos, agencias de viajes). Esta categoría incluye también centros comerciales, tiendas y parques de venta por menor. No incluye

uso individual aislado tipo almacén de venta directa.

- Multi-Residencial: se aplica a los desarrollos residenciales multifamiliares superiores a tres plantas por encima de nivel de calle. Todas las “Villas” o casas unifamiliares deberán evaluarse mediante el sistema de calificación “Pearl Villa Rating System”(PQRS), desarrollado en capítulos sucesivos y que nos servirá como herramienta comparativa de estudio.
- Escuela: se aplica a las escuelas primarias, escuelas secundarias, colegios de bachillerato y aún más las instituciones y colegios de enseñanza superior y profesional.
- Uso mixto: se aplica a las combinaciones de dos o más de las categorías anteriores de uso. Cuando proceda, los cálculos de crédito individual deben basarse un promedio ponderado de la zona.

Para aquellos edificios de más de 75.000 m<sup>2</sup> de superficie de planta o con la intención de conseguir de 2 a 5 Perlas, los mismos serán evaluados por la UPC para su posterior clasificación de PRS. No obstante, el edificio deberá estar registrado en el municipio correspondiente y seguirá el proceso de permiso de construcción correspondiente.

### 3.5.3 Funciones administrativas – funcionales

A lo largo de los siguientes apartados se detalla más en profundidad las funciones administrativas funcionales y técnicas referidas a la herramienta Estidama para Villas, en dónde se detalla en profundidad las diferentes fases dentro del proceso de certificación y el contenido y ponderación de cada una de las categorías por las que se compone la propia herramienta y su método de cálculo.

#### 3.5.3.1 Pearl Villa Rating System (PQRS)

Los objetivos de la Pearl Villa Rating System (PQRS) son los mismos que los del PBRS: es promover el desarrollo de “villas” sostenibles y mejorar la calidad de vida a través de los cuatro pilares que integra Estidama. El PQRS respeta el diseño residencial tradicional 'fareej' y apoya las prioridades históricas de sombreado solar, confort térmico al aire libre y privacidad interna.

La orden ejecutiva del Consejo de mayo de 2010 establece que a partir de septiembre de 2010 todas las nuevas villas deben estar diseñadas para lograr una calificación



mínima de 1 Perla, mientras que las villas Emiratís (financiadas por el Gobierno) deben cumplir al menos 2 perlas. (Estidama, 2102)

El sistema de calificación PVRS se aplica a cualquier nueva estructura permanente a construirse en una parcela nueva o existente y que contengan una vivienda para el uso de una sola familia, o un edificio plurifamiliar de tres o menos plantas que alberga múltiples unidades de viviendas.

Estidama define a una vivienda como aquella diseñada para su ocupación residencial con instalaciones independientes incluyendo disposiciones para dormir, cocinar y saneamiento. El tamaño máximo de una villa es de 2.000 m<sup>2</sup>. Villas más grandes deben cumplir con el sistema PRS. Villas construidas como estructuras temporales (emplazadas en cualquier lugar por un periodo inferior a 2 años ) están excluidas.

Miles de nuevas villas comenzarán a construirse en Abu Dhabi y este sistema mejorará la calidad, comodidad y rendimiento sostenible de éstas.

Ambos UPC y la municipalidad local participan en la evaluación de las presentaciones de PVRS. Villas individuales con el objetivo de obtener 1 perla y proyectos con menos de 10 villas se evaluarán directamente por los municipios como parte de su ya establecido proceso de permisos de edificación residencial.

El sistema PVRS está comprendido de dos fases de evaluación tal y como se observa en la Figura 3.27:

- Pearl Design Rating (PDR)

La calificación de diseño premia las medidas adoptadas durante el la fase de diseño de la vivienda siempre que se cumplan los requisitos e intención para cada crédito. Otra de las principales ventajas de esta fase, es que también se le asigna a la vivienda un valor adicional de marketing y marca en su primera fase de venta o arrendamiento. La PDR será válida sólo cuando la construcción ha sido finalizada y se requiere que todos los materiales de marca y comunicación identifiquen a la vivienda como un proyecto PDR.

- Pearl Construction Rating (PCR)

La PCR asegura que se han alcanzado los compromisos asumidos en la primera etapa (PDR), y todos los materiales de marca y comunicación identifican a la vivienda como un proyecto PCR.

El sistema de evaluación “Pearl Operational Rating” (POR) se encuentra actualmente en fase de evaluación. El mismo sirve para evaluar las características incorporadas y el rendimiento operacional de una vivienda existente y asegura que la misma opera de forma sostenible. El POR se puede obtener únicamente transcurridos dos años desde la finalización de la obra.

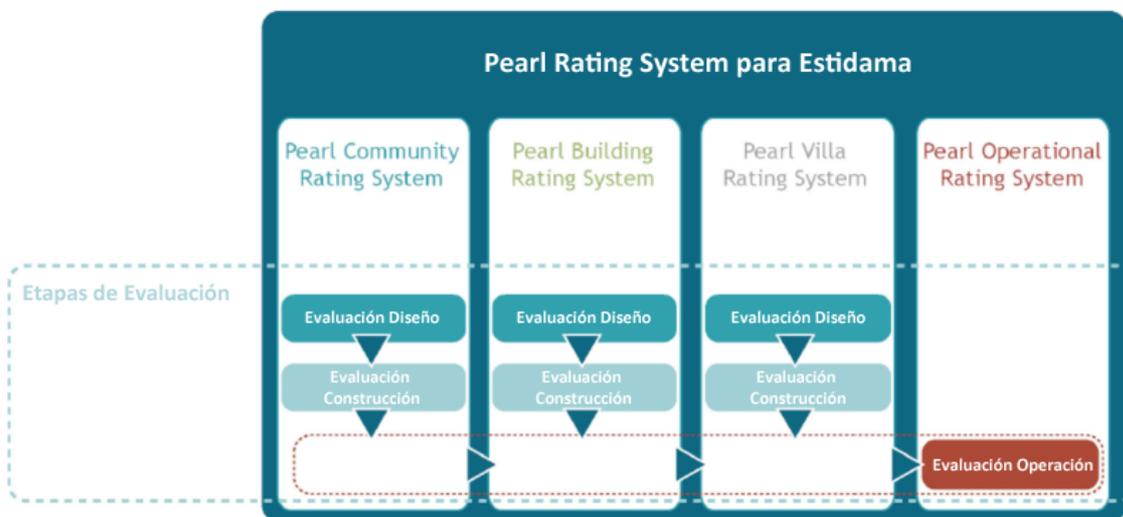


Figura 3.27 Fases evaluación Estidama  
Fuente: (Estidama PVRs, 2010)

El proceso de evaluación del PVRs requiere de las siguientes figuras clave y representadas en la Figura 3.28 inferior:

1. Pearl Assessor (Asesor)

Es un representante de Estidama que evalúa la entrega de documentos del PVRs.

2. Pearl Qualified Professional (PQP) o Profesional Cualificado “Pearl”

Corresponde a un miembro del equipo de diseño el cual facilita el Pearl Rating System para ambas fases de evaluación explicadas en el punto anterior, PDR y PCR. Para llegar a ser un PQP, la persona en particular deberá haber superado un examen en el cuál se evaluarán tanto sus conocimientos administrativos como técnicos de la herramienta Pearl. Sus funciones básicas se pueden resumir en:

- Entender los requisitos del sistema PVRs y guías asociadas.
- Facilitar el proceso de evaluación.

- Proporcionar documentos de calidad previo a la entrega de la documentación a Estidama.



Figura 3.28 Miembros clave del equipo  
Fuente: (Estidama PVRs, 2010)

El sistema PRS está diseñado para facilitar de una forma eficaz y educativa la evaluación de la sostenibilidad de un desarrollo o proyecto específico. Como parte del proceso y de forma desglosada, podemos resumir los pasos de la siguiente manera. (Estidama, 2102)

#### Pearl Rating System Preparation – Común para todos los sistemas Pearl Rating

Paso 1: Registrar la vivienda con Estidama. Cada proyecto deberá ir provisto de un único número de identificación.

Paso 2: Nombrar un PQP con el fin de facilitar el proceso de calificación y coordinación de entrega de documentación.

Paso 3: Realización de talleres de trabajo en conformidad del Proceso Integrado de Desarrollo (IDP) con la facilitación del PQP (compatible con IDP-R1).

### Pearl Design Rating

Paso DR4: Revisión y actualización de documentación de créditos de forma regular a través del proceso de diseño.

Paso DR5: Emisión de la entrega de documentación final a Estidama en la etapa final del proceso de construcción.

Paso DR6: La entrega de documentación será revisada por un Asesor Pearl, el cual podrá requerir aclaraciones o información adicional por parte del PQP según sea necesario.

Paso DR7: El Asesor Pearl premiará con un PDR basado en los créditos logrados en en la fase de desarrollo o diseño.

### Pearl Construction Rating

Paso CR4: Revisión y actualización de documentación de créditos de forma regular a través del proceso de construcción.

Paso CR5: Emisión de la entrega de documentación final a Estidama una vez la construcción de la vivienda ha finalizado.

Paso CR6: La entrega de documentación será revisada por un Asesor Pearl, el cual podrá requerir aclaraciones o información adicional por parte del PQP según sea necesario. Estidama se reserva el derecho a realizar una verificación in situ en caso que lo considere necesario.

Paso CR7: El Asesor Pearl premiará con un PCR basado en los créditos logrados en la fase de construcción.

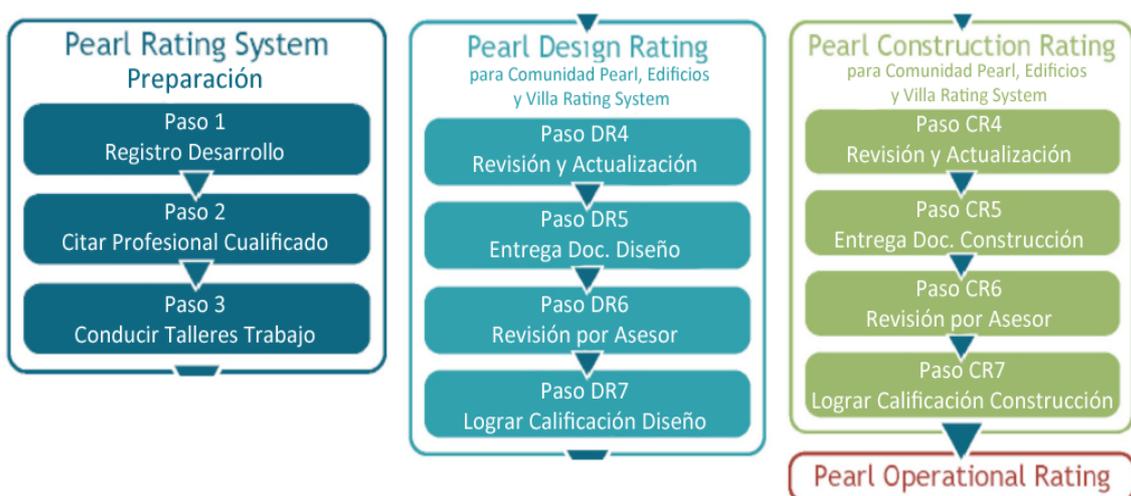


Figura 3.29 Proceso de certificación Pearl Rating System. Fuente: (Estidama PVRS, 2010)

El PRS de Estidama está dividido en siete categorías o indicadores, fundamentales para lograr un mayor desarrollo sostenible [Tabla 3.11].

Tabla 3.11 Categorías incluidas en Estidama PVRs  
Fuente: (Estidama PVRs, 2010)

NO	CATEGORIAS	SIGLA	Breve descripción
1	Sistema Integrado de Desarrollo	IDP	Alienta el trabajo interdisciplinario de equipos para ofrecer una gestión de calidad y respetable con el medio ambiente.
2	Sistemas Naturales	NS	Conservando, preservando y restaurando entornos y hábitats naturales críticos.
3	Viviendas Habitables	LV	Ofreciendo calidad de espacios interiores y exteriores.
4	Agua Preciada	PW	Reduciendo la demanda de agua y promoviendo fuentes alternativas para su obtención.
5	Energías Renovables	RE	Destinado a la conservación de la energía a través de medidas de diseño pasivo, eficiencia energética y fuentes renovables.
6	Materiales Controlables	SM	Garantizando la consideración del análisis del ciclo de vida global a la hora de seleccionar y especificar materiales.
7	Prácticas Innovadoras	IP	Fomentando la innovación en el diseño de edificios y la construcción de los mismos para facilitar la transformación de la industria y mercado.

Dentro de cada categoría existen tanto créditos obligatorios como créditos opcionales, y los créditos son obtenidos para cada crédito opcional logrado. Para obtener 1 Perla, todos los créditos obligatorios deberán ser obtenidos. Para lograr una valoración superior a la Perla, todos los créditos obligatorios deberán ser obtenidos conjuntamente con un mínimo de créditos opcionales.

En la Tabla 3.12 se muestran los 5 niveles de PVRs, así como la puntuación mínima necesaria para su obtención.

Tabla 3.12 Niveles de certificación PVRs  
Fuente: (Estidama PVRs, 2010)

Requisito	Categoría Perla lograda
Todos los créditos obligatorios	1 Perla
Todos los créditos obligatorios + 30 créditos optativos	2 Perlas
Todos los créditos obligatorios + 44 créditos optativos	3 Perlas
Todos los créditos obligatorios + 57 créditos optativos	4 Perlas
Todos los créditos obligatorios + 70 créditos optativos	5 Perlas

El sistema PRS consta de los siguientes dos tipologías de créditos:

- Créditos necesarios o requeridos (R)
  - Deben cumplirse por cada proyecto que se presenta para la obtención de una calificación Pearl. Dichos créditos se indican al principio de cada sección y están designados con una “R” (required). Aunque son limitados en número, son esenciales para lograr una calificación de Pearl y reflejar la importancia de políticas existentes o emergentes del Urban Planning Council (UPC) u otras políticas del Gobierno de Abu Dhabi.
  - Por último, es importante remarcar que no se obtienen créditos por adquirir dichos créditos necesarios. Se pueden considerar como obligatorios.
- Créditos optativos.
  - Son los créditos de rendimiento voluntario a partir del cual se pueden acumular puntos para obtener una cantidad de perlas superior a la unidad. Algunos créditos, al igual que ocurre en otras herramientas, están valorados en con solo punto, mientras que otras pueden estar valoradas con una mayor importancia.

Dependiendo del nivel de certificación Pearl que pretenda conseguir el equipo de diseño, el número de créditos y el nivel de logro variará de un proyecto a otro.

A modo de ejemplo, los créditos se representan y se estructuran de la siguiente forma [Figura 3.30]:

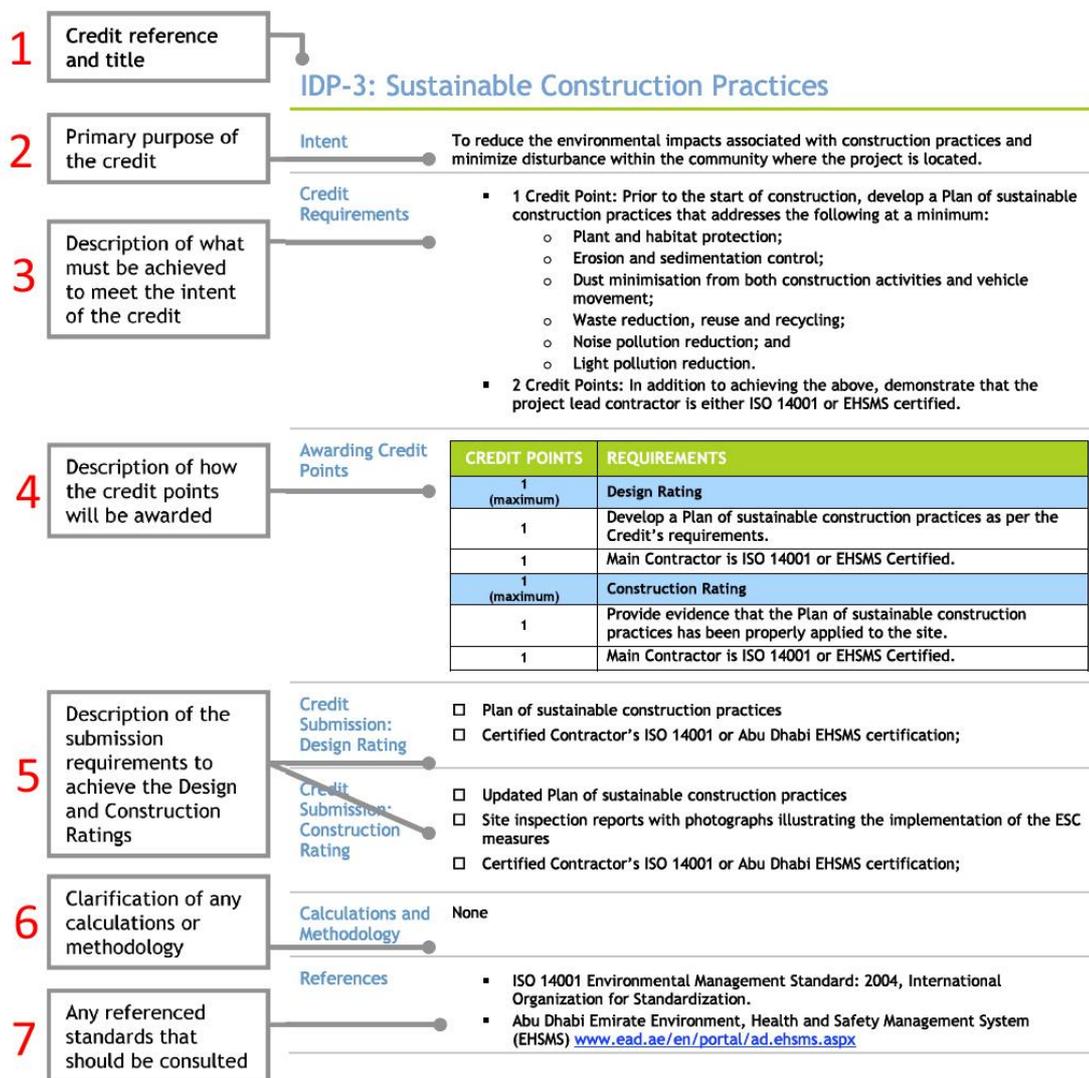


Figura 3.30 Estructura de créditos en PVRS  
 Fuente: (Estidama PVRS, 2010)

1. Referencia del crédito (código) y título.
2. Propósito principal del crédito.
3. Descripción sobre lo que debe ser logrado para alcanzar la intención del crédito.
4. Descripción sobre cómo el crédito será valorado.
5. Descripción sobre los requisitos de documentación a entregar en ambas fases de diseño y construcción.
6. Clarificaciones sobre cálculos o metodologías necesarias.
7. Relación de estándares relacionados con el crédito para su consulta.

El sistema Pearl Rating System para Villas tiene 40 elementos primarios dentro de las ocho categorías [Tabla 3.13] cada uno con un objetivo específico según la categoría

en la que se encuentra, con una cantidad puntos valorables por su cumplimiento, las categorías están repartidas como muestra la Figura 3.30.

Haciendo un desglose del sistema en las 7 categorías se obtiene las ya mencionadas, con una carga porcentual, lo que da a conocer a priori cuáles serían los puntos con mayor incidencia en la herramienta PVRS, que a continuación se detalla: Proceso Integrado del Desarrollo (11 %), Sistemas Naturales (5 %), Villas Habitables (16 %), Agua Preciada (23 %), Energías Renovables (23 %), Materiales Controlables (19 %) y Prácticas Innovadoras (3 %).

Tabla 3.13 Categorías y criterios de PVRS

Fuente: (Estidama PVRS, 2010)

CATEGORIAS	SIGLA	ELEMENTOS	Máx. puntos créditos
Proceso Integrado de Desarrollo	IDP-R1	Estrategia Integrada de Desarrollo	R
	IDP-R2	(Sistemas y Verificación del Rendimiento de la Envolvente)	R
	IDP-1	Coste Ciclo Vida	4
	IDP-2	Residencia de Trabajadores	2
	IDP-3	Prácticas de Construcción Sostenible	2
	IDP-4	Comunicación de la Sostenibilidad	2
SUB-TOTAL			10

CATEGORIAS	SIGLA	ELEMENTOS	Máx. puntos créditos
Sistemas Naturales	NS-R1	Evaluación de Sistemas Naturales y Protección	R
	NS-1	Diseño Paisaje y Gestión del Plan	2
	NS-2	Mejora del Paisaje	3
SUB-TOTAL			5
Villas Habitables	LV-R1	Evaluación de Sistemas Urbanos	R
	LV-R2	Confort Térmico Exterior	R
	LV-R3	Ventilación Mínima	R
	LV-1	Comunidad Categorías Perla	1
	LV-2	Ventilación Mejorada	2
	LV-3	Servicios Comunitarios & Entornos Urbanos Activos	2
	LV-4	Transporte Público	2
	LV-5	Servicios de Bicicletas	1
	LV-6	Emisión de Materiales	2
	LV-7	Confort Térmico y Controles	3
LV-8	Luz Diurna	1	
LV-9	Ruido Interior	1	
SUB-TOTAL			15
Agua Preciada	PW-R1	Mínima Reducción de Uso de Agua Interior	R
	PW-R2	Monitorización de Agua	R
	PW-1	Mejora en la Reducción del Uso del Agua Interior	10
	PW-2.1	Reducción en el Uso del Agua Exterior: Paisajismo	7
	PW-2.2	Reducción en el Uso del Agua Exterior: Elementos de Agua	2
	PW-3	Gestión del Agua de Tormenta	2
SUB-TOTAL			21

CATEGORIAS	SIGLA	ELEMENTOS	Máx. puntos créditos
Energías Renovables	RE-R1	Rendimiento Mínimo Energético	R
	RE-R2	Monitorización Energética	R
	RE-R3	Impactos de Ozono por Sistemas Refrigerantes	R
	RE-1	Mejora Rendimiento Energético	8
	RE-2	Estrategias Edificios Fríos	6
	RE-3	Energía Renovable	7
SUB-TOTAL			21
Materiales Controlables	SM-R1	Eliminación de Materiales Peligrosos	R
	SM-R2	Construcción Básica de Gestión de Residuos	R
	SM-R3	Almacenamiento y Colecta de Residuos y Reciclables	R
	SM-1	Materiales No Contaminantes	2
	SM-2	Diseño para Durabilidad	1
	SM-3	Reúso del Edificio	2
	SM-4	Materiales Regionales	2
	SM-5	Materiales Reciclables	5
	SM-6	Madera Reusada o Certificada	2
	SM-7	Mejora de la Gestión de Residuos de Construcción	2
SM-8	Compostaje	2	
SUB-TOTAL			18
Prácticas Innovadoras	IP-1	Prácticas Culturales & Regionales Novedosas	1
	IP-2	Prácticas Novedosas	2
SUB-TOTAL			3
TOTAL			90*

\* Excluye el crédito Innovating Practive que sólo son presentados como créditos bonus.

### Porcentajes de Categorías de Estidama para Villas

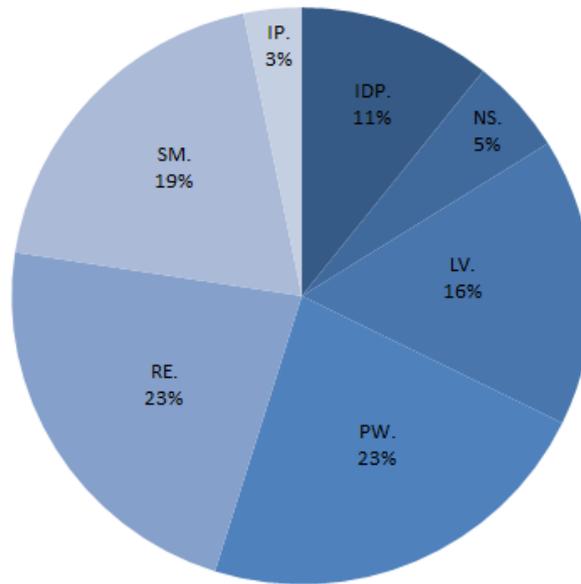
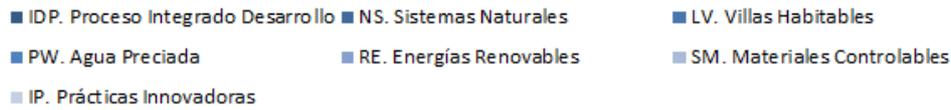


Figura 3.31 Porcentaje de las categorías PVRs Fuente: Propia en base a (Estidama PVRs, 2010)

Las categorías y puntos de Pearl Villas Rating System se desglosa en (Estidama PVRs, 2010):

1. IDP: Integrated Development Process (Proceso de Desarrollo Integrado )

Una de las partes fundamentales de la estrategia de Estidama se basa fundamentalmente en cambiar la forma de abordar el diseño, la construcción y el desarrollo del mercado inmobiliario. La finalidad no es sólo la de proveer una simple lista de comprobación para edificios verdes y desarrollo del territorio. Es una herramienta cuyo objetivo es mejorar el diseño y desarrollo de los diferentes procesos aportando una mejor relación coste-efectividad y mejor rentabilidad.

La finalidad de IDP no es otra que la de construir equipos de trabajo que puedan ofrecer tanto calidad y gestión ambiental a lo largo de la vida del proyecto, logrando una exitosa integración de sistemas constructivos, comunitarios, naturales y económicos. Para lograr lo anterior, el proceso requiere de un enfoque integrado

desde las tempranas fases del diseño, una clara visión y unos objetivos de sostenibilidad acompañados de un sistema de implantación estratégica. El objetivo principal será el de conseguir unos altos beneficios en los cuatro pilares en los que se basa Estidama (ambiental, social, económico y cultural), garantizando y controlando que los costes del proyecto a lo largo de todas sus fases sean mínimos.

Implementando el Proceso de Desarrollo integrado se logrará:

- Establecer un proceso de diseño más colaborador e iterativo.
- Fomentar actividades constructivas que valoran el bienestar de los trabajadores, la calidad y la buena gestión ambiental.
- Preparar el terreno para el buen funcionamiento y mantenimiento en dónde el usuario desempeña un papel participativo.

A modo esquemático, el IDP sigue un sistema de funcionamiento lineal de cinco pasos tal y como se indica en la Figura 3.32.



Figura 3.32 Modo funcionamiento lineal de la categoría IDP  
Fuente: (Estidama PVRs, 2010)

La cantidad de créditos disponibles son de 10 repartidos en seis puntos, siendo los dos primeros requisitos mínimos imprescindibles. Los 6 puntos dentro de esta categoría son:

- IDP-R1 – Integrated Development Strategy (Estrategia Integrada de Desarrollo), en dónde el objetivo será el que la vivienda adopte los principios del IDP a través de: a) la formación de “Equipos de Desarrollo Integrado” (IDT) formado por expertos en varias disciplinas como sostenibilidad, arquitectura, construcción, etc. b) conduciendo reuniones para establecer los objetivos iniciales y objetivos a obtener en el proyecto c) desarrollando talleres de trabajo regulares con implicación de todos los miembros IDT para desarrollar soluciones, asignar responsabilidades y toma de decisiones en temas como: orientación y respuesta climática, energía, agua, gestión residuos, confort interior, lugar y ecología y especificaciones de materiales sostenibles y demanda. d) desarrollando una estrategia de actuación de tal forma que la

transición entre las diferentes fases del proceso constructivo sean óptimas y que los objetivos marcados al inicio del proceso se lleven a cabo hasta el final.

- Al ser un requisito obligatorio, no se premia con ningún punto.
- IDP-R2 – Systems & Envelope Performance Verification (Sistemas y Verificación del Rendimiento de la Envolvente), en dónde el objetivo es asegurar que el rendimiento de la vivienda sea según diseño, facilitando tanto la salud como el confort del ocupante y garantizando la eficiencia de la envolvente y el sistema. Todo ello deberá ser comprobado por un profesional competente, y demostrado a través de reportes, certificados y verificaciones así como un libro de instrucciones que será entregado al dueño de la vivienda. De deberán cubrir como mínimo las verificaciones para: calefacción, ventilación, aire acondicionado, servicio agua caliente, energías renovables, sistema de tratamiento de aguas y gestión sistema aguas de tormenta.

Al ser un requisito obligatorio, no se premia con ningún punto.

- IDP-1 – Life Cycle Costing (Coste Ciclo Vida), tiene una carga de 4 créditos y su objetivo es facilitar la toma de decisiones para maximizar la eficiencia de las viviendas tanto en fase de diseño como de construcción. El modelo LCC desarrollado deberá ser mantenido y actualizado a lo largo de las fases de diseño y se deberá demostrar que su contenido está relacionado con las fases iniciales del IDP-R1 (verificación de diseño y toma de decisiones). Al final del proceso constructivo el informe LCC deberá ser actualizado indicando claramente los costes finales de construcción.
- IDP-2 – Guest Worker Accommodation (Residencia de Trabajadores), con una carga total de 2 créditos, tiene el objetivo de promocionar prácticas justas en las condiciones de los trabajadores en la construcción y que los mismos poseen de instalaciones tales como: preparación de comida, higiene personal, servicios religiosos, salud, recreación y entretenimiento. Ello deberá basarse en los requisitos de la Abu Dhabi Cabinet Decision nº 13 de 2009: Approving the General Standards Manual for Group Labor Accommodation and Related Services.

- Durante el boom edificatorio en Dubai, se calculó que aproximadamente 600.000 trabajadores correspondían al sector de la construcción (año 2005) con unos sueldos promedio de 120€/mes, y bajo unas condiciones de trabajo y de vida infrahumanas (Building Towers, Cheating Workers – Exploitation of Migrant Construction Workers in the UAE, 2006). Hoy en día la misma situación se está dando en otros países del Golfo en vías de desarrollo, particularmente en el Sultanato de Omán.
- IDP-3 – Sustainable Construction Practises (Prácticas de Construcción Sostenible), cuyo objetivo es el de reducir los impactos medioambientales asociados con las prácticas constructivas y minimizar la interacción de la construcción con la comunidad en dónde el proyecto está emplazado. Adicionalmente a desarrollar el Plan de Construcción Sostenible, la contratista principal deberá estar certificada mediante ISO 14001 o EHSMS para así obtener el total de 2 créditos del que consta el capítulo.
- IDP-4 - Sustainability Communication (Comunicación de la Sostenibilidad), tiene una carga de 2 créditos y su objetivo es el de promover la continua operatividad eficiente de la vivienda con el fin de que los ocupantes sepan apreciar, entender y contribuir al uso responsable de las instalaciones en el edificio. Para ello y para obtener el primer punto, se deberá facilitar al usuario de un libro de instrucciones (IDP-R2) en la que quede demostrado como mínimo: medidas de eficiencia en agua y energía y cómo el comportamiento del ocupante afecta a su rendimiento, información de la calidad de aire interior y cómo este se mide, se monitorea y se gestiona, información acerca de los materiales empleados en el edificio para su construcción, incluyendo aspectos ambientales y beneficios sociales. Incluirá también información sobre la gestión de residuos y reciclaje y por último localización de servicios de transporte público cercano, vehículos compartidos o instalaciones de bicicletas.

Para la obtención del segundo punto, se plantea la colocación de sistemas de monitorización en la vivienda con interfaz de usuario para que éste entienda cómo la gestión de los servicios afecta al rendimiento de su edificio.

## 2. NS: Natural Systems (Sistemas Naturales)

Uno de los pilares fundamentales en los que se basa el Plan Abu Dhabi 2030 es en la necesidad de fomentar el crecimiento sensitivo que conservará, preservará y restaurará los entornos y hábitats naturales más críticos de la región (Abu Dhabi Vision 2030, 2010). Las villas no son una excepción, y por sí mismas constituyen un mini hábitat que en caso de ser gestionadas de forma sostenible pueden conllevar a ecosistemas más sostenibles y saludables.

Los créditos incluidos en el capítulo de los Sistemas Naturales tienen la finalidad de fomentar la gestión de los recursos naturales y el uso sostenible del suelo a través de:

- Análisis y evaluación de todos los sistemas naturales de la parcela.
- Conservación de los activos importantes a través de su protección.
- Provisión de un sistema de diseño natural y gestión estratégica.
- Mejora en el valor ecológico.
- Creación de hábitats, restauración y provisión de conexiones entre los mismos.

El modelo jerárquico que se pretende buscar se representa en la Figura 3.33 inferior.

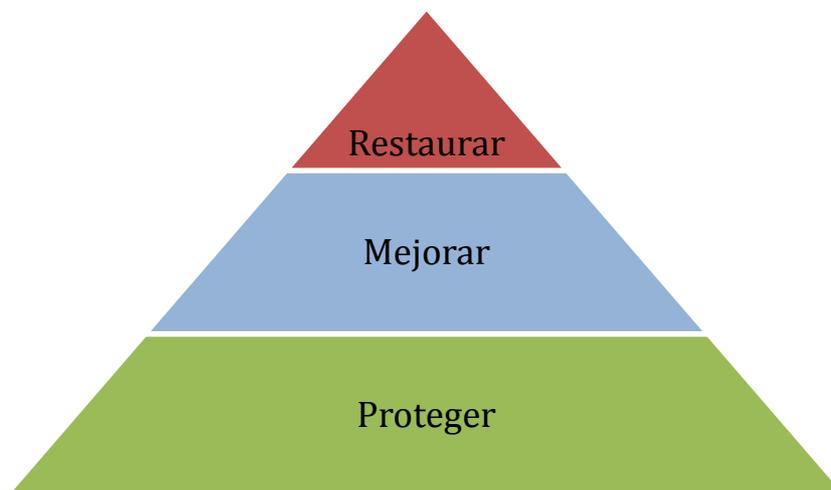


Figura 3.33 Pirámide jerárquica del modelo NS. Fuente: (Estidama PVRs, 2010)

La cantidad de créditos disponibles son de 3 repartidos en cinco puntos, siendo el primero de ellos requisito mínimo para la obtención de villas con una perla. Los 3 puntos dentro de esta categoría son:

- NS-R1: Natural Systems Assessment & Protection (Evaluación de Sistemas Naturales y Protección), tiene el objetivo de asegurar que una evaluación previa se ha llevado a cabo en el lugar de implantación del edificio con el fin de

proteger todos los aspectos ecológicos de valor. Deberá contener como mínimo aspectos de flora y fauna, microclimas indicando los vientos dominantes, orientación solar y sombramientos, suelos y residuos y contaminación. El plan de evaluación además deberá ir acompañado de un plano identificando claramente las áreas a ser protegidas, mejoradas o con potencial para la restauración o creación de nuevos hábitats.

Al ser un requisito obligatorio, no se premia con ningún punto.

- NS-1: Landscape Design & Management Plan (Diseño Paisaje y Gestión del Plan), con una ponderación de 2 créditos, su objetivo es el de minimizar la demanda de recursos, promover la protección del suelo y la gestión eficiente de zonas paisajísticas. Para la consecución de dichos créditos, se deberá adjuntar un Diseño Paisajístico y un Plan de Gestión que contendrá como mínimo, entre otras cosas justificación del sistema de plantación en relación a la eficiencia del agua, estrategia de irrigación, origen de las mismas, procesos de mantenimiento del paisaje a través de pesticidas, herbicidas, etc.
- NS-2: Landscape Enhancement (Mejora del Paisaje) se valora con un total de hasta 3 créditos. Su objetivo es fomentar la mejora del valor ecológico del lugar, y de restaurar o recrear el mismo a su estado anterior a través de la plantación de especies nativas o adaptativas (al menos el 50%) que posean alto valor de eficiencia en el consumo de agua y que sean aptas para suelos salinos.

### 3. LB: Livable Villas (Viviendas Habitables)

Considerando que aproximadamente la gente pasa entre el 80-90% de sus vidas en el interior (Carboun, 2012) (Estidama PVRS, 2010), estudios indican que ello produce problemas de salud y bienestar en dichas personas.

Este capítulo está enfocado en aquellos elementos que influyen en la calidad de vida del ser humano, tanto en el interior como en el exterior y en dónde el resultado final de dicha calidad estará en manos del equipo de diseño y desarrollo.

Con el fin de garantizar que una vivienda es totalmente sostenible, los nuevos proyectos de desarrollo deben ir más allá de lo puramente ambiental, y deberán

también considerar los otros tres pilares en los que se basa Estidama: social, cultural y económico. Para ello se deberán tener en cuenta aspectos como es la movilidad de las personas, incrementando la accesibilidad de los servicios comunitarios, conectividad y confort hacia el exterior para fomentar de esta manera una mayor actividad peatonal.

Este capítulo pretende abordar los siguientes temas fomentando:

Exterior:

- Provisionar espacios exteriores confortables.
- Enlaces a servicios locales.
- Enlaces a transporte público.
- Enlaces a centros de actividades deportivas para fomentar una vida saludable y activa.
- Promover el caminar y el ir en bicicleta.

Interior:

- Promover la provision de sistemas de ventilación saludables.
- Mejora de los controles de confort térmico.
- Mejora de la calidad del aire interior.
- Promover el uso de luz natural.
- Diseño de límites de ruido aceptable.

La cantidad de créditos disponibles son de 15 repartidos en doce puntos, siendo los tres primeros requisitos mínimos para la obtención de villas con una perla. Los 12 puntos dentro de esta categoría son:

- LV-R1: Urban Systems Assessment (Evaluación de Sistemas Urbanos) es un crédito obligatorio para la obtención de Villas de 1 Perla. Su objetivo es que el lugar de implantación del proyecto haya sido diseñado dentro del contexto urbano en todas las escalas: regional – sub regional y local.
- LV-R2: Outdoor Thermal Comfort (Confort Térmico Exterior) forma parte también de los créditos básicos requeridos para la obtención de 1 Perla, y tiene como fin la implementación de zonas de sombra mejorando así la funcionalidad de los espacios abiertos (como mínimo un 50%).

- LV-R3: Minimum Ventilation (Ventilación Mínima) es también un requisito mínimo básico por lo que su cumplimiento no se valora con créditos. Su objetivo es el de asegurar que el diseño de la vivienda se ha realizado en relación a los requisitos establecidos (IMC, 2009), en cuanto a ventilación natural y mecánica.
- LV-1: Pearl Rated Community (Comunidad Pearl Rated), se pondera con un total de 1 crédito y su objetivo es el de promover que todas aquellas viviendas que se pretendan construir se encuentren dentro de la llamada “Pearl Rated Communities”.
- LV-2: Improved Ventilation (Ventilación Mejorada) se pondera con un total de hasta 2 créditos repartidos en: 1 crédito si se demuestra el aumento en un 15% en la ventilación mecánica mínima establecida en LV-R3, y 1 crédito si se demuestra el aumento en un 25% en la ventilación natural mínima establecida en el mismo punto. El objetivo del crédito es el de proteger la calidad del aire que entra en la vivienda y el de asegurar la mínima entrega de aire fresco exterior.
- LV-3: Community Facilities & Active Urban Environments (Servicios Comunitarios & Entornos Urbanos Activos) tiene la finalidad de reducir al máximo el uso privado del coche y de fomentar una forma de vida saludable a través de servicios a la comunidad de forma que estos se encuentren a una distancia de a pie. El capítulo se pondera con un total de hasta 2 créditos:
  - 1 crédito si la vivienda se encuentra dentro de los 350m a al menos 5 servicios comunitarios (escuela, librería, oficina correo, banco, mezquita, supermercado, restaurante, oficina policía, etc.)
  - 1 crédito si la vivienda se encuentra dentro de los 350m a cualquiera de los servicios exteriores (zonas juego, zonas práctica deporte o zonas de paisaje para ocio)
- LV-4: Public Transport (Transporte Público) tiene la finalidad de promover el uso del transporte público y se puede lograr un máximo de 2 créditos, desglosados en:
  - 1 crédito si la vivienda se encuentra a 350m de un tranvía o autobús con una frecuencia de paso cada 15 minutos.

- 1 crédito si la vivienda se encuentra a 350m del servicio de metro o estación de tren.
- LV-5: Bicycle Facilities (Servicios de Bicicletas) tiene el objetivo de promover el empleo de la bicicleta durante los meses más templados de invierno. Se pondera con un total de 1 crédito siempre que se cumplan todos los requisitos del almacenamiento de bicis.
- LV-6: Material Emissions (Emisión de Materiales) estimula el empleo de materiales de baja emisión con el fin de mejorar la salud de los ocupantes de la vivienda. Se pondera con un total de 2 créditos desglosados en:
  - 1 crédito si todos los adhesivos, sellantes y pinturas no superan los contenidos máximos de VOC.
  - 1 crédito si todos los productos de moqueta, suelos rígidos, techos o productos que contengan formaldehído no superan los contenidos máximos de VOC.
- LV-7: Thermal Comfort & Controls (Confort Térmico y Controles) tiene como fin promover el uso de controles de confort térmico para el bienestar y salud de los ocupantes. Se pondera con un total de 3 créditos repartidos en:
  - 1 crédito si se proveen termostatos en cada una de las áreas habitables y cada habitación de la vivienda (incluyendo habitación de servicio).
  - 1 crédito: en adición si se provee de sensores de ocupación en todas las zonas habitables.
  - 1 crédito: en adición si se provee de sensores de ocupación en todas las habitaciones.

Los termostatos serán capaces de regular tanto la temperatura como la velocidad del aire. Los sensores de ocupación estarán conectados a los sistemas de HVAC y se podrán modular automáticamente en función de la ocupación.

- LV-8: Daylight (Luz Diurna) se pondera un con total de 2 créditos y su objetivo es el de promover el diseño de viviendas en las cuales se maximice el uso de luz natural. Para lograr dichos créditos, se deberá alcanzar como mínimo que el 50% del área neta de suelo de cada zona habitable o habitación logre un nivel de iluminancia de 200lux.

- LV-9: Indoor Noise (Ruido Interior) tiene como objetivo el proporcionar condiciones acústicas acordes con la sensibilidad y requisitos acústicos de privacidad. El capítulo se valora con un solo crédito en el cual se deberá garantizar a través de estudios que en ambientes interiores no se excederán valores de 35dB y de 45 dB en dormitorios (entre las 23-7hs) y no se excederán valores de 40 dB en el resto de áreas.

#### 4. PW: Precious Water (Preciada Agua)

Uno de los retos más importantes para el Emirato de Abu Dhabi es el poder realizar un balance estable entre la producción de agua y su demanda. El consumo de agua fresca per cápita es de los más altos del mundo (National Strategy and Action Plan - UAE, 2009), y es debido a la baja precipitación anual, clima caluroso extremo y a la significativa cantidad de energía embebida en el agua debido a los procesos de desalinización que el problema de la conservación de agua es la mayor prioridad del país.

Los pronósticos futuros no son muy esperanzadores tampoco, y se prevé que los Emiratos se conviertan en un país aún más árido y seco debido al calentamiento global y que, sumado al aumento progresivo de su población, el problema de gestión de agua se convierta en un tema más que crítico. (UAE - Communication on Climate Change, 2006)

Estidama ha ido más allá que el resto de herramientas en el sector, y ha diseñado una herramienta específica para el cálculo del consumo de agua a lo largo de todo el periodo, desde el diseño hasta la finalización de la obra, de tal forma que se pueda monitorizar, controlar y valorar la interacción del agua desde una perspectiva holística que permita evaluar e identificar cómo y dónde las reducciones de agua pueden llevarse a cabo [Figura 3.34]

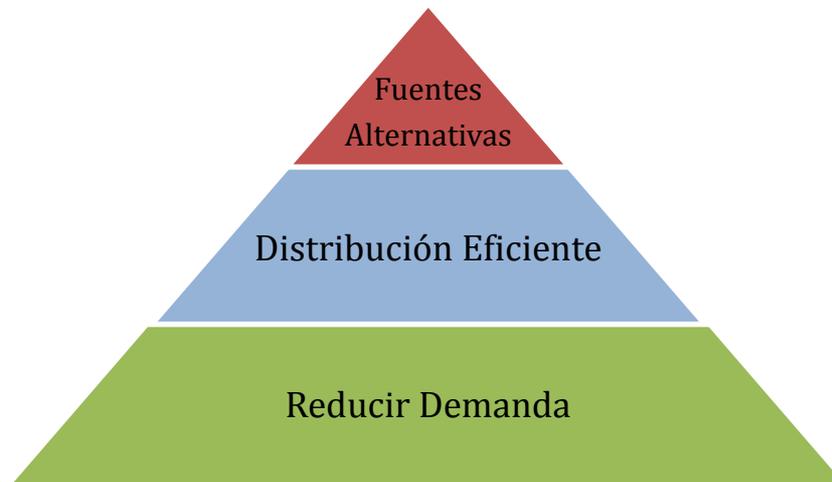


Figura 3.34 Jerarquía en la gestión del agua PVRs  
Fuente: (Estidama PVRs, 2010)

La cantidad de créditos disponibles son de 21 repartidos en seis puntos, siendo los dos primeros requisitos mínimos para la obtención de villas con una perla. Los 6 puntos dentro de esta categoría son:

- PW-R1: Minimum Interior Water Use Reduction (Mínima Reducción de Uso de Agua Interior) tiene el objetivo de desarrollar e implementar una estrategia de los recursos de agua durante las tempranas fases de diseño como herramienta para minimizar el consumo de agua potable de la vivienda a través de aparatos o accesorios instalados en la vivienda que ayuden a lograr el objetivo. Al corresponder a un crédito requerido para la obtención de viviendas con 1 Perla, su cumplimiento es obligatorio.
- PW-R2: Water Monitoring (Monitorización de Agua) es también como PW-R1 un requisito base imprescindible y obligatorio. Su principal objetivo es el estimular la previsión de sub-contadores de medida en aquellas zonas donde se prevea mayor consumo. El sub-contador deberá ser capaz de ser monitorizado remotamente.
- PW-1: Improved Interior Water Use Reduction (Mejora en la Reducción del Uso del Agua Interior) promueve la mayor reducción en el consumo de agua potable en el interior de la vivienda a través del empleo de accesorios y elementos eficientes y a través del uso de agua reciclada. Se puede obtener hasta un total de 10 créditos dependiendo del porcentaje total reducido y siempre comparado

a los estándares de una vivienda común. La obtención de puntos será tal y como se describe en la Tabla 3.14.

Tabla 3.14 Mejora en la reducción del consumo de agua interior.

Fuente: (Estidama PVRs, 2010)

Créditos conseguidos	Reducción consumo en %
1	6%
2	12%
3	18%
4	24%
5	30%
6	36%
7	42%
8	48%
9	54%
10	60%

La metodología empleada para la obtención de los créditos es similar a la PW-R1 con la diferencia es que para lograr mayores reducciones en el consumo de agua en PW-1, se debe optar por el empleo de agua reciclada. Todas las tuberías para este tipo de agua irán codificadas con un color diferente y así poder ser diferenciadas de las tuberías de agua potable.

- PW-2.1: Exterior Water Use Reduction: Landscaping (Reducción en el Uso del Agua Exterior: Paisajismo) promueve la reducción en la demanda de agua exterior (zonas paisajísticas) a través de la correcta elección de la flora, de las estrategias de irrigación y del uso de agua reciclada. Se pueden lograr hasta un máximo de 7 créditos, repartidos de la siguiente forma:
  - 2-4 créditos en la elección de las plantas, de forma que se logran 2 créditos si el consumo diario medio es inferior a los 4 lts/m<sup>2</sup>, y se obtienen 4 créditos cuando el consumo diario medio es inferior a los 2 lts/m<sup>2</sup>.
  - 2 créditos en el caso que se demuestre que un Sistema Eficiente de Irrigación ha sido incorporado al diseño del paisaje.
  - 1 crédito en el caso que se hayan obtenido como mínimo 2 créditos en el apartado de la selección de plantas, y adicionalmente se demuestre que el 100% de la irrigación exterior se produzca empleando el sistema “Exterior Water Allowance”.

- Podemos diferenciar por tanto, dos valores importantes a calcular para la obtención de los diferentes créditos:
- Demanda promedio de Irrigación del Paisaje =  $I_S / A_L$ , siendo:
  - $I_S$ : Demanda media anual de todas las zonas paisajísticas externas
  - $A_L$ : Área total de paisaje;  $A_L = A_P - A_V - A_W$ , siendo:
    - $A_P$  = Área parcela.
    - $A_V$  = Área vivienda.
    - $A_S$  = Área paisaje.
    - $A_W$  = Características agua / piscina.

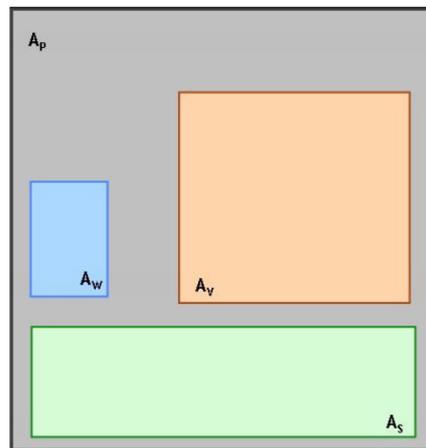


Figura 3.35 Esquema para cálculo de la demanda promedio  
Fuente: (Estidama PVRs, 2010)

La Exterior Water Allowance (Prestación Agua Exterior,  $E_{WA}$ ) se basa en lograr un balance entre el agua residual producida por la vivienda y la cantidad de agua exterior (para irrigación o características de agua). El valor obtenido nos da una indicación de la cantidad de agua permitida para uso exterior, y de obtiene a través de la siguiente expresión:

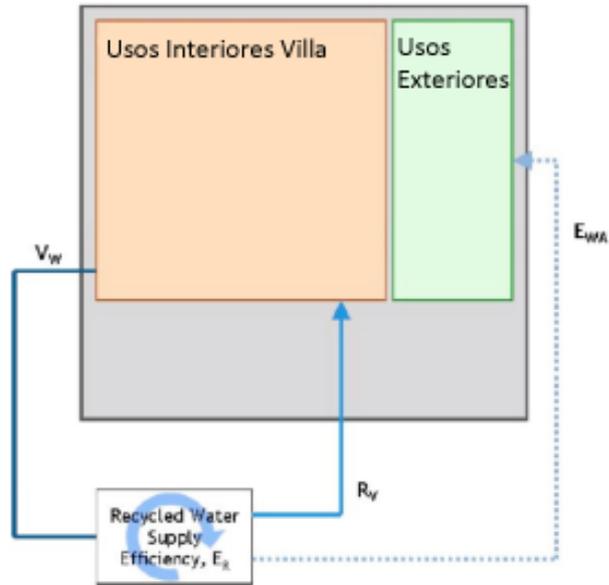


Figura 3.36 Esquema para cálculo de prestación agua exterior

Fuente: (Estidama PVRs, 2010)

$V_W$  = Volumen total de agua residual de la vivienda.

$E_R$  = Eficiencia del sistema de reciclaje de agua.

$R_V$  = Volumen de agua reciclada que se suministra a la vivienda.

$$\text{Exterior Water Allowance, } E_{AW} = (V_W * E_R) - R_V$$

El equipo responsable del diseño deberá decidir sobre el uso más adecuado en la prestación de agua exterior con el fin de balancear la cantidad de agua residual producida por la vivienda con el volumen de la demanda para uso exterior.

- PW-2.2: Exterior Water Use Reduction: Water Features (Reducción en el Uso del Agua Exterior: Elementos de Agua) tiene como fin la reducción del consumo de agua en elementos tales como fuentes, estanques, etc. a través de minimizar las pérdidas por evaporación y el uso de agua reciclada. Se pueden obtener hasta un total de 2 créditos, repartidos de la siguiente forma:
  - 1 crédito si se demuestra que el 100% de la demanda de elementos de agua se puede realizar a través del volumen  $E_{WA}$  detallado en el apartado PW-2.1, o demostrando que no existe ningún elemento de agua en la vivienda.
  - 1 crédito si se demuestra que las piscinas existentes no son mayores a 40 m<sup>2</sup> y que se han instalado unas mantas retráctiles para su cubrimiento. El crédito también se obtiene si se demuestra que no se ha instalado ninguna piscina.

El cálculo de agua para los diferentes elementos que puedan existir en una vivienda se calcula como:

$$\text{Pérdida de agua} = \Sigma (A_W + F_L * A_{FC}) * E_L, \text{ siendo}$$

$A_W$  = Área del elemento de agua.

$A_{FC}$  = Área de captación de la fuente.

$F_L$  = Factor de pérdida de la fuente.

$E_L$  = Pérdida por evaporación de la superficie de agua = 2200 lts/m<sup>2</sup>/año

- PW-3: Stormwater management (Gestión del Agua de Tormenta) está ponderado con un total de 2 créditos y tiene como objetivo el minimizar la descarga pico en periodos de tormenta y en proteger el propio sistema de drenaje.
5. RE: Resourceful Energy (Energía Renovable)

El ambicioso plan de crecimiento de Abu Dhabi conlleva un aumento muy considerado en el consumo de energía. Hoy en día la ciudad de Abu Dhabi posee una de las mayores tasas de consumo energético per cápita en el mundo.

A través de este capítulo Estidama pretende aplicar técnicas de conservación de energía durante el proceso de diseño de la vivienda, con especial énfasis al diseño pasivo y a la elección apropiada de sistemas mecánicos y eléctricos altamente eficientes y el empleo de energías renovables [Figura 3.37]

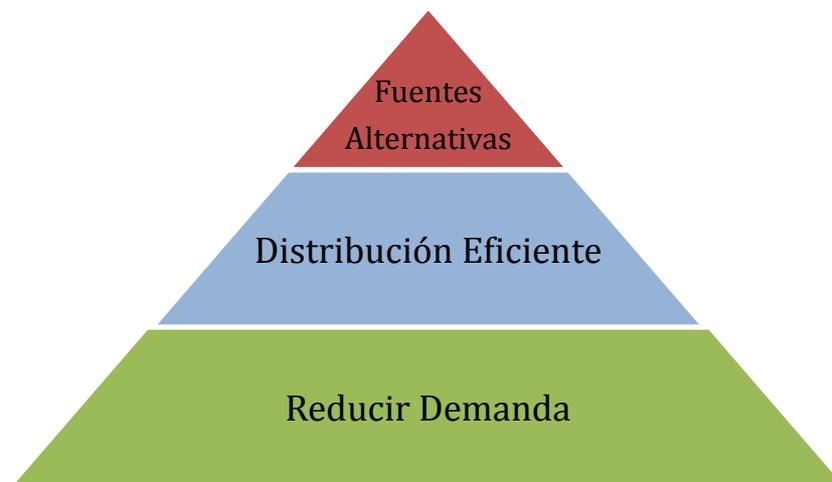


Figura 3.37 Jerarquía en la gestión de la energía  
Fuente: (Estidama PVRs, 2010)

La cantidad de créditos disponibles son de 21 repartidos en seis puntos, siendo los tres primeros requisitos mínimos para la obtención de villas con una perla. Los 6 puntos dentro de esta categoría son:

- RE-R1: Minimum Energy Performance (Rendimiento Mínimo Energético) es un requisito mínimo en la obtención de viviendas con 1 perla por lo que el cumplimiento de sus requisitos no se premia con ningún crédito.

Su objetivo es el promover el uso e instalación de sistemas de alto rendimiento a través de un diseño inteligente en la envolvente del edificio no superando unos valores U máximos de:

Tabla 3.15 Valores U en los elementos constructivos de la envolvente  
Fuente. (Estidama PVRS, 2010)

Elemento constructivo	U-value (W/m <sup>2</sup> K)
Ventana	2,2
Cubierta	0,14
Muro	0,32
Muro sótano	0,28
Suelo	0,15
Muro con cámara	0,36

Además, deberán cumplirse otros requisitos:

- El área acristalada propuesta no deberá ser superior al 15% del área de suelo condicionada.
- El sistema de acristalamiento poseerá un coeficiente máximo de absorción de calor de 0,4.
- El ratio de infiltración de aire no será superior a 0,35.

Además de promover un diseño inteligente en las envolventes, se deberán garantizar otros aspectos como el coeficiente de rendimiento en aires acondicionados, siendo como mínimo de 3,4.

En cuanto a sistemas de energías renovables, se deberá garantizar como mínimo que el 50% de la demanda de agua caliente se obtenga de fuentes renovables y que al menos un 15% de la superficie de la cubierta esté destinada a la instalación de fuentes renovables en el futuro.

Todo lo anterior puede sustituirse por la realización de un Método de Rendimiento, informe en el que deberá incluirse una memoria de cálculo en la

que se demuestre que el consumo de la vivienda está por debajo de lo establecido en todos los aspectos marcados en la Sección 8 ANSI/ASHRAE Standard 90.2-2007.

- RE-R2: Energy Monitoring (Monitorización Energética) es un crédito mínimo necesario por lo que no se suman créditos en caso de cumplir los requisitos. Su finalidad es la de dotar de contadores o sub-contadores a todas aquellas instalaciones que superen una carga máxima de 20kW. Contadores individuales deberán proveerse como mínimo en las siguientes instalaciones y deberán ser capaces de poder aportar información de consumos picos, comparación de consumos entre días y consumos diarios, semanales y anuales.
  - Contador de energía para el circuito de iluminación interna y externa.
  - Contador de energía para el circuito de corriente para tomas de fuerza.
  - Contador de energía para el sistema de aire acondicionado.
  
- RE-R3: Ozone Impacts of Refrigerants Systems (Impactos de Ozono por Sistemas Refrigerantes) tiene como finalidad promover la elección de sistemas refrigerantes que minimicen el impacto del medio ambiente. Para ello, se deberá demostrar que todos los refrigerantes empleados en el sistema tienen un valor ODP (ozone depletion potential) de 0.  
Al ser un requisito obligatorio, no se premia con ningún crédito.
  
- RE-1: Improved Energy Performance (Mejora Rendimiento Energético) tiene como finalidad promover la mayor reducción de consumo posible y por consiguiente a la mínima emisión de carbono relacionado con la operatividad del edificio.

El capítulo puede llegar a ponderarse hasta con un total de 8 puntos, desglosados de la siguiente forma:

Método prescriptivo (hasta un total de 5 puntos)

- Aplicaciones eficientes
  - 1 crédito si el COP del sistema de A/A tiene un mínimo de 3.8
  - 1 crédito si todos los elementos eléctricos (iluminación, aparatos eléctricos poseen una calificación de EU Energy Rating de A).

- 1 crédito si los ventiladores poseen una potencia máxima de 2,2 W/l/s.
- 1 crédito si el dueño del edificio se compromete a través de un escrito a facilitar los datos de consumo de su vivienda a Estidama.
- Energías renovables
  - 1 crédito si el 75% de la demanda total de agua caliente se obtiene de fuentes renovables.

Método rendimiento (hasta un total de 8 puntos), y que, basado en la misma metodología del punto RE-R1 (Mínimo Rendimiento Energético), se pueda demostrar que el consumo energético de la vivienda diseñada esté por debajo de los estándares regulados por ANSI/ASHRAE Standard 90.2-2007.

Tabla 3.16 Puntuaciones logradas en base al ahorro obtenido.  
Fuente: (Estidama PVRs, 2010)

Puntos logrados	Reducción en %
1	5%
2	10%
3	15%
4	20%
5	25%
6	30%
7	40%

Siendo la expresión para calcular el porcentaje de mejora,

Porcentaje mejora =  $100 * (\text{Rendimiento base edificio (kWh/año)} - \text{Rendimiento edificio diseñado (kWh/año)}) / \text{Rendimiento base edificio (kWh/año)}$

- RE-2: Cool Building Strategies (Estrategias Edificios Fríos) tiene como objetivo el introducir soluciones efectivas a través del diseño pasivo de viviendas con el fin de reducir su demanda de frío.

Se pueden lograr hasta un máximo de 6 puntos y al igual que en el crédito RE-1, podemos diferenciar entre dos métodos:

Método prescriptivo (hasta un total de 4 puntos)

- 1 crédito en caso que los siguientes valores U no se superen en los cerramientos de fachada:

Tabla 3.17 Valores U de mejora en los elementos constructivos de la envolvente  
Fuente: (Estidama PVRs, 2010)

Elemento constructivo	U-value (W/m <sup>2</sup> K)
Ventana	1,9
Cubierta	0,12
Muro	0,29
Muro sótano	0,26
Suelo	0,14
Muro con cámara	0,32

- 1 crédito si se cumplen los siguientes requisitos:
  - El área acristalada propuesta no deberá ser superior al 15% del área de suelo condicionada.
  - El sistema de acristalamiento poseerá un coeficiente máximo de absorción de calor de 0,4.
  - El ratio de infiltración de aire no será superior a 0,35 (cambios aire/hora)
- 1 crédito si se provee de sistemas de sombreado a todos los elementos de fachada sur, este y oeste, pudiendo ser éstos fijos o retráctiles.
- 1 crédito si se demuestra que los materiales empleados para la cubierta poseen un alto valor reflexivo, siendo el valor del SRI (Solar Reflective Index)  $\geq 78$ .

Método prescriptivo (hasta un total de 5 puntos), logrados dependiendo del porcentaje de reducción en la ganancia de calor externo. La obtención de los puntos en relación a su porcentaje de reducción viene dado por la Tabla 3.18 inferior:

Tabla 3.18 Puntuaciones logradas en base al ahorro obtenido.  
Fuente: (Estidama PVRS, 2010)

Puntos logrados	Reducción en %
1	10%
2	20%
3	30%
4	40%
5	50%

- RE-3: Renewable Energy (Energía Renovable), crédito que premia a los proyectos que apuestan en el empleo de energías renovables reduciendo así las emisiones de carbono y la dependencia en los recursos fósiles.

Se pondera con hasta un total de 7 créditos, repartidos de la siguiente manera:

Método prescriptivo (hasta un total de 3 puntos)

Sistemas en el sitio (Onsite Systems)

- 1 crédito si la producción de energía a través de fuentes renovables es como mínimo de 500 kWh/año.
- 1 crédito si la producción de energía a través de fuentes renovables es como mínimo de 1000 kWh/año.

### Sistemas fuera del sitio (Offsite Systems)

- 1 crédito si se demuestra que al menos un 20% de la demanda de energía de la vivienda va a ser suministrada a través de fuentes renovables a través de la compra directa y/o a través de Certificados de Energía Renovable (RECs) (Green-e, 2012), y que los contratos se firman por un periodo mínimo de 2 años.

### Métodos rendimiento (hasta un total de 7 puntos)

#### Sistemas en el sitio (Onsite Systems)

- 1 crédito si se demuestra que un estudio de viabilidad se ha llevado a cabo y que una o más tecnologías aptas se han seleccionado.
- 1-5 créditos si se demuestra que parte de la demanda de energía de la vivienda se obtiene a través de fuentes renovables. Los puntos obtenidos en relación al porcentaje reducido se reflejan en la siguiente Tabla 3.19:

Tabla 3.19 Puntuaciones logradas en base al ahorro obtenido.  
Fuente: (Estidama PVRs, 2010)

Puntos logrados	Reducción en %
1	3%
2	7%
3	10%
4	15%
5	25%

### Sistemas fuera del sitio (Offsite Systems)

- 1 crédito si se demuestra que al menos un 20% de la demanda de energía de la vivienda va a ser suministrada a través de fuentes renovables a través de la compra directa y/o a través de Certificados de Energía Renovable (RECs) (Green-e, 2012), y que los contratos se firman por un periodo mínimo de 2 años.

## 6. SM: Stewarding Materials (Materiales Controlables)

El uso de materiales tales como madera, hormigón o asfalto genera un número de consecuencias directas e indirectas, empezando por el método de extracción de la materia prima pasando por los procesos de manufactura del material hasta llegar a su etapa de colocación. Las consecuencias serán:

- Pérdida de biodiversidad en un bosque tropical a una distancia de medio mundo.
- Consumo de energía necesario para transportar el material a los Emiratos a través de transporte marítimo, terrestre o aéreo.
- Consumo de energía y agua en el proceso de manufactura del material.
- Impacto de cómo el material envejece, se degrada y finalmente se gestiona al final de su vida útil, ya sea mediante el reciclado del mismo o eliminándolo.

En el desarrollo sostenible, por tanto, los materiales deberán ser seleccionados en función de su ciclo de vida completo, teniendo en cuenta fundamentalmente cómo este se tratará al final de su vida útil. El transporte de residuos implica gran consumo de combustibles fósiles, y los vertederos suponen en la actualidad una gran fuente de contaminación y grandes productores de metano, uno de los gases causantes del efecto invernadero más importantes (Santambrosio, 2001)

La cantidad de créditos disponibles son de 18 repartidos en once puntos, siendo los tres primeros requisitos mínimos para la obtención de villas con una perla. Los 11 puntos dentro de esta categoría son:

- SM-R1: Hazardous Materials Elimination (Eliminación de Materiales Peligrosos) es un requisito básico imprescindible para obtener la calificación de viviendas de 1 perla. Su objetivo es el de eliminar por completo la presencia de materiales que contengan amianto o arseniato de cobre cromado.
- Al ser un requisito obligatorio, no se premia con ningún crédito.

- SM-R2: Basic Construction Waste Management (Construcción Básica de Gestión de Residuos) es un requisito obligatorio, por lo que su obtención no se premia con ningún crédito.
  - Su objetivo es de reducir los impactos a largo plazo de todos los residuos generados durante el proceso de construcción, tanto en su recolección, transporte y vertido. Para ello, el contratista principal conjuntamente con sus sub-contratistas deberán presentar un Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (CDWMP) previo al comienzo de los trabajos, el cual identificará las características de los materiales, si los mismos se van a separar, dónde se van a verter o si se van a reutilizar y dónde. Dicho plan se deberá monitorizar mensualmente y al final del proceso se deberá haber garantizado que al menos un 30% de los residuos generados han sido reciclados o reutilizados. (CWM, 2012)
  
- SM-R3: Storage and Collection of Waste and Recyclables (Almacenamiento y Colecta de Residuos y Reciclables) es también un requisito obligatorio, por lo que su obtención no se premia con ningún crédito. Su objetivo es el de reducir los impactos a largo plazo en la gestión de residuos. Para ello, se deberá proveer en el exterior de la vivienda de un armario en dónde se puedan distinguir como mínimo los siguientes contenedores:
  - Verde para plásticos, vidrios y metales.
  - Azul para papel y cartón.
  - Negro para residuos no reciclables y residuos no compostables.
  - Marrón para residuos orgánicos (optativo)

El armario dispondrá cerca de la calle para su proceso de recogida, dispondrá de iluminación y de toma de agua para su limpieza.

- SM-1: Non-Polluting Materials (Materiales No Contaminantes) promueve el uso de materiales que no tengan un impacto a largo plazo negativo para la salud humana o contaminación de sistemas naturales. Se pueden lograr hasta un máximo de 2 puntos, desglosados en:
  - 1 crédito si todos los aislamientos térmicos empleados en el proyecto tienen un valor ODP de 0, y adicionalmente un potencial de calentamiento global (GWP)  $\leq 5$ .
  - 1 crédito si se consiguen reemplazar materiales que contengan cloruros, tales como el PVC, CPE, CPVC, CSPE por familias de productos más sostenibles:
    - Aislamiento (80% o más)
    - Membranas impermeabilizantes (50% o más)
    - Revestimiento exterior (90% o más)
    - Cubrimiento suelos y paredes (90% o más)
    - Marcos ventanas y puertas (90% o más)
    - Tuberías (50% o más)
    - Cables eléctricos o ductos (50% o más)
  
- SM-2: Design for Durability (Diseño para Durabilidad) estimula la larga vida útil de la vivienda a través de la protección de sus componentes a la condensación, infiltración de agua, drenaje adecuado y protegiendo aquellas áreas más vulnerables de la envolvente del edificio. Se valora con un total de un punto, y para su obtención se deberá adjuntar un Plan de Durabilidad del Edificio en cual contendrá, entre otras cosas:
  - Vida útil de los diferentes elementos constructivos (cimentaciones y estructurales), así como suelos, techos, cubiertas, ventanas, etc.
  - Descripción de las tareas de mantenimiento de los elementos mencionados anteriormente.

- SM-3: Building Reuse (Reúso del Edificio) estimula el reuso y mejora del parque edificado existente reduciendo así la cantidad de residuos vertidos y otros aspectos medioambientales asociados y descritos en la introducción del proceso del ciclo de vida de los materiales.
  - Su cumplimiento se premia con un total de hasta 2 puntos:
  - 1 crédito si al menos un 20% del sistema estructural de la vivienda será reusado.
  - 2 créditos si al menos un 40% del sistema estructural de la vivienda será reusado.
  
- SM-4: Regional Materials (Materiales Regionales) promueve la selección de materiales que tienen un bajo impacto ambiental en aspectos de transportes y que a su vez estimula la economía regional/local.
  - Su cumplimiento se premia con un total de hasta 2 puntos:
  - 1 crédito si el coste de los materiales regionales es equivalente al 5% del coste total del material.
  - 2 créditos si el coste de los materiales regionales es equivalente al 10% del coste total del material.
  
- Para la obtención de los créditos se deberá adjuntar un informe en el que se incluyan los siguientes requisitos:
  - coste de los materiales.
  - lugar de extracción, recuperación y manufactura.
  - distancia recorrida y sistema de transporte empleado.
  
- SM-5: Recycled Materiales (Materiales Reciclables) tiene como objetivo estimular la demanda de materiales reciclables reduciendo de esta forma el volumen total de residuos generados.

Se pueden lograr hasta un máximo de 5 puntos, repartidos en tres categorías distintas:

### Acero reciclado

- 1 crédito si al menos un 25% del 50% del acero empleado para estructuras metálicas puede ser reciclado o reusado, o en caso de estructuras de hormigón, al menos un 90% del contenido de acero en el 80% de la estructura puede ser reciclado.

### Reemplazo de cemento

Demostrar el reemplazo de cemento Portland a través de materiales suplementarios (cenizas volantes, humos sílice, etc.) o agregados-adiciones, de esta forma reduciendo el total de gases de efecto invernadero (GHG). La obtención de créditos va en función de la Tabla 3.20 adjunta:

- 1 crédito para adiciones de cemento con valores GHG según filas B1, C1 y D1.
- 2 créditos para adiciones de cemento con valores GHG según filas B2, C2 y D2.

Tabla 3.20 Valores máximos GHG contenido en hormigones según tipología y resistencia  
Fuente: (Estidama PVRs, 2010)

A	Resistencia	25	30	35	40	45	50	55	60	Puntos
	Tipología	Gases Efecto Invernadero embebidos (GHG)								
B1	In situ	162	192	218	240	259	277	292	307	1
B2	In situ	121	144	163	179	194	206	218	229	2
C1	Prefabr.	176	209	236	260	281	300	317	332	1
C2	Prefabr.	149	176	199	220	237	253	268	281	2
D1	Postensado	183	217	245	270	292	312	329	345	1
D2	Postensado	162	192	218	240	259	277	292	307	2

### Áridos reciclables

- 1 crédito si se demuestra que al menos un 15% de todos los áridos empleados en la obra son reciclados.
- 2 créditos si se demuestra que sólo áridos reciclados o áridos provenientes de residuos industriales son empleados para base, sub-base o material de relleno.

- SM-6: Reused or Certified Timber (Madera Reusada o Certificada) estimula el empleo de madera que proviene de fuentes tanto legales como sostenibles. Para ello se deberá demostrar que una proporción de la madera empleada en el proyecto (incluida la empleada para trabajos temporales) es reusable o certificada bajo una de las siguientes certificaciones:
  - Forest Stewardship Council (FSC)
  - Program for the Endorsement of Forest Certification scheme (PEFC): Canadian Standards Association, CSA, Sustainable Forestry Initiative SFI y Malaysian Timber Certification Scheme MTCS.
  - Demostrar que toda toda la madera se ha obtenido de fuentes legales y no de las listas de especies protegidas de la Convention on International Trade in Endangered Species.

Los puntos están repartidos de la siguiente forma:

- 1 crédito si al menos un 50% de la madera cumple con los requisitos anteriores.
  - 2 créditos si al menos un 70% de la madera cumple con los requisitos anteriores.
- SM-7: Improved Construction Waste Management (Mejora de la Gestión de Residuos de Construcción) está relacionado directamente con el crédito SM-R2. Se pueden lograr hasta un máximo de 2 puntos:
    - 1 crédito si se demuestra que el contratista principal ha implementado y monitorizado su CDWMP y ha alcanzado que un 40% de los residuos de construcción hayan podido ser reciclados o reusados.
    - 2 créditos si se demuestra que el contratista principal ha implementado y monitorizado su CDWMP y ha alcanzado que un 50% de los residuos de construcción hayan podido ser reciclados o reusados.
  - SM-8: Composting (Compostaje) estimula la recuperación de residuos orgánicos promoviendo su uso como materiales fertilizantes alternativos. Se pueden lograr hasta un máximo de 3 créditos:
    - 1 crédito si se demuestra que containers de separación de residuos orgánicos se han provisto tanto en el interior de la vivienda (cocina), exterior (jardín) y contenedor central en el exterior y accesible a los servicios municipales.

- 2 créditos si se ha previsto de una planta in situ de compostaje para los residuos de jardín.

#### 7. IP: Innovating Practice (Prácticas Innovadoras)

No siendo un capítulo incluido en la herramienta de PVRS, es un apartado muy interesante a comentar, pues su finalidad consiste en buscar aplicaciones innovadoras que van más allá de lo explicado en los 6 indicadores anteriores, pero que a su vez estén basados e interconectados en los cuatro pilares de Estidama respetando y respondiendo a las necesidades culturales e identidad de la región.

Las prácticas innovadoras pretenden estimular diseños que incluyan soluciones pioneras contribuyendo al éxito del desarrollo sostenible en la región de los Emiratos.

La cantidad de créditos disponibles son de 2 repartidos en dos puntos, siendo todos ellos parte de un “bonus” para obtener créditos extras. Los 11 puntos dentro de esta categoría son:

- IP-1: Innovative Cultural & Regional Practices (Prácticas Culturales & Regionales Novedosas) el cual pretende estimular al diseño de prácticas que pongan en primera fila aspectos culturales y regionales contribuyendo a la vez al rendimiento sostenible del edificio. Se pondera con un total de 1 punto.
- IP-2: Innovative Practices (Prácticas Novedosas) tiene como fin el premiar el diseño de prácticas constructivas que posean un impacto positivo en cualquiera de los cuatro pilares de Estidama y que sirva de guía y base la implementación y mejora de futuras prácticas. Se presentará como un documento muy completo incluyendo análisis de viabilidad, documentación gráfica, análisis del ciclo de vida, análisis de riesgo, integración e implementación y aspectos de mantenimiento y durabilidad.

Su consecución se premia con un total de hasta 2 puntos.

### 3.6 QATAR SUSTAINABILITY ASSESSMENT SYSTEM – QSAS

El siguiente apartado se estructura en dos partes: una primera parte en dónde se describe el origen de la herramienta y su filosofía, y una segunda parte en dónde se detalla más en profundidad el modelo de funcionamiento de la propia herramienta.

#### 3.6.1 Descripción y filosofía

Qatar Sustainability Assessment System (QSAS) o Sistema de Evaluación de la Sostenibilidad de Qatar ha sido desarrollada para estimular y fomentar el diseño, la construcción y la operación responsable de entornos sostenibles.

El objetivo principal de QSAS es el crear un entorno sostenible que minimiza el impacto ambiental a la vez que se dirige a las necesidades ambientales, culturales, económicas y políticas específicas de la región y entorno del país. El desarrollo de la herramienta diseñada recoge las mejores prácticas de las herramientas de evaluación existentes.

La respuesta a las necesidades locales se ha llevado a cabo mediante tres pasos interrelacionados:

- Representando la cultura local, circunstancias y ecosistema por un conjunto de declaraciones discretas.
- Evaluando cada indicador o categoría, conformados a su vez por diversos criterios, como un todo a través de un método de medición a través del cual las partes interesadas juzgan el valor de cada categoría.
- Considerando las circunstancias locales, prácticas y costumbres en cada paso.

La medición de cada indicador ha sido diseñada para ser evaluada de forma de rendimiento y cuantificablemente, siempre en la medida de lo posible.

QSAS fue desarrollado por la Gulf Organization for Research & Development (GORD) in colaboración con TC Chan Center for Building Simulation y Energy Studies en la Universidad de Pennsylvania. En la actualidad, QSAS es administrada por la Gulf Organization for Research & Development (GORD) (GORD, 2012)

QSAS está dividida en ocho categorías, criterios y medidas relacionadas con unas metas ambientales que expresan la necesidad de la sociedad en disminuir el impacto ambiental. Estas metas son:

- La planificación del edificio deberá incorporar consideraciones urbanísticas.
- El desarrollo del edificio en relación a las condiciones del lugar deberán ser controladas.
- El consumo de energía de fuente fósil del edificio a lo largo de su ciclo de vida útil deberá ser controlado.
- El impacto causado por el edificio en relación a las fuentes de recursos hídricos deberá ser controlado.
- El impacto del uso de materiales empleados en el edificio deberá ser controlado.
- El ambiente interior del edificio deberá ser controlado.
- El valor cultural y económico del edificio deberá ser mantenido o mejorado.
- El plan de gestión y operación del edificio deberá ser definido.

Las ocho categorías o indicadores fundamentales en los que se basa QSAS para lograr un mayor desarrollo sostenible son los que se definen en la Tabla 3.21 inferior.

Tabla 3.21 Categorías de QSAS.  
Fuente: (QSAS Presentation, 2010)

NO	CATEGORIAS	SIGLA	Breve descripción
1	Conectividad Urbana	UC	Está formado de factores relacionados con el medio ambiente tales como las redes de transporte, la zonificación y las cargas (congestión tráfico, aire, ruido y contaminación lumínica).
2	Lugar	S	Formado por factores asociados al uso del suelo (conservación, remediación y selección), así como a su planificación y desarrollo.
3	Energía	E	Compuesto de los factores asociados a la demanda energética, a su eficiencia y a la prestación del servicio, y al uso de recursos fósiles que resultan en contaminaciones peligrosas y en aumento de la contaminación.
4	Agua	W	Asociado a factores de consumo de agua y a su carga asociada en los sistemas de abastecimiento y tratamiento municipal.
5	Materiales	M	Asociado a los procesos de extracción, procesado, manufactura, distribución, uso/reuso y gestión a posteriori.
6	Ambiente Interior	IE	Asociado a aspectos de confort térmico, aire, acústica y calidad de la luz.
7	Valor Cultural y Económico	CE	Asociado a factores de conservación cultural y apoyo a la economía local.
8	Gestión y Operación	MO	Gestión operación y mantenimiento, sub contadores para medición consumo energético, detección de fugas y puesta en servicio.

De forma similar que en el resto de herramientas descritas en previos apartados, cada categoría consta de diferentes criterios que definen las metas de la categoría a través de objetivos específicos y medidas objetivas orientadas al mejor rendimiento. En base a lo anterior, se otorgará una calificación la cual estará basada en el cumplimiento de las mismas.

Las puntuaciones variarán desde -1 a +3 (-1,0,+1,+2,+3) o de 0 a +3, dependiendo del nivel del criterio de impacto sobre el medio ambiente. Ello implica por tanto que cada criterio deberá ser medido en términos de un resultado previsto al diseño propuesto.

Una vez asignado un valor a cada criterio, el mismo se multiplicará por un factor de peso con el que obtendremos un resultado final.

De forma exclusiva, QSAS ha desarrollado unos estándares de energía específicos para el sector de la edificación, el cual será desarrollado más detalladamente en el apartado de Energía (E).

Igual que ocurriera en la herramienta Estidama, también QSAS dispone de manuales, guías y calculadoras para cada criterio de certificación.

### 3.6.2 Modelo de funcionamiento

A lo largo de los siguientes apartados se detalla más en profundidad las funciones administrativas funcionales y técnicas referidas a la herramienta QSAS, en dónde se detalla en profundidad las diferentes fases dentro del proceso de certificación y el contenido y ponderación de cada una de las categorías por las que se compone la propia herramienta y su método de cálculo.

#### 3.6.2.1 Medición y certificación de niveles

El objetivo de todos los criterios y mediciones asociadas en QSAS es poder ser evaluadas en base a rendimiento y cuantificables dentro de la escala de -1 a +3 o de 0 a +3 dependiendo del nivel del criterio de impacto sobre el medio ambiente. Ello implica por tanto que cada criterio deberá ser medido en términos de un resultado previsto al diseño propuesto, tales como la tasa de agotamiento de los recursos fósiles, el consumo de agua potable, o a adición al valor general cultural del entorno



urbano. El uso de puntos negativos permite que los criterios con mayor impacto ambiental sean enfatizados con el objetivo de lograr mejores rendimientos en el edificio, siendo -1 como un resultado NO ACEPTABLE, y 0 el umbral para ACEPTABLE o cuando la exigencia del criterio no es aplicable. Los resultados +1,+2 o +3 son niveles graduales de mejora.

El Proceso Analítico Jerárquico (AHP) fue el sistema empleado para determinar la importancia relativa y los pesos de los 8 indicadores por los que está formado QSAS, comparando las diferentes categorías entre ellas a través de una encuesta realizada a los stakeholders o partes interesadas de diferentes sectores industriales y representantes del gobierno dentro del país.

El método de cálculo empleado para determinar los pesos para cada criterio dentro de cada indicador se realizó a través del concepto de impacto relativo, en el que un número de factores son utilizados para evaluar el impacto de cada criterio en el entorno así como la implicación y duración del impacto en el mismo. El esquema de trabajo se puede observar en la Figura 3.38 inferior.

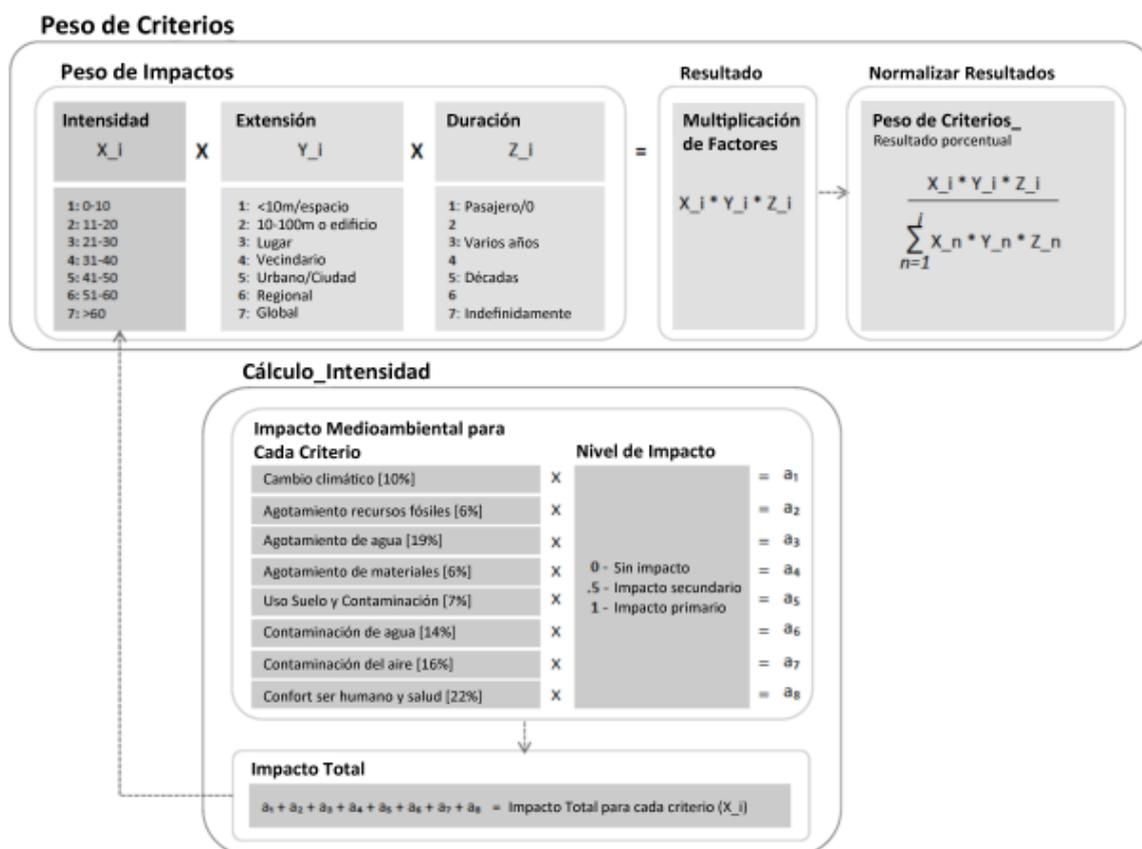
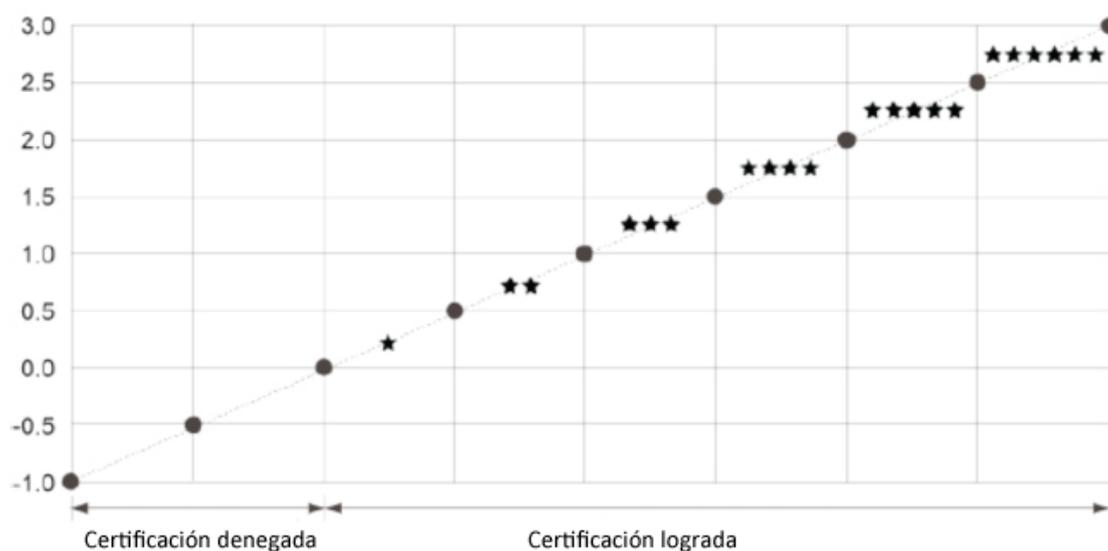


Figura 3.38 Método de cálculo para determinar los pesos de cada criterio QSAS  
Fuente: (QSAS Presentation, 2010)

Cada categoría/indicador y criterio está asociado a un peso basado en el impacto relativo ambiental, social y económico. QSAS consiste en seis niveles de certificación posibles para medir el nivel de impacto del proyecto. Un edificio que obtiene una calificación final de 0 no cumple con las necesidades básicas, por lo que se le negará su certificación. Por tanto, la certificación será otorgada únicamente a aquellos edificios con una calificación igual a 1 o superior. El mayor resultado que un edificio puede lograr es +3 y el mayor nivel de certificación es de 6 estrellas.



Resultado	Nivel Certificación	Certificación QSAS
$X < 0$	-	Certificación denegada
$0.0 \leq X \leq 0.5$	★	Certificación lograda
$0.5 < X \leq 1.0$	★★	
$1.0 < X \leq 1.5$	★★★	
$1.5 < X \leq 2.0$	★★★★	
$2.0 < X \leq 2.5$	★★★★★	
$2.5 < X \leq 3.0$	★★★★★★	

Figura 3.39 Niveles de certificación QSAS

Fuente: (QSAS Presentation, 2010)

### 3.6.2.2 Recursos QSAS

QSAS nos ofrece una serie de recursos que los podemos distinguir en:

#### 1. Suite Manuales QSAS

Formado por un total de 13 manuales y 2 documentos de energía que sirven para guiar el proceso de evaluación sostenible para cada proyecto. Los manuales incluyen un conjunto de criterios y mediciones así como

recomendaciones para ser empleados como herramientas guía. Distinguímos entre dos tipologías de manuales:

- Manuales Evaluación QSAS: definen las cuestiones específicas relacionadas a los criterios del sistema de evaluación. Cada manual incluye la descripción y los principios asociados a cada criterio así como las mediciones y entregas de documentación requeridas. Cada sección incluye además la metodología de puntuación específica para cada criterio.
- Guías QSAS: consisten en recomendaciones para ser empleadas como herramienta de guía en el diseño y ejecución de edificios sostenibles en Qatar. Para cada criterio se identifican los problemas medioambientales asociados y los objetivos a cumplir en fase de diseño. Existen además recomendaciones enfocadas en principios generales de diseño, así como recomendaciones específicas para cada criterio.

○

## 2. QSAS Project Management Suite (PMS)

Es una herramienta que nos ayuda a registrar el proyecto online y permite la comunicación continua del equipo de proyecto con la entidad certificadora.

## 3. Suite Herramientas QSAS

Contiene un total de 13 herramientas y 65 calculadoras que nos sirven para evaluar más detalladamente el proceso sostenible del proyecto sujeto a estudio.

- Herramientas: son sistemas computacionales que nos ayudan a evaluar el rendimiento de un proyecto sujeto a la evaluación, computando el puntaje final del proyecto y certificando el nivel final obtenido. La Figura 3.40 inferior ilustra el resultado final obtenido para la categoría de UC-Conectividad Urbana (la barra azul denota el resultado final y la barra roja el máximo resultado que se podía optar en la categoría).

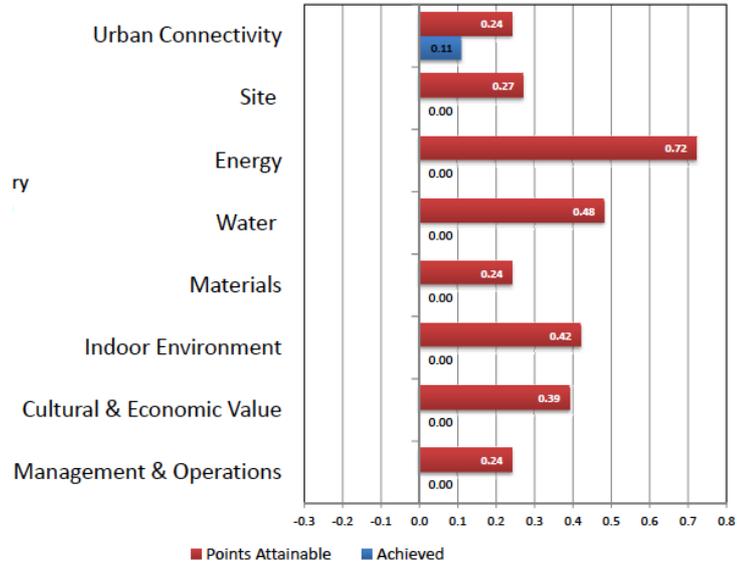


Figura 3.40 Puntuación final en la categoría UC  
Fuente: (QSAS Presentation, 2010)

La Figura 3.40 inferior indica el nivel de certificación QSAS conseguido

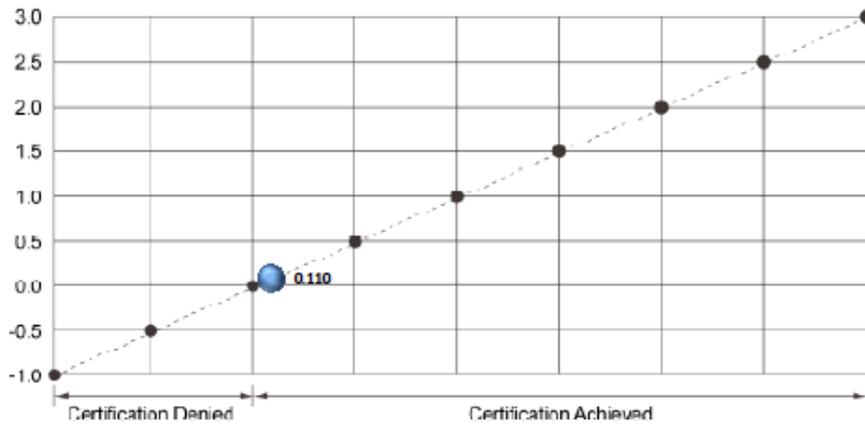


Figura 3.41 Nivel de certificación QSAS obtenido  
Fuente: (QSAS Presentation, 2010)

- Calculadoras: son herramientas de apoyo a las herramientas principales en la obtención de los resultados finales para cada criterio y categoría/indicador [Figuras 3.42-3.43].

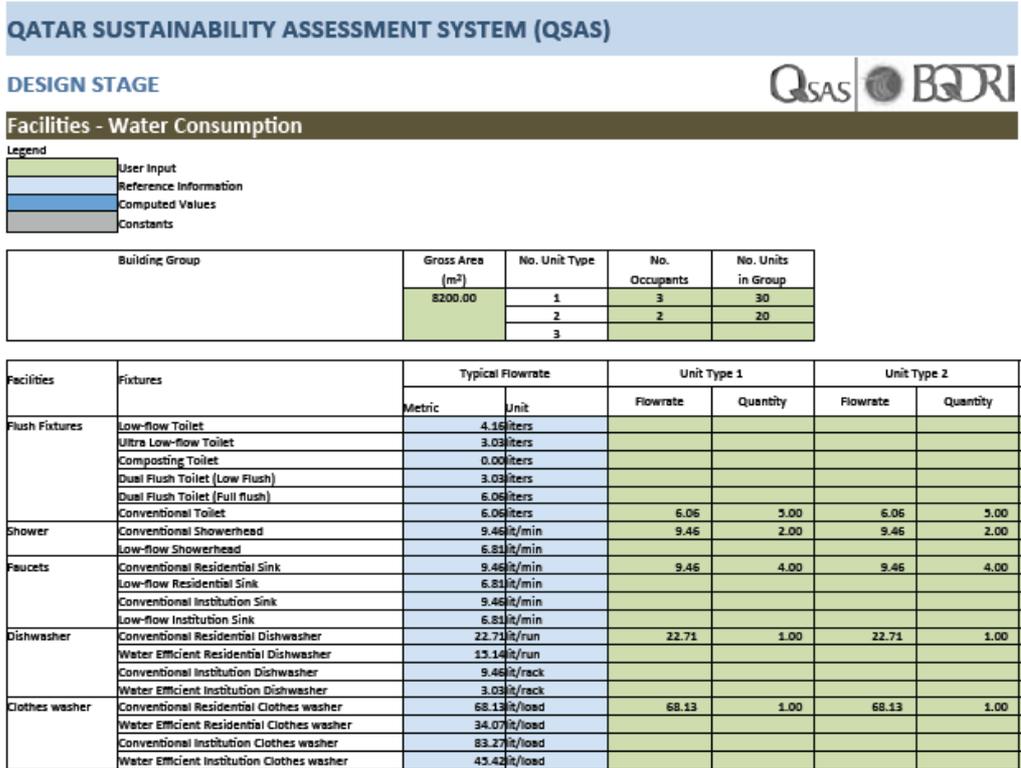


Figura 3.42 Representación de calculadora para consumo agua  
Fuente: (QSAS Presentation, 2010)

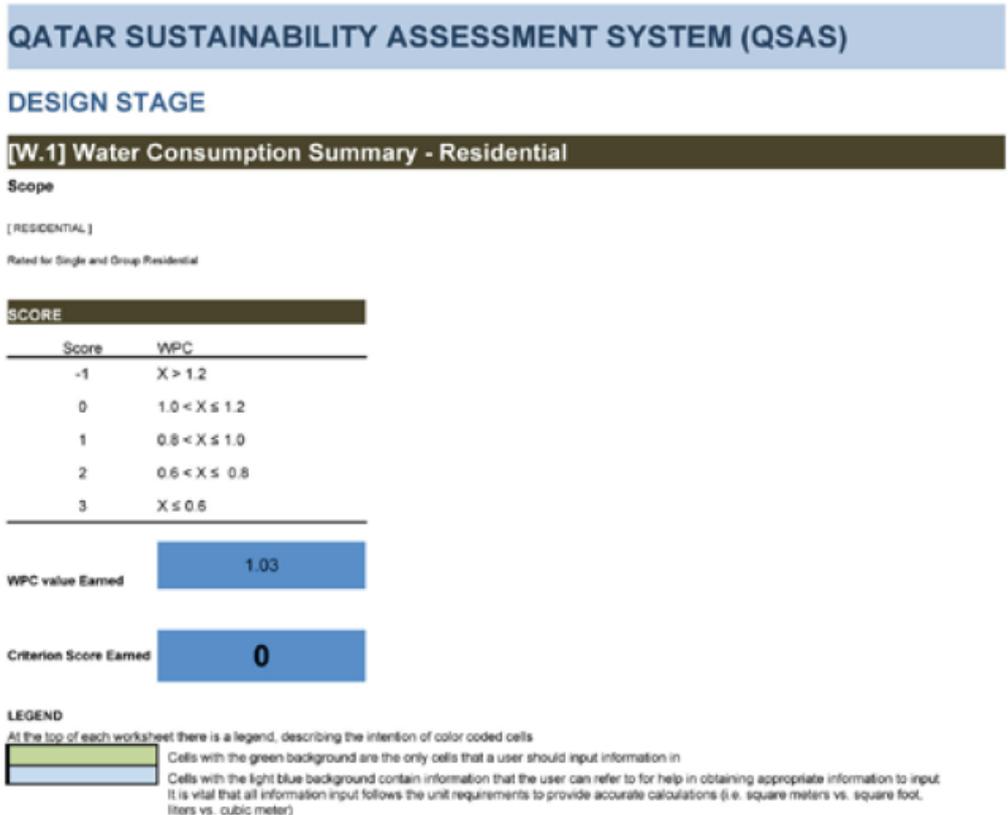


Figura 3.43 Representación de calculadora para consumo agua  
Fuente: (QSAS Presentation, 2010)

### 3.6.2.3 Verificación Diseño QSAS

El objetivo de la verificación de diseño de QSAS es el de asegurar que los criterios iniciales que se entregaron al organismo sean consistentes con el entorno construido una vez el proceso haya finalizado. De esta forma, el proceso estará claramente diferenciado por dos partes: revisión inicial y revisión final.

#### 1. Revisión inicial

##### Revisión preliminar

Una vez realizada la presentación de los criterios, la entidad certificadora (GORD) notificará al Project Manager de cualquier documentación insuficiente o incompleta. Un fallo en la re entrega de dicha documentación representará una puntuación de -1 para dicho criterio.

Esta fase sirve también para que el equipo de diseño aclare con GORD cualquier duda que esté fuera del alcance de cualquier enfoque o herramienta de cálculo de QSAS. En este caso, GORD proporcionará orientación sobre el enfoque que debe adoptarse para completar la documentación o evaluación de dicho criterio.

##### Revisión Final (Diseño)

En esta fase del proceso, GORD revisará toda la documentación presentada y determinará la puntuación final en el proceso de diseño. El equipo de proyecto recibirá una notificación del puntaje obtenido y un resumen del proceso de evaluación, entregándose una certificación provisional (aunque no oficial) a aquellos proyectos que reciban como mínimo 1 estrella, de tal forma que el proceso de solicitud de permiso de obras pueda realizarse.

##### Apelaciones

En caso de disconformidad por parte del equipo de proyecto en el proceso de evaluación de uno o más criterios, el mismo podrá apelar ante GORD (con un plazo máximo de un mes desde la revisión final) para su nueva revisión, aportando documentación clara y justificativa. El proyecto asumirá los costes de las tasas para

cada criterio que opte apelar.

### 1. Revisión Final

Una vez la construcción está finalizada, los equipos de proyecto deberán volver a entregar cierta documentación para la revisión final. Los requisitos para los cuales esta información es necesaria son:

- Todos los criterios relacionados a la categoría de Materiales.
- S.1 – Valor Ecológico del Suelo.
- S.6 – Efecto Isla de Calor.
- IE.2 – Materiales de Baja Emisividad.
- MO.1 – Commissioning Plan.
- Cualquier otro documento que haya podido cambiar después de la Fase Preliminar.

Para cualquier requisito no alcanzado durante la revisión final, el crédito para dicho criterio será revocado y la puntuación final será recalculada. Basado en los resultados finales en la fase de la revisión final, se otorgará al proyecto de una puntuación final y se emitirá una certificación QSAS si el proyecto ejecutado cumple o supera los requisitos mínimos establecidos.

#### 3.6.2.4 Tipologías

##### Comercial - Nueva construcción

El criterio y medición se basa en proveer puestos de trabajo sostenibles, saludables y productivos para sus ocupantes desde un rango que abarca la medición del consumo de agua hasta evaluar los niveles de iluminación en un espacio de oficinas.

Se incluyen en esta tipología espacios multiusos como oficinas, salas de conferencias, salas comedor y cocinas, foyers, tiendas, áreas auxiliares, etc.

Su sistema de evaluación consta de ocho categorías y 48 criterios.

### Core & Shell

El criterio y medición se centra en verificar el rendimiento de elementos básicos dentro del edificio (estructura, envolvente y sistemas mecánicos) permitiendo la flexibilidad a los desarrolladores y futuros inquilinos a implementar estrategias de diseño sostenible de forma individual y en diferentes épocas a lo largo del ciclo de vida del edificio.

Su sistema de evaluación consta de ocho categorías y 47 criterios.

### Escuelas – Nueva construcción

El criterio y medición se centra en proveer instalaciones saludables y sostenibles a estudiantes, profesores y personal desde un rango que abarca desde la medición de condiciones acústicas del lugar al uso diario de la luz natural en las aulas.

Su sistema de evaluación consta de ocho categorías y 47 criterios.

### Residencial

El criterio y medición se centra en proveer viviendas saludables y sostenibles para sus ocupantes desde un rango que abarca desde la medición del consumo energético al uso de la luz natural en los diferentes espacios interiores.

Dado que existen varias tipologías de viviendas (unifamiliar a cuatro vientos, adosadas y edificios plurifamiliares), QSAS ha definido dos tipologías dentro de su herramienta bajo el mismo sistema “QSAS Residential System”: Individuales y Agrupadas. Sin embargo, la evaluación para su puntuación final dependerá de la ponderación de los criterios para cada tipo.

- Individual: se incluyen en esta categoría viviendas unifamiliares, adosadas o no y con un total de plantas no superior a 4.
- Agrupadas: El resto de tipologías de viviendas no incluidas en el grupo individual, incluyendo:
  - Agrupación residencial de 2 o más viviendas adosadas o no.
  - Edificios plurifamiliares, condominios o agrupación de edificios.

Su sistema de evaluación consta de ocho categorías y 32 criterios.

### Mezquitas

El criterio y medición se centra en proporcionar mezquitas saludables y sostenibles para sus devotos y ocupantes desde un rango que abarca desde el consumo energético hasta el confort térmico de las salas de rezo.

Para el caso de mezquitas, las únicas salas que se considerarán para el proceso de evaluación serán las consideradas como salas de oración. El resto de salas o edificios anexos a las mezquitas se evaluarán individualmente de acorde a la tipología de edificio más acorde a QSAS.

Su sistema de evaluación consta de ocho categorías y 36 criterios.

### Hoteles

El criterio y medición se centra en proporcionar hoteles saludables y sostenibles los huéspedes y trabajadores desde un rango que abarca desde la medición del consumo energético hasta el confort térmico de las habitaciones de huéspedes.

Se incluirán dentro de esta tipología de edificios, tanto hoteles pequeños como grandes resorts. Dentro del propio hotel se diferenciarán varias salas como son habitaciones de huéspedes, vestíbulos, salones, oficinas, salas de conferencia, comedores y cocinas, sala de fitness, espacios comerciales y áreas auxiliares.

Su sistema de evaluación consta de ocho categorías y 45 criterios.

### Industria ligera – Nueva construcción

El criterio y medición se centra en proporcionar instalaciones saludables y sostenibles a visitantes y trabajadores desde un rango que abarca desde la medición del consumo energético hasta el confort térmico en oficinas y áreas de trabajo.

Se entiende por industria ligera aquella que emplea mano de obra para producir productos finales de consumo y no la fabricación de otros sub productos que servirán para otro proceso de manufactura. Por esta razón, la industria ligera se diferencia de la industria pesada en tanto que su impacto ambiental es muy inferior. Se incluye dentro de esta categoría almacenes, instalaciones frigoríficas y talleres.

Su sistema de evaluación consta de ocho categorías y 44 criterios.

### Comunidades

Su objetivo se basa en evaluar y valorar el rendimiento ambiental de las comunidades, centrándose en la verificación del rendimiento tales como el sistema de transporte, agua, información,... dentro de la comunidad, y asegurando que el desarrollo se adhiera a los principios sostenibles de un crecimiento inteligente y de la planificación urbana.

Se incluyen dentro de esta categoría tanto nuevos proyectos de desarrollo como comunidades existentes.

Su sistema de evaluación consta de ocho categorías y 39 criterios.

### Nueva construcción

Tiene como finalidad la evaluación del impacto ambiental asociado a la construcción de edificios incluyendo aspectos tales como la gestión de la propia construcción, la gestión de residuos y el empleo de materiales durante el proceso constructivo.

Su sistema de evaluación consta de cuatro categorías y 9 criterios.

### Operación

Su objetivo se basa en verificar el rendimiento de los edificios, asegurando que tanto la salud como el confort de sus ocupantes es respetada.

Su sistema de evaluación consta de ocho categorías y 41 criterios.

### Instalaciones deportivas

Es una de las herramientas en las que Qatar ha puesto más esfuerzo en consecuencia de los próximos mundiales de fútbol de 2022, y en la que durante los últimos meses ha existido mayor controversia en dicha decisión al ser un país con unas condiciones climáticas extremas.

Tiene como finalidad evaluar y valorar el rendimiento sostenible en las instalaciones deportivas, garantizando unas instalaciones saludables y sostenibles para atletas, trabajadores y espectadores, siendo estos últimos los de mayor audiencia y relevancia.

La herramienta QSAS para instalaciones deportivas puede ser empleada para cualquier tipología y tamaño de instalación y durante múltiples fases incluyendo diseño, construcción, operación y mantenimiento y uso de “herencia”. Se incluyen dentro de esta tipología estadios exteriores, polideportivos y pistas exteriores, todos ellos con unos criterios de valoración específicos.

Cada instalación deportiva es evaluada dependiendo de sus condiciones de operatividad y si su uso se espera que sea durante épocas pico (máxima ocupación) o no. Además QSAS instalaciones deportivas permite evaluar tanto el proyecto en su estado original de diseño así como instalación en “herencia”.

Una de las mayores ventajas de la herramienta es que la misma ha sido diseñada para servir de guía para instalaciones deportivas en cualquier parte mundo sin considerar la climatología del lugar y de forma imparcial, por lo que el sistema de evaluación sirve para cualquier y todos los deportes. No obstante, parte de esos criterios si han sido adaptados a las condiciones muy particulares de Qatar.

### 3.6.3 QSAS Residencial

Considerando que los aspectos administrativos funcionales son comunes para todas las tipologías edificatorias de QSAS, en el siguiente apartado se detallará únicamente mediante tabla el contenido de las diferentes categorías que componen la herramienta QSAS Residencial. El método de cálculo será también común para todas ellas.

#### 3.6.3.1 Descripción

QSAS Residencial está formado por un total de 8 categorías o indicadores y 32 criterios, 4 de los cuales todavía no se encuentra en fase de evaluación por lo que el número final asciende a 28.

Los diferentes criterios sujetos a evaluación se reflejan en la Tabla 3.22 adjunta.

Tabla 3.22 Categorías, criterios y porcentajes de QSAS Residencial  
Fuente: (QSAS Presentation, 2010)

No	Categoría/Criterio	Peso	Alcance Residencial	
			Individual	Agrupadas
UC	Conectividad Urbana	8.00%	I	I
UC.1	Carga en Condiciones de Tráfico Local	1.80%	X	X
UC.2	Paseos Peatonales	1.08%		X
UC.3	Proximidad a servicios	0.69%		
UC.4	Contaminación lumínica	0.58%		
UC.5	Contaminación acústica	0.43%		
UC.6	Transporte Público	1.30%	X	X
UC.7	Transporte Privado	0.39%		
UC.8	Contaminación alcantarillado y vías navegables	1.08%		
UC.9	Sombreamiento de propiedades adyacentes	0.65%		X
S	Lugar	9.00%		
S.1	Valor Ecológico del Suelo	2.34%	I	I
S.2	Vegetación y sombrados	1.05%	I	X
S.3	Desertificación	1.75%	I	X
S.4	Escorrentía aguas pluviales	1.17%		X
S.5	Usos Mixtos	0.88%		
S.6	Efecto Isla Calor	0.58%		X
S.7	Condiciones Viento Adversas	0.88%		X
S.8	Condiciones Acústicas	0.35%	X	X

No	Categoría/Criterio	Peso	Alcance Residencial	
			Individual	Agrupadas
E	Energía	24.00%	X	X
E.1	Carga en Condiciones de Tráfico Local	5.20%	X	X
E.2	Paseos Peatonales	5.20%	X	X
E.3	Proximidad a servicios	3.64%	X	X
E.4	Contaminación lumínica	4.55%	X	X
E.5	Contaminación acústica	5.41%	X	X
W	Agua	16.00%		
W.1	Consumo agua	16.00%	X	X
M	Materiales	8.00%		
M.1	Materiales regionales	1.85%	X	X
M.2	Fuentes responsables materiales	0.00%	N/A	N/A
M.3	Reuso estructura: en sitio	0.91%		
M.4	Reuso materiales: fuera sitio	1.54%	X	X
M.5	Materiales reciclables	1.85%	X	X
M.6	Diseño Desmontaje	1.85%		
M.7	Evaluación Ciclo Vida (LCA)	0.00%	N/A	N/A
CE	Valor Cultural y Económico	13.00%		
CE.1	Identidad de la Cultura y el Patrimonio	8.67%		X
CE.2	Apoyo a la Economía Nacional	4.33%		

No	Categoría/Criterio	Peso	Alcance Residencial	
			Individual	Agrupadas
IE	Ambiente Interior	14.00%		
IE.1	Confort Térmico	1.20%		
IE.2	Materiales Baja Emisividad	1.60%	X	X
IE.3	Ventilación Natural	1.60%	X	X
IE.4	Ventilación Mecánica	1.60%		
IE.5	Control de Fuentes de Contaminación Química	1.60%		
IE.6	Vistas	1.20%		
IE.7	Control deslumbramiento	1.20%		
IE.8	Niveles de Iluminación	1.20%		
IE.9	Calidad Acústica	1.20%	X	X
IE.10	Luz Natural	1.60%	X	X
MO	Gestión y Operación	8.00%		
MO.1	Plan Puesta en Servicio	2.67%		X
MO.2	Sub-Medición Uso Energía	0.89%		
MO.3	Detección Fugas	1.78%		
MO.4	Gestión Residuos Orgánicos	0.00%	N/A	N/A
MO.5	Gestión Reciclaje	0.00%	N/A	N/A
MO.6	Sistema Control Inteligente	2.67%		

N/A denota que el criterio no aplica por el momento

I denota "Inherited o heredado", lo que implica que el proyecto es evaluado como una parte del desarrollo maestro (el resultado final obtenido se aplica de forma individual a la unidad)

De forma gráfica, los porcentajes se reflejan según Figura 3.44 adjunta.

### Porcentajes de Categorías QSAS Residencial

- UC. Conectividad Urbana
- S. Lugar
- E. Energía
- W. Agua
- M. Materiales
- CE. Valor Cultural y Económico
- IE. Ambiente Interior
- MO. Gestión y Operación

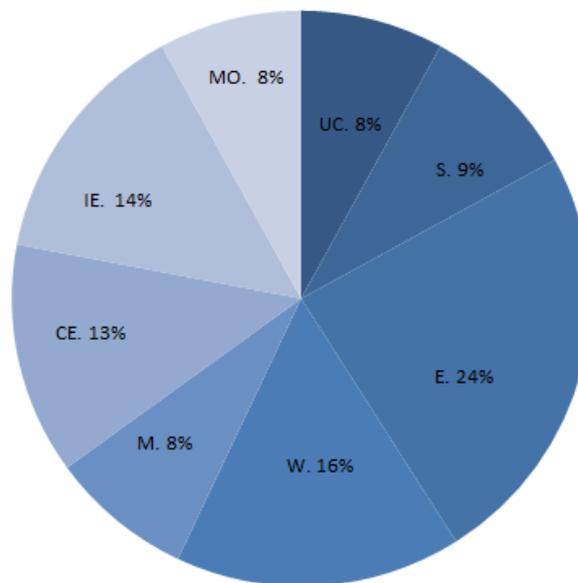


Figura 3.44 Porcentajes de categorías QSAS Residencial  
Fuente: Propia en base a (QSAS Presentation, 2010)

### 3.7 BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT FOR ENVIRONMENTAL ASSESSMENT METHOD – BREEAM GULF

El siguiente apartado se estructura en dos partes: una primera parte en dónde se describe el origen de la herramienta, y una segunda parte en dónde se detalla más en profundidad el modelo de funcionamiento de la propia herramienta.

#### 3.7.1 Descripción

Por motivos de expansión fuera del mercado anglosajón, BREEAM posee dentro de su catálogo de herramientas el departamento BREEAM International, cuyo principal fin es poder evaluar y certificar cualquier tipología edificatoria en cualquier parte del mundo. BREEAM International está formada por BREEAM Europe, BREEAM International Bespoke y BREEAM Gulf, herramienta ya en desuso y de la cuál explicaremos a continuación. BREEAM In Use y BREEAM Communities están también disponibles para edificios y desarrollos internacionales.

BREEAM Gulf fue desarrollado en colaboración con un conjunto de organizaciones basadas en Abu Dhabi, Dubai y Qatar y lanzada al mercado en el año 2008 con el fin de aplicar una herramienta flexible y adaptada específicamente a la región del Golfo, haciendo especial hincapié en materia de conservación de agua y aspectos relacionados al consumo y eficiencia energética. Su principal objetivo era el de evaluar el rendimiento de la totalidad del edificio, teniendo en consideración los diferentes usos dentro de él (oficinas, comercio, residencial,...), práctica muy habitual en el concepto constructivo de la región de los países del Golfo.

Dentro de las áreas funcionales que pueden ser evaluadas mediante la herramienta BREEAM Gulf encontramos:

- Recepción/Foyer - Industrial/Talleres
- Oficinas - Auditorías/Espacios de rendimiento
- Sala de reuniones - Salas de formación
- Cocinas - Instalaciones deportivas
- Comedores - Vestuarios
- Salas frigoríficas - Crèche
- Laboratorios - Salas de exhibición
- Residencial

BREEAM International Bespoke es en la actualidad la herramienta principal dentro de la categoría BREEAM International. La misma se puede aplicar a cualquier edificio que se encuentre fuera de los estándares BREEAM en el Reino Unido o a nivel internacional, y dentro de la categoría llamada “Otros Edificios”.

En la actualidad, el Emirates Green Building Council incluye a BREEAM Gulf como una de las herramientas llevadas en la práctica dentro de los Emiratos. No obstante, su aplicación está completamente en desuso y en su lugar se emplea BREEAM International Bespoke que, tal y como hemos citado anteriormente se encontraría dentro de la categoría de “Otros Edificios”. En dichos casos, BRE desarrollaría unos criterios de evaluación apropiados al edificio y en base a las funciones que se desarrollasen dentro de él. Para ello, los criterios BREEAM se basarían en el diseño del edificio de forma que se excedan los requisitos legislativos y normativos o que el mismo estuviera en concordancia en el país de origen y que, como resultado, BRE necesitaría desarrollar el proceso de evaluación con la ayuda de los constructores locales. De esta forma, y con el fin de que BRE adapte tanto los criterios necesarios así como sus respectivos pesos, es imprescindible que el cliente designe a un consultor local para apoyar al asesor acreditado BREEAM y poder debatir si los estándares BREEAM son relevantes o si bien existe algún código técnico local o estándares que puedan ser incluidos en su lugar.

El propósito de BREEAM Bespoke es permitir que estos puedan ser evaluados con estándares BREEAM (en términos de su estructura, método de evaluación de los créditos y contenidos), lo que asegura a la vez que la credibilidad del sistema BREEAM es mantenida. No es objetivo del sistema BREEAM Bespoke:

- Eliminar aquellos créditos que puedan ser difíciles de lograr dentro del proyecto.
- Desarrollar nuevos aspectos, o nuevas guías extensivas de aspectos ya existentes.

### 3.7.2 Modelo de funcionamiento

De forma similar a la herramienta BREEAM-CSH, los objetivos para los cuales se estableció BREEAM Gulf fue la de evaluar las tipologías de edificios más comunes en la región empleando una sólo herramienta, de tal forma que se consiguiera:

- Un manual de uso genérico.
- Misma metodología de evaluación para todos los edificios.
- Mismos créditos obligatorios para todos ellos.

Otro de los objetivos por los cuales BREEAM Gulf se creó fue para que esta pudiera servir como herramienta comparativa en contra de las bases de cada país, de forma que se pudiera conseguir:

- Medir la mejora en comparación con puntos de referencia regionales.
- Uso de los mejores estándares en la práctica regional.
- La opción de proponer el uso de otros códigos locales o estándares más onerosos.

El proceso de evaluación es idéntico al de las herramientas BREEAM, diferenciando de igual forma dos fases principales con el fin de conseguir la certificación deseada: una primera fase llamada Etapa de Diseño (Design Stage DS) y una segunda etapa llamada Etapa de Post Construcción (o Post Construction Stage PCS). Para el caso de BREEAM International, se distingue también una tercera fase llamada Etapa de Operatividad (Operation Stage), llamada también BREEAM In Use en la versión internacional de BREEAM.

Dentro de los edificios que pueden ser evaluados mediante la herramienta BREEAM Gulf, destacamos:

- Nueva construcción.
- Grandes reformas en edificios existentes.
- Ampliaciones en edificios existentes.
- Combinación de los tres anteriores.
- Nuevos edificios o reformas que forman parte de un desarrollo de uso mixto.
- Puesta a punto en edificios existentes.

El esquema de funcionamiento en el proceso de evaluación del BREEAM International Bespoke se representa en la Figura 3.45 inferior.

### Diagrama Proceso BREEAM Bespoke (International)

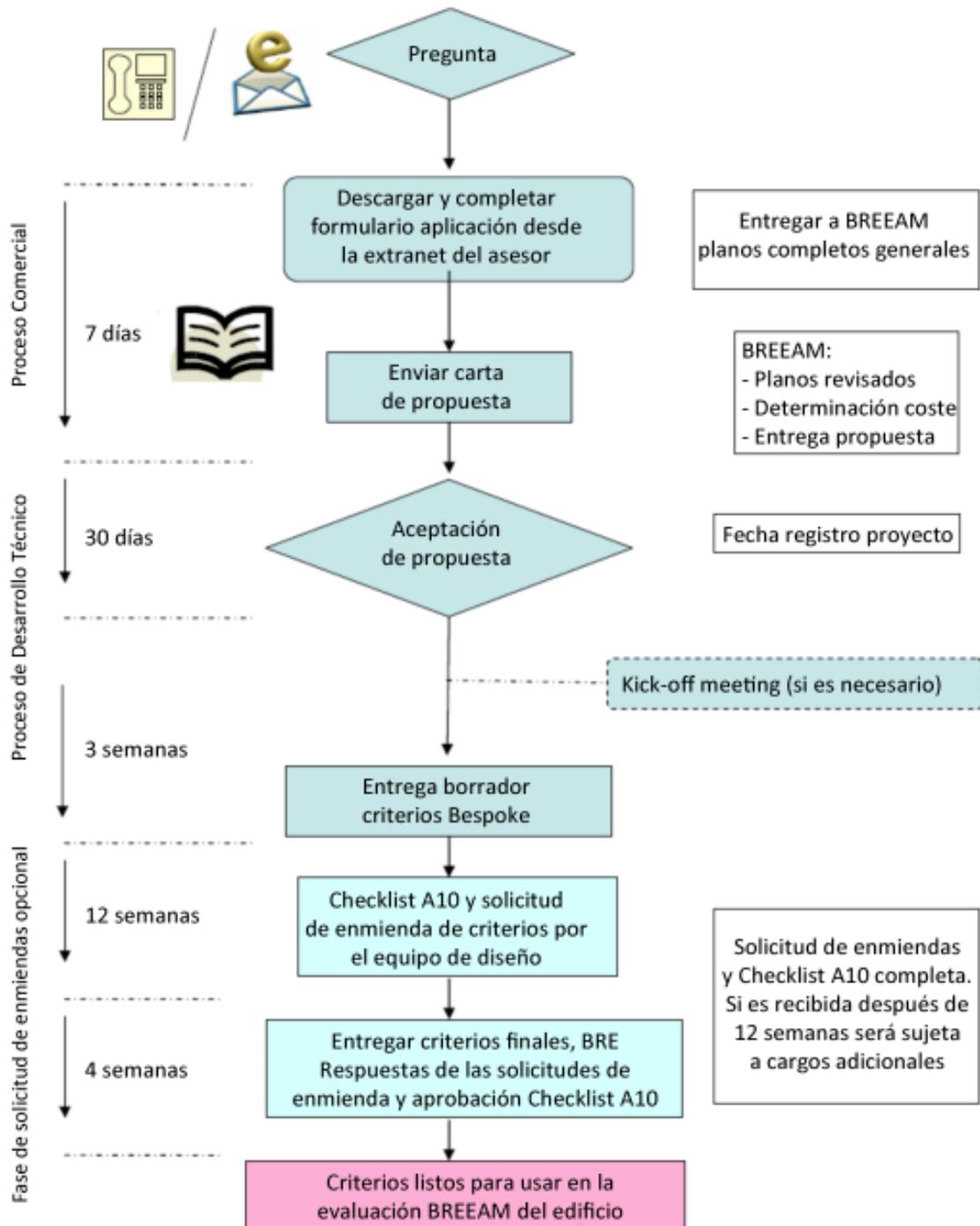


Figura 3.45 Esquema de funcionamiento de BREEAM International Bespoke  
Fuente: (BREEAM Bespoke, 2008)

En el caso que el cliente sienta que su edificio podría ser clasificado bajo BREEAM International Bespoke, el primer paso será el de rellenar el BREEAM Bespoke Application Form, formulario disponible en la web de BREEAM, el cual tiene como objetivo recopilar toda la información que requiere BRE con el fin de poder desarrollar los criterios de evaluación sobre los que se basará BREEAM Bespoke.

En el caso de duda que el edificio esté clasificado dentro del catálogo de edificios “Bespoke”, se recomienda enviar los planos nombrados a BREEAM para que esto procedan a su clasificación dentro del catálogo existente.

El siguiente paso será el de citar a un BREEAM International Bespoke Assessor, el cual previamente deberá haber obtenido una licencia habiendo superado previamente unos exámenes. En el supuesto caso que el edificio es demasiado complejo, BRE podría plantear la realización de una reunión inicial (kick-off meeting) con los miembros del equipo de proyecto y el asesor BREEAM.

Una vez recibida la aceptación de la propuesta, BRE producirá la “BREEAM Bespoke criteria and scoring tool”, herramienta que contendrá los diferentes criterios aceptados y sistema de puntuación en formato borrador, detallando las cuestiones que deberán incluirse en la evaluación. Mediante este formato borrador, el equipo de diseño es capaz de realizar comentarios y observaciones dentro del periodo establecido (12 semanas) conjuntamente con el asesor BREEAM, cotejando sus respuestas antes de enviarlas nuevamente a BRE para su aprobación final.

Durante el periodo de observaciones y comentarios, el equipo de diseño deberá citar a un consultor local con el fin de poder revisar los posibles códigos y estándares aplicados en la región/país contra los requisitos de BREEAM, de tal forma que aquellas partes más relevantes incluidas dentro de estos códigos o estándares puedan ser remitidos a BRE para revisión y aprobación y posteriormente a que éstos mismos puedan elaborar y emitir versión final de la BREEAM Bespoke Criteria al equipo de diseño y al asesor para la puesta en práctica durante el proceso de evaluación.

BREEAM Gulf se distingue de BREEAM International Bespoke en que el primero está compuesto por 9 categorías con 67 elementos que sirven para calificar las diferentes tipologías edificatorias, entre ellas la residencial, y que fueron como se ha descrito en puntos anteriores, analizados con BRE e involucrando a los distintos agentes de la

construcción, asignando así una cantidad de créditos, una prioridad y una obligatoriedad determinada. (BREAAAM Gulf, 2008)

El desarrollo de las categorías y los criterios que las componen se han realizado en función de las necesidades medioambientales dentro del contexto de cada país/región, en nuestro caso los países de la región del Golfo.

BREEAM International Bespoke está compuesta por su parte por un total de 10 categorías, las nueve primeras idénticas a las de BREEAM Gulf, pero añadiendo una décima llamada Innovación.

En la Tabla 3.23 se puede ver a simple vista las principales diferencias entre ambas herramientas, en donde la principal diferencia radica en el apartado de WAT (Agua) con un diferencia del 24% (6% vs 30%).

Tabla 3.23 Tabla comparativa en pesos de las diferentes categorías.  
Fuente: Propia en base a (BREAAAM Gulf, 2008) y (BREEAM Bespoke, 2008)

Categorías	BREEAM International Bespoke 2008 v.2.1	BREEAM GULF 2008 v.2.0
	Porcentaje	Porcentaje
MAN. Management	12.00%	8.00%
HEA. Salud y Bienestar	15.00%	15.00%
ENE. Energía	19.00%	14.00%
TRA. Transporte	8.00%	5.00%
WAT. Agua	6.00%	30.00%
MAT. Materiales	12.50%	9.00%
WST. Residuos	7.50%	5.00%
LE. Uso Suelo y Ecología	10.00%	7.00%
POL. Contaminación	10.00%	7.00%
IN. Innovación	10.00%	-

Dado que BREEAM International Bespoke fue creado para muchas tipologías edificatorias diferentes, resulta complicado realizar una comparativa en cuanto a los elementos que conforman cada una de las categorías y el número de créditos por las que está valorada cada una de ellas con el fin de conocer el valor del coeficiente corrector.

En la Tabla 3.24 inferior, se representan estos datos para la herramienta BREEAM Gulf, en la que se observa para cada categoría los elementos que la componen, su código, número de créditos y se especifica sean o no de obligado cumplimiento.

Tabla 3.24 Tabla comparativa en pesos de las diferentes categorías.  
Fuente: Propia en base a (BREEAM Gulf, 2008) y (BREEAM Bespoke, 2008)

Categoría	Elemento	Créditos	Item ID	Obligatorio
Management Factor de peso 8.00%  Valor aprox. por crédito  0,67	Puesta en Servicio	2	Man 1	X
	Constructores Considerados	2	Man 2	
	Impactos del Lugar de Construcción	4	Man 3	
	Guía de Usuario de Construcción	1	Man 4	X
	Facilidad del Mantenimiento	1	Man 11	
	Ciclo de Vida de Coste	2	Man 12	
	<b>Créditos totales</b>	<b>12</b>		
Salud y Bienestar Factor de peso 15.00%  Valor aprox. por crédito  1,00	Luz diurna	1	Hea 1	
	Vistas exteriores	1	Hea 2	
	Control de brillo	1	Hea 3	
	Iluminación alta frecuencia	1	Hea 4	
	Niveles de iluminación interna y externa	1	Hea 5	
	Controles y zonificación de iluminación	1	Hea 6	
	Calidad interior del aire	1	Hea 8	
	Componentes orgánicos volátiles	1	Hea 9	
	Confort térmico	1	Hea 10	
	Zonificación térmica	1	Hea 11	
	Contaminación microbial	1	Hea 12	X
	Rendimiento acústico	2	Hea 13	
	Ratio de ventilación	1	Hea 20	
	Prohibición de fumar	1	Hea 21	
<b>Créditos totales</b>	<b>15</b>			

Categoría	Elemento	Créditos	Item ID	Obligatorio
Energía Factor de peso 14.00%  Valor aprox. por crédito  0,66	Reducción CO <sub>2</sub> y emisiones	15	Ene 1	X
	Sub-medición de usos sustanciales de energía	1	Ene 2	X
	Sub-medición de cargas altas de energía y áreas de tenencia	1	Ene 3	
	Tecnologías de bajo o cero emisión de carbono	3	Ene 5	X
	Almacenamiento frío	3	Ene 7	
	Ascensores	2	Ene 8	
	Escaleras mecánicas	1	Ene 9	
	Provisión de equipamiento de energía eficientes	2	Ene 15	
	Espacio de secado	1	Ene 18	
	<b>Créditos totales</b>	<b>29</b>		
Transporte Factor de peso 5.00%  Valor aprox. por crédito  0,48	Provisión de transporte público	4	Tra 1	
	Proximidad a las facilidades	2	Tra 2	
	Seguridad peatón	1	Tra 4	
	Plan de viaje y conferencia remota	2	Tra 5	X
	Capacidad máxima de espacio de aparcamiento	2	Tra 6	
	Punto de información de viaje	1	Tra 7	
	Entregas y maniobra	1	Tra 8	
	Oficina en casa	1	Tra 9	
	<b>Créditos totales</b>	<b>14</b>		
Agua Factor de peso 30.00%  Valor aprox. por crédito  2,50	Consumo de agua	3	Wat 1	X
	Medición de agua	1	Wat 2	
	Detección de grandes fugas de agua	1	Wat 3	
	Cierre del suministro sanitario	1	Wat 4	
	Reciclaje de agua	3	Wat 5	
	Sistemas de irrigación	1	Wat 6	X
	Lavado de vehículo	2	Wat 7	
	<b>Créditos totales</b>	<b>12</b>		

Categoría	Elemento	Créditos	Item ID	Obligatorio
Materiales Factor de peso 9.00%  Valor aprox. por crédito  0,60	Especificación de materiales	5	Mat 1	
	Reutilización de material de fachada	1	Mat 3	
	Reutilización de material de estructura	1	Mat 4	
	Fuentes responsables de materiales	4	Mat 5	
	Diseño de robustez	1	Mat 7	
	<b>Créditos totales</b>	<b>15</b>		
Residuos Factor de peso 5.00%  Valor aprox. por crédito  0,60	Gestión de los residuos del lugar de construcción	4	Wst 1	
	Agregados reciclados	1	Wst 2	
	Reciclaje de los residuos almacenados	2	Wst 3	
	Compactador	1	Wst 4	
	Acabado de suelos	1	Wst 6	
	<b>Créditos totales</b>	<b>9</b>		
Uso Lugar y Ecología Factor de peso 7.00%  Valor aprox. por crédito  0,78	Reutilización del solar	1	LE 1	
	Valor ecológico del lugar y protección de elementos ecológicos	1	LE 3	
	Impacto de la ecología del lugar	5	LE 4	
	Impacto a largo plazo de la biodiversidad	1	LE 6	X
	Evaluación del sitio	1	LE 9	
	<b>Créditos totales</b>	<b>9</b>		
Contaminación Factor de peso 7.00%  Valor aprox. por crédito  0,70	Refrigerantes GWP	1	Pol 1	
	Prevención de fugas de refrigerantes	2	Pol 2	
	Refrigerantes GWP – Almacenamiento frío	1	Pol 3	
	Sistemas sostenibles de drenaje urbano	1	Pol 5	
	Minimización de la contaminación del agua	1	Pol 6	
	Reducción de la contaminación lumínica nocturna	1	Pol 7	
	Atenuación del ruido	1	Pol 8	
	Refrigerantes ODP	1	Pol 9	X
	Refrigerantes ODP – Almacenamiento frío	1	Pol 10	
	<b>Créditos totales</b>	<b>10</b>		

Cada nivel de BREEAM Gulf representa una cantidad de estrellas igual a un porcentaje total o sumatoria de punto. Al igual que sucede con la herramienta BREEAM CSH, la evaluación se puede realizar en cualquier etapa de su desarrollo, las cuales hemos citado anteriormente: Etapa DS o Etapa PCS.

El sistema de obtención de puntos se resume en la Tabla 3.25 inferior.

Tabla 3.25 Tabla comparativa en pesos de las diferentes categorías.  
Fuente: Propia en base a (BREAAM Gulf, 2008) y (BREEAM Bespoke, 2008)

Relación entre el porcentaje total de puntos y el nivel de certificación alcanzado	
Porcentaje total de puntos	Nivel de certificación alcanzado
< 30 puntos	Sin calificación
≥ 30 puntos	Nivel 1
≥ 45 puntos	Nivel 2
≥ 55 puntos	Nivel 3
≥ 70 puntos	Nivel 4
≥ 85 puntos	Nivel 5

A diferencia de BREEAM CSH, BREEAM Gulf no precisa obtener un mínimo número de créditos para la certificación de viviendas, pero si obliga a la consecución de unos créditos obligatorios mínimos dentro de ciertas categorías tal y como refleja la Tabla [xx] inferior.

Tabla 3.26 Mínimos créditos obligatorios BREEAM Gulf  
Fuente: Propia en base a (BREEAM Gulf, 2008) y (BREEAM Bespoke, 2008)

Item ID	Elemento	Max. n° de créditos disponibles	Créditos obligatorios
Man 1	Puesta en Servicio	2	1
Man 4	Guía de Usuario de Construcción	1	1
Hea 12	Contaminación microbial	1	1
Ene 1	Reducción CO <sub>2</sub> y emisiones	15	1
Ene 2	Sub-medición de usos sustanciales de energía	1	1
Ene 5	Tecnologías de bajo o cero emisión de carbono	3	1
Tra 5	Plan de viaje	2	1
Wat 1	Consumo de agua	1	1
Wat 6	Sistemas de irrigación	1	1
LE 6	Impacto a largo plazo de la biodiversidad	1	1
Pol 9	Refrigerantes ODP	1	1

Para el cálculo de los pesos correspondientes a cada criterio resumidos en la Tabla 3.26 anterior, BREEAM Gulf establece lo siguiente:

- Cálculo del peso de un área (cuando más de una función se realiza en el edificio)

A modo de ejemplo, si para el caso que el crédito correspondiente a la luz diurna (HEA 1) se consiga para el área de oficinas, pero no para la parte de comercio, el crédito será ponderado de acuerdo al ratio de ambas áreas. En el caso que el área de oficinas sea el doble de tamaño que el área de comercio, el crédito será valorado doblemente el la primera zona que en la segunda.

- Cálculo de una categoría

Los créditos en cada categoría son sumados conjuntamente y ponderados de acuerdo al peso de cada sección.

En las siguientes Figuras 3.46 y 3.47 se representa el peso de cada categoría y el valor porcentual de cada coeficiente corrector para la herramienta BREEAM Gulf.

### Porcentajes de Categorías BREEAM GULF

- MAN. Management
- HEA. Salud y Bienestar
- ENE. Energía
- TRA. Transporte
- WAT. Agua
- MAT. Materiales
- WST. Residuos
- LE. Uso Suelo y Ecología
- POL. Contaminación

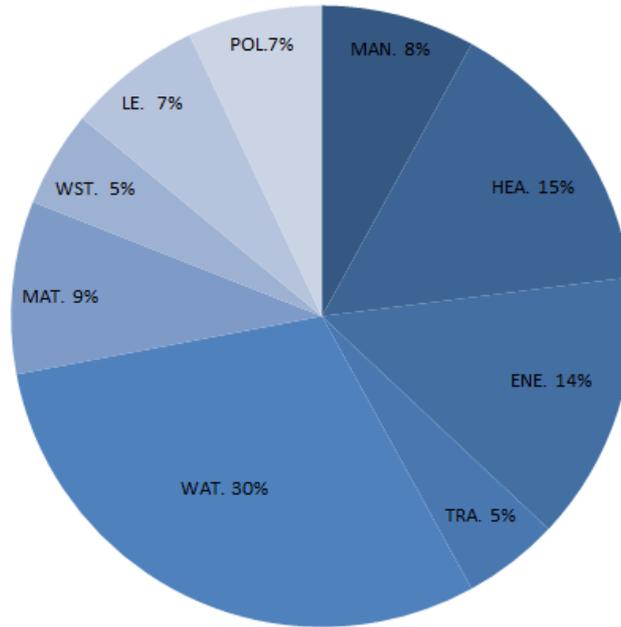
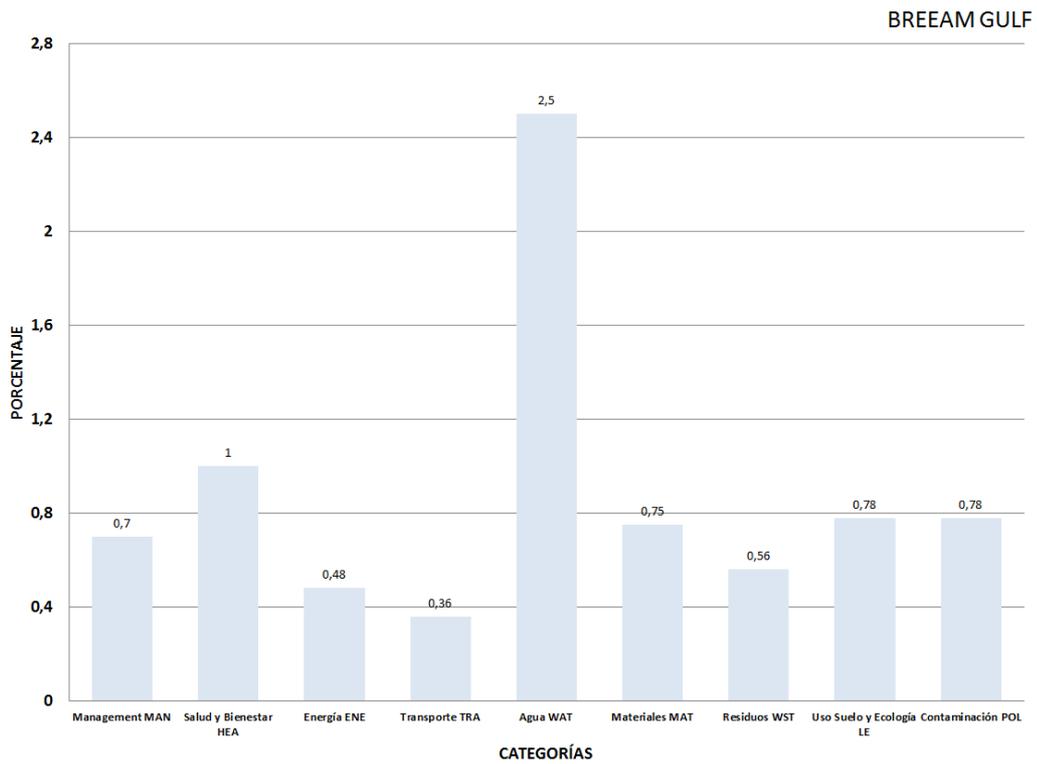


Figura 3.46 Porcentajes de categorías BREEM Gulf.  
Fuente: Propia en base a (BREAAM Gulf, 2008)



3.8

Figura 3.47 Porcentajes de categorías BREEM Gulf.  
Fuente: Propia en base a (BREAAM Gulf, 2008)



## 4 CASO DE ESTUDIO

Sabiendo que el objetivo principal del trabajo de investigación es la obtención de un modelo inicial de certificación para la región de los países del Golfo Pérsico, a lo largo de los siguientes apartados se expone la realidad actual del modelo energético existente en la región (consumos de electricidad y agua), estudios académicos más relevantes realizados hasta la fecha, remarcando el gran potencial en materia de energías renovables, barreras administrativas y políticas para su implantación y expectativas de futuro.

### 4.1 MODELO ENERGÉTICO DE LA REGIÓN DEL GOLFO PÉRSICO

Cuatro son los factores que más influyen en el cambio climático y en las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial: crecimiento económico, crecimiento de población, incremento en el uso de transportes y finalmente la industrialización. Todos estos están interconectados los unos a los otros, por lo que un crecimiento económico implica una mejora en la calidad de vida, mejora en la edad de la población y su fertilidad la cual nos lleva directamente a un aumento directo en la población (Qade, 2009) la cual implicará una mayor demanda en el consumo energético.

Omán no es una excepción y su alto desarrollo económico ha supuesto en los últimos años un crecimiento en la demanda energética del 11% anual. (A.Al-Badi, 2009)

Actualmente la forma más común y tecnología más barata de producir energía eléctrica es a través de la combustión de combustibles fósiles (carbón, gas, petróleo), la cual representa hoy en día el 71% del total de la producción mundial. La Agencia Internacional de la Energía espera que dicho porcentaje se vea incrementado hasta un 90% para el año 2020 en caso que no se implementen nuevas iniciativas en políticas de producción (A.Al-Badi, 2011) (IEA, 2006). Las energías renovables representaron en el año 2009 un 19% sobre el total de energía suministrada.

#### 4.1.1 Generación electricidad en los países GCC y emisiones CO<sub>2</sub>

Si bien es cierto que la demanda de electricidad ha ido en aumento durante los últimos años a nivel mundial, la demanda en los países del Golfo Pérsico se ha triplicado en comparación con la media durante los últimos años (Meed, 2008), y ello se debe a varias razones como es el rápido crecimiento económico de la región, acompañado de grandes proyectos de desarrollo en el sector turístico, doméstico e infraestructuras.

Una de las principales razones del gran incremento en la demanda es debido a las políticas de subsidio en las tarifas eléctricas que reciben los consumidores finales a través de tarifas de tasas gratuitas de regulación. A modo de ejemplo, la electricidad es gratuita en Kuwait y Qatar, mientras que en Arabia Saudita, Bahrain y Omán, las ayudas que se reciben hacen que el precio de tarifa final que se pague sean muy bajas (A.Al-Badi, 2011). Los Emiratos Árabes, no obstante, posee políticas de electricidad y tarifas más energéticamente conscientes comparadas con el resto de los países de la región.

Se estima que la demanda de energía para el año 2015 se vea incrementada entre un 70-80% en los países del Golfo que la potencia instalada en la actualidad (Meed, 2008). Los datos estadísticos disponibles del año 2009 (IEA, 2006) indican que la producción de energía/calor fue de 742.891 GWh, representados en la siguiente Figura 4.1.

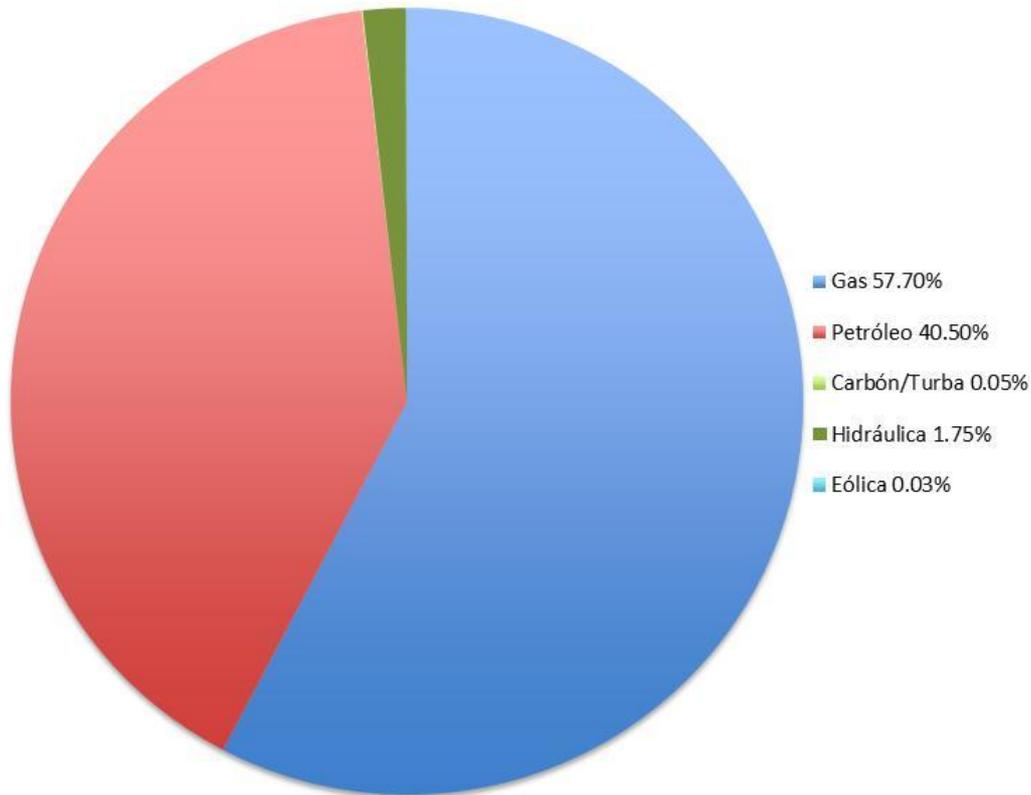


Figura 4.1 Fuentes de producción energía/calor en GCC  
Fuente: Propia en base a (IEA, 2006)

El informe emitido por la UNEP (United Nations Environmental Program) en el año 2005 concluyó que tres de los seis países de la región del Golfo poseen la mayor tasa de emisiones de CO<sub>2</sub> per cápita, y que la totalidad de ellos representa aproximadamente entre el 50-55% del total de emisiones de los países del mundo árabe. Se calcula que para el año 2015 las emisiones per cápita de CO<sub>2</sub> en el mundo árabe superen a la media mundial y que estas prosigan con una recta de crecimiento continuo.

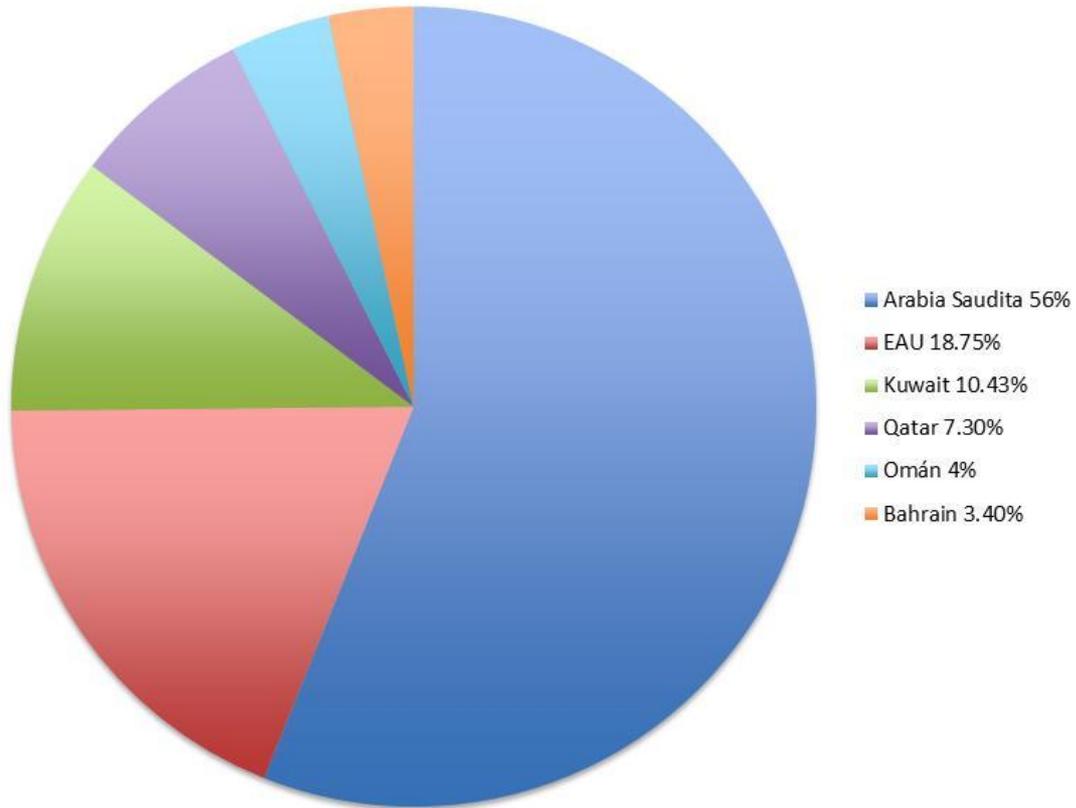


Figura 4.2 Porcentaje de emisiones de CO<sub>2</sub> de los países GCC  
Fuente: (SBCI, 2010)

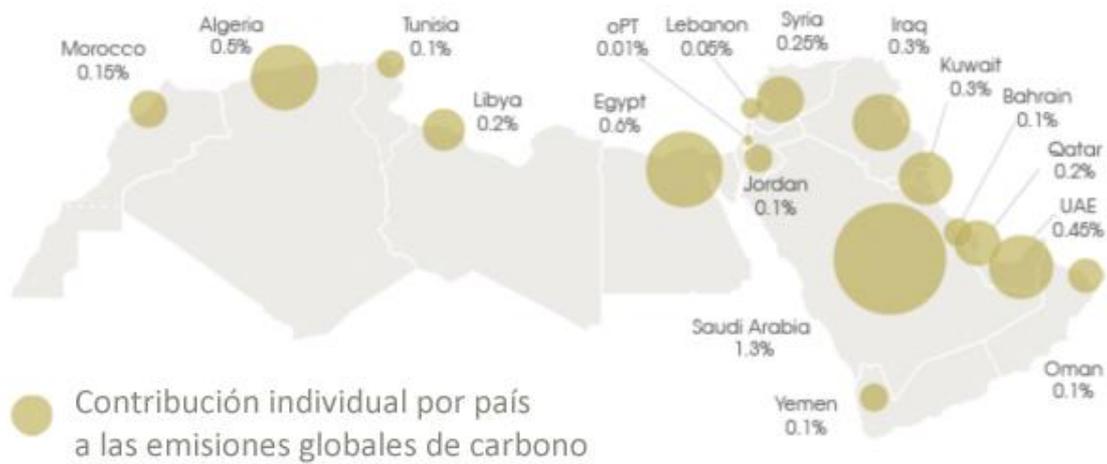


Figura 4.3 Porcentaje emisiones CO<sub>2</sub> países árabes a nivel mundial  
Fuente: (Carboun, 2012)

De lo que se obtiene que el mundo árabe representa un 4,70% del total de emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial, y que los 6 países de la región del Golfo un total del 2,45%, es decir, un 52% sobre el total en los países del mundo árabe.

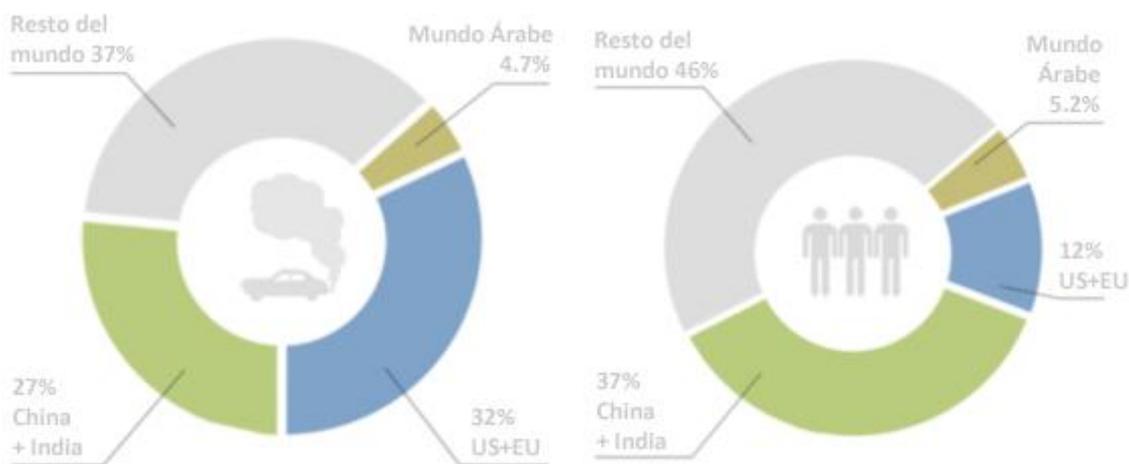


Figura 4.4 Porcentaje emisiones CO<sub>2</sub> países árabes a nivel mundial y per cápita  
Fuente: (Carboun, 2012)

Si bien es cierto que las emisiones de CO<sub>2</sub> ha ido en aumento en los últimos años en los países del Golfo, cabe destacar que Omán es el único país que ha triplicado la tasa de emisiones comparado con sus países vecinos, y quizás debido al rápido desarrollo económico que está padeciendo el país. Los datos estadísticos se recogen en la Tabla 4.1 inferior.

Tabla 4.1 Emisiones de CO<sub>2</sub> en los países del Golfo (en millones de toneladas métricas)  
Fuente: Propia en base a (IEA, 2006)

Año	Arabia Saudita	EAU	Kuwait	Qatar	Bahréin	Omán
1996	248.97	103	49.11	30.87	15.60	14.52
1997	254.05	111.34	52.6	32.49	18.38	17.86
1998	256.82	116.09	56.54	33.25	19.33	21.71
1999	262.68	117.62	60.66	31.70	20.17	20.46
2000	289.33	109.65	59.21	34.54	20.18	21.68
2001	299.89	118.13	60.08	27.44	20.70	22.09
2002	309.62	125.55	55.83	29.13	21.62	22.87
2003	344.78	126.38	63.02	32.35	22.35	22.35
2004	385.76	132.76	67.39	38.48	23.05	24.22
2005	412.35	137.82	76.69	53.54	25.18	29.72
2006	406.15	155.33	77.30	55.67	27.81	35.58
2007	424.40	171.62	76.15	61.10	29.28	37.71
2008	455.60	195.80	79.80	63.45	30.62	44.57
2009	470.00	193.40	84.85	66.50	31,01	48.95

#### 4.1.2 Producción y consumo de energía en los países del Golfo

La tendencia de crecimiento en la producción de energía ha seguido una línea de crecimiento continuo. Arabia Saudita y los Emiratos presentaban en el año 2005 las mayores tasas de crecimiento comparados con el resto de los países de la región debido básicamente al gran desarrollo económico del que gozaban y sumado a la gran fiebre de la construcción de grandes proyectos. Se estima que la capacidad energética que requiera dicha región sea de 60.000 MW para el año 2015.

Para el caso de Omán, el crecimiento neto de producción en el cuatrimestre de 2011 en comparación al mismo cuatrimestre del año anterior fue del 15%, el suministro de electricidad a los consumidores se incrementó en un 7% y la producción de agua también sufrió un importante aumento en un 9%. (AER, 2012)

Se estima que el crecimiento de demanda en Omán sea del 11% anual, alcanzando un valor total de 5288 MW para el próximo año 2013 Figura 4.5. (A.Al-Badi e. a., 2009)

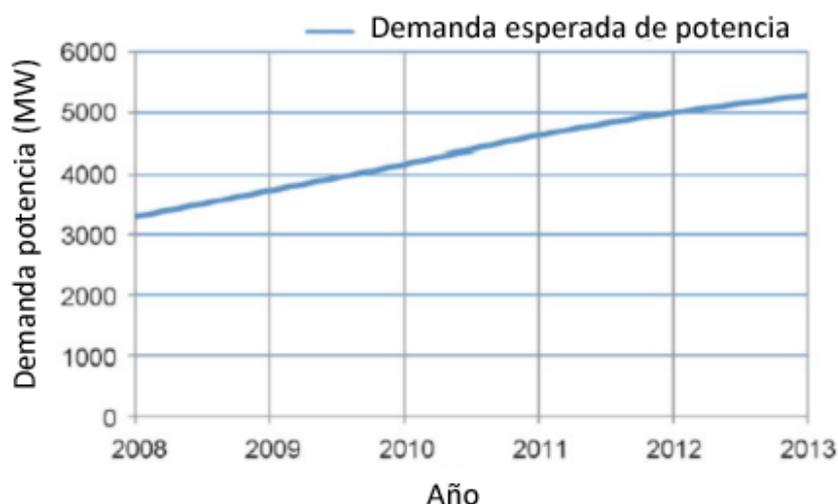


Figura 4.5 Crecimiento de la demanda de energía  
Fuente: (A.Al-Badi e. a., 2009)

El sector residencial es el mayor consumidor de energía, acaparando más de la mitad del suministro tal y como se refleja en la Figura 4.6 inferior (A.Al-Badi, 2011). Sin embargo el crecimiento del sector industrial es del 14,4% anual en comparación con el sector no industrial cuyo crecimiento se calcula en un 6,3% anual.

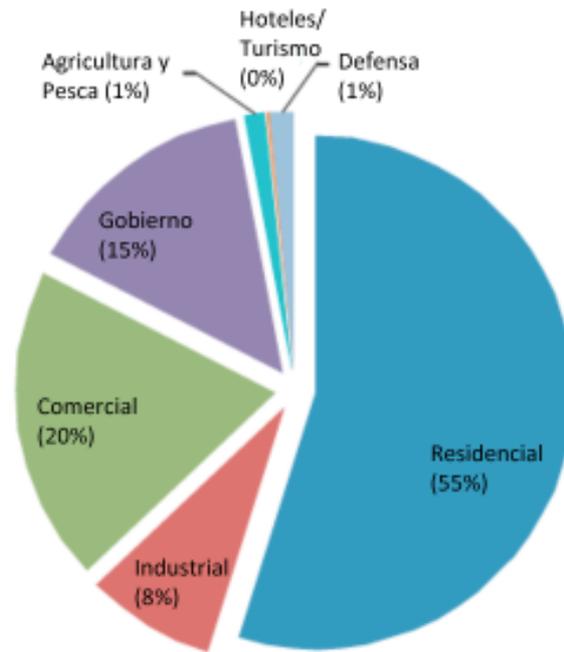


Figura 4.6 Demanda de energía por sector  
Fuente: (AER, 2012)

La curva de demanda para Omán (A.Al-Badi, 2011), refleja que el clima en Omán es estacional, alcanzando unos promedios en verano de más del doble que en el resto del periodo, siendo los meses de junio y julio los de mayor demanda debido al clima extremo, con humedades que pueden llegar a alcanzar fácilmente el 70%, y en donde la inclinación cultural de usar aparatos descentralizados de aire acondicionado está a la orden del día.

#### 4.1.3 Producción y consumo de agua en los países del Golfo

A diferencia de las fuentes de energía presentes en la región de los países del Golfo, los recursos hídricos son muy escasos, limitándose únicamente a algunas fuentes de agua subterránea, las cuales se están viendo seriamente afectadas a la explotación que están sufriendo en la actualidad. Es por ello que la situación en la región es realmente crítica. Después de un respiro en los años 2009-2010 debidos principalmente al descenso de la actividad en el sector de la construcción, las expectativas en la demanda de agua para los próximos 10 años está prevista que vuelva a aumentar, debido principalmente a las mismas razones que ya se han explicado anteriormente, mejor calidad de vida de la población.

Durante la próxima década se espera que los países de esta región sean los que posean el consumo de agua per cápita más alto del mundo.

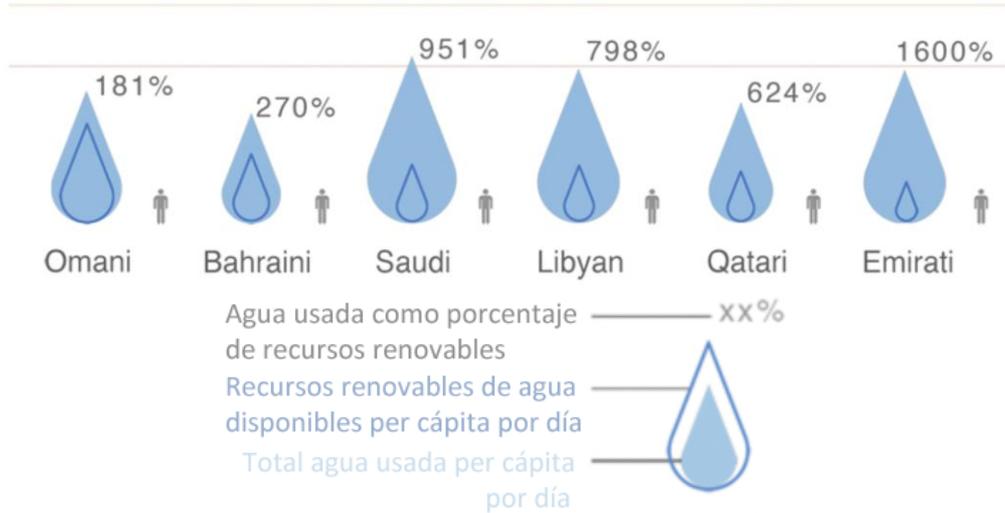


Figura 4.7 Uso del agua en los países del Golfo  
Fuente: (Carboun, 2012)

De la anterior Figura 4.7 se llega a la conclusión de que la demanda de agua de la población supera de forma muy grande a los recursos hídricos disponibles. Una de las mayores preocupaciones que afronta la región son los posibles conflictos de agua que se puedan presentar a mediano-largo plazo. Para ello, algunos países ya han adoptado medidas en la conservación y empleo de agua en el sector de la agricultura, sector que consume una enorme cantidad de agua para el bajo porcentaje sobre el producto interior bruto que representa, siendo este del 5%. (The Economist, 2010)

#### Siembra

(uso de agua en agricultura de los países del GCC como % total de consumo, 2003-07)

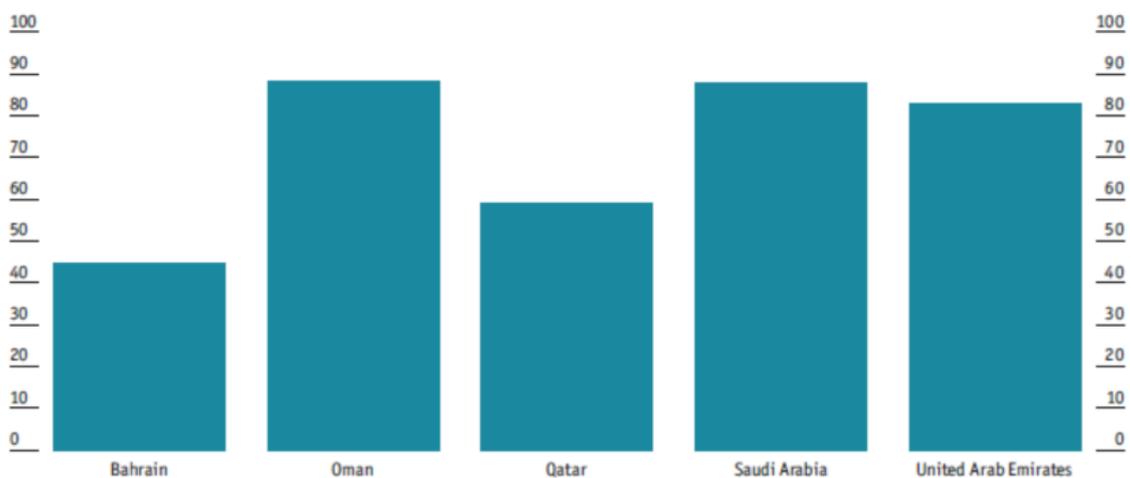


Figura 4.8 Porcentaje uso del agua en la agricultura  
Fuente: (The Economist, 2010)

La conservación es políticamente complicada pero a la vez ofrece varias oportunidades de desarrollo. Es muy probable que directamente pensemos que la solución más directa es mediante la vía de las plantas desalinizadoras. Si bien es cierto que gran parte del agua potable de la región es producida por este medio, la misma representa una fuente cara y gran demandante de energía. Las aguas del Golfo cada vez se hacen más salinas debido al cambio climático, por lo que el proceso de desalinización es cada vez más complejo. Por otra parte, el proceso supone el vertido de grandes cantidades de sal al medio marino, produciendo un gran impacto en el ecosistema.

Numerosos son los debates que se han llevado a cabo en esta materia y una de las más atractivas ha sido la de implantar políticas de conservación de la misma mediante la cual el consumidor final pagase ciertas tasas para así fomentar su conservación. No obstante, los subsidios, considerados como un derecho económico, serán difíciles de debatir, y todavía mucha gente defiende que los precios del agua no se pueden subir ya que es un derecho básico de cualquier ser humano.

Omán no es un caso excepcional, y la tendencia en la demanda de este recurso ha seguido la misma línea que la de sus países vecinos. La demanda de agua potable debido al aumento de población, comercio, industria y turismo ha incrementado en el periodo de 1990 al 2000 en un 17%, y se estima que la demanda aumente en un 70% para el año 2017. (One Oman, 2012)

Tabla 4.2 Balance de recursos hídricos en Omán (en millones de m<sup>3</sup>/año)  
Fuente: (Jabry, 2010)

Año	Demanda agua			Fuentes agua disponibles			Deficit
	Agricultura	Potable	Total	Subterránea	Desalinización	Total	
1990	1152	73	1225	889	41	940	285
1995	1152	156	1308	949	50	999	309
2000	1250	185	1435	1004	100	1104	331
2020	1250	460	1710	1004	100	1104	606

Las fuentes de agua en Omán se dividen en 3 tipologías:

- Al-Aflaj, que son pozos artificiales construidos por las antiguas civilizaciones omaníes, dependen principalmente del agua subterránea de filtración y suministran entre el 50-60% de su volumen a la agricultura. El resto se utiliza para uso doméstico.
- Agua subterránea, siendo fuentes no renovables. Se emplean principalmente para sistemas de irrigación.
- Desalinización, la cual aporta el 85% de la demanda de agua potable a la gran ciudad de Mascate. En la actualidad se aplican dos tecnologías: Evaporación por multi-fase y ósmosis inversa.

Algunos programas de conservación de agua ya se han introducido en Omán tímidamente por parte del Ministerio (Jabry, 2010):

- Irrigación óptima de plantaciones y áreas de césped.
- Sustitución de especias de plantas de alto contenido de agua para su mantenimiento para otras de alto rendimiento y bajo consumo. Se plantea también buscar una alternativa para las zonas de plantación de césped.
- Mantenimiento de los sistemas de riegos para prever fugas.

#### 4.2 ESTUDIOS ACADÉMICOS EN SOSTENIBILIDAD EN EL SULTANATO DE OMÁN.

Numerosos son los estudios que se han realizado a lo largo de los últimos años en referencia al mercado potencial en materia de energías renovables en el Sultanato de Omán, así como la identificación de sus principales barreras administrativas y políticas existentes para su aplicación. A lo largo de los siguientes apartados se exponen algunos de los más relevantes.

##### 4.2.1 Introducción

Las expectativas de escasez de oferta frente a la gran demanda tanto de energía como de agua potable para los próximos años en la región del Golfo, entre ellos el Sultanato de Omán cuyas fuentes de generación dependen de fuentes no renovables, han supuesto que durante los últimos años numerosos estudios se hayan llevado a cabo en el campo de las energías renovables o en la búsqueda de nuevas fuentes alternativas de energía que sean: renovables, localmente disponibles y ambientalmente sostenibles (Kazem, 2011). Omán es potencialmente una de las

mejores regiones en el empleo de fuentes renovables de energía como es la solar fotovoltaica, solar térmica y eólica.

#### 4.2.2 Fuentes renovables de energía en Omán

El informe final llevado a cabo por la Authority for Electricity Regulation (AER) en Omán en el año 2008, concluyo lo siguiente:

##### Energía solar

- La densidad de energía solar que recibe Omán está entre las mayores del mundo, por lo que la energía solar podría abastecer a toda la demanda doméstica de la población y contribuir a la vez en gran medida a la producción de energía a las plantas desalinizadoras del país (Trieb, 2007). Otro de los estudios concluye que la tecnología fotovoltaica de concentración (CPV) es la mejor opción frente a la tecnología de concentración parabólica (CSP), dado el bajo consumo de agua que requiere para la limpieza de espejos y grandes rendimientos obtenidos en promedio anual. (A.Al-Badi, 2011)

En cuanto a la demanda de agua caliente, el estudio de un caso práctico llevado a cabo por (Gastli, 2011), concluyó que la energía solar térmica es una de las mejores opciones a nivel doméstico (sector que representa la mayor demanda en el consumo energético), de tal forma que se lograría por un lado contribuir a la reducción o eliminación de CO<sub>2</sub> y a la vez reducir considerablemente el consumo de energía en su producción. No obstante, remarca en su estudio que un incentivo del 50% es necesario para implementar dicha tecnología en la que de esta forma se obtendrían periodos de retorno de inversión de 8-9 años frente a los 19-20 años en caso de no disponer de ellos.

Uno de los puntos más atractivos del estudio concluye que Omán así como otros países en vías de desarrollo podrían acogerse al Mecanismo de Desarrollo Limpio (CDM), instrumento formulado en el artículo 12 del Protocolo de Kioto que promueve la inversión extranjera en opciones para la reducción de gases de efecto invernadero mientras se aborda el problema del desarrollo sostenible. (Gastli, 2011) (CD4CDM, 2011)

### Energía eólica

- El estudio concluye que hay bastante potencial en la zona costera del sur del país y la zona de montañas de Salalah, siendo las velocidades del viento comparables a las regiones interiores del continente Europeo. (Al-Yahyai, 2010)

En cuanto al resto de energías renovables estudiadas en el informe (biogás, geotérmica y energía ola motriz), el estudio concluye que el potencial para la región de Omán es muy limitado por lo que no se consideran rentables ni eficientes.

#### 4.2.3 Otros estudios realizados en materia de sostenibilidad

Uno de los mayores desafíos que afronta la región del Golfo Pérsico es la escasez de recursos hídricos tal y como hemos mencionado en apartados anteriores. Una de las posibles alternativas con mayor potencial es la reutilización de aguas grises.

##### 4.2.3.1 Reúso de aguas grises

La experiencia en varios países áridos y semiáridos indica que las aguas grises pueden ser una fuente de agua alternativa y efectiva a nivel de costes. Varios estudios en la materia indican que las mismas aguas se han empleado para usos tales como sistemas de irrigación y llenado de cisternas en WC, alcanzando unos ahorros entre el 12-65% y pudiendo alcanzar ahorros promedios en viviendas del 50% del agua empleada. (Prathapara, 2005)

No obstante, y a pesar de las grandes ventajas ambientales y financieras que supone el reúso de las aguas grises en el territorio, el estudio identifica muchas barreras clasificadas en: cantidad, calidad, social, financieras, legales e institucionales. La aparición de estas barreras se deben principalmente a la falta de interés e incentivo de la población en separar aguas grises de las negras, debido principalmente al bajo coste que paga el consumidor final por m<sup>3</sup>. Por último, gran parte de estas barreras se deben a la falta de políticas y estándares para el reúso del agua y a la falta de interés entre el público en la necesidad de reusar el agua, pudiéndose llevar a cabo en el caso que una institución defendiera y promoviera el reúso de la misma basándose en resultados empíricos y realísticos en lugar de percepciones. (Prathapara, 2005)

#### 4.2.4 Gestión de residuos

La gestión de residuos en el Sultanato de Omán es escaso, y los impedimentos en el reciclaje de los mismos son varios, generalmente por falta de leyes y regulaciones que específicamente fomenten dicha práctica. Además, no existen especificaciones de cómo emplear materiales no tradicionales, por lo que los contratistas finales son reacios a su utilización por razones de falta de incentivos, falta de mercado y muy poca experiencia en el estudio de su rendimiento. (Taha, 2003)

#### 4.2.5 Mecanismos de financiación

Los costes de las tecnologías de fuentes renovables es en la actualidad más elevado que a través de la generación en fuentes convencionales (fósiles) (Cowi, 2008). No obstante, el precio de la tecnología disminuye cada día, por lo que es necesario pensar en mecanismos de financiación para incentivar aún más a su uso lo que producirá que el coste final sea aún más bajo creando el doble efecto de beneficio, menor coste que paga el consumidor final por kWh y mucho menor impacto ambiental que producimos.

No obstante, varios de los mecanismos presentados en el informe de AERCO están planteados para un sistema de generación de energía liberalizado, situación que no se da en Omán.

Algunos de los mecanismos estudiados que podrían funcionar son (Cowi, 2008):

- Aplicación de Impuestos Ambientales, la cual representa el impacto ambiental en la producción eléctrica sobre combustibles y otras tecnologías empleadas para su producción.

Omán podría aplicar dicho impuesto mediante el coste de la producción de electricidad basado en las emisiones de GHG en el nivel de producción o de compra, de forma que se genere un aumento en el incentivo de producir o comprar más energía de fuentes renovables por parte del productor o comprador dado la reducida diferencia de coste en la producción de energía basada en gas natural y fuentes renovables.

- Créditos Fiscales, tienen la finalidad de servir como incentivos a grandes inversiones, normalmente mediante la reducción de impuestos en los primeros años después de la inversión en forma de deducciones en la ganancia.

El sistema de créditos fiscales no existe actualmente en Omán, pero el mismo podría servir como herramienta de atracción a inversiones extranjeras en la implementación de instalaciones de producción de energía renovable.

- Green Marketing, consiste en el concepto WTP (Willingness to Pay o Deseo de Pagar) por parte de los consumidores finales un sobrecoste en el precio del kWh para energía producida a partir de fuentes renovables.

Puesto que se requiere un mercado muy maduro en materia de productos sostenibles, no se recomienda en la actualidad que pueda alcanzar a ser una alternativa en Omán.

- Subvenciones de Inversión, consistentes en la obtención de subvenciones en la fase de inversión inicial de cualquier instalación de energía renovable, la cual disminuye el coste inicial y hace de la inversión una etapa más rentable. La energía producida es vendida al consumidor final al coste de mercado. No obstante, es un sistema que no ha funcionado bastante bien, pues no incentiva al desarrollo de tecnologías más eficientes.

La aplicación de subvenciones podría realizarse en una primera fase en Omán a través del Gobierno, gestionadas y monitorizadas con el fin de evitar los deficientes resultados en otros países del mundo.

- Tarifas de introducción de energía renovable a la red eléctrica, son tarifas fijadas por legislación y garantizadas en la venta de energía procedente de fuentes renovables. El sobrecoste de este sistema (diferencia entre la tarifa fija y el precio de mercado) es sufragado por el Gobierno o los consumidores de electricidad.

El informe concluye que dicho mecanismo podría ser una opción muy interesante en Omán.

- Implementación del sistema DSM (Demand Side Management) y programas de conservación de la energía, los cuales consisten en la planificación, implementación y monitorización de actividades diseñadas en alentar el nivel y patrón del uso de los consumidores en su uso de la energía. (A.Al-Badi e. a., 2009)

A pesar de que ya existen algunas compañías eléctricas en el país queriendo implantar programas para la reducción de pérdidas energéticas con el fin de mejorar su operatividad y ser llegar a ser más competitivas, no ha habido ningún esfuerzo por parte del Gobierno en poner en marcha medidas tales como tarifas horarias, principalmente debido a las altas subvenciones que reciben estas las cuales resultan en la imposibilidad de implantar un sistema como el DSM.

#### 4.2.6 Oportunidades y barreras en las energías renovables

El potencial del país en cuanto a la implementación de recursos de producción de energía a partir de fuentes renovables es muy alto. No obstante, entre las principales barreras encontramos (Cowi, 2008):

- Competencia de coste y coste de la estructura.  
La competencia de coste de las energías renovables supone en la actualidad una de las principales barreras en Omán si se compara con el precio de producción de energía a través del gas natural.
- Marco jurídico.  
Una de las características comunes de todos los países del Golfo es la ausencia de una bien organizada política y estrategia así como la ausencia de un marco legal de trabajo y acuerdos para promover el uso de las energías renovables. (Patlitzianas, 2005)

Omán no es una excepción, y el desarrollo de las energías renovables es depende principalmente del apoyo político. Tal y como se ha mencionado a lo largo de los apartados anteriores, la falta de incentivos fiscales que, sumados a la falta de departamentos compuestos de personal técnico capacitado a nivel nacional o regional de gestionar el desarrollo de proyectos de energía renovable, estableciendo y revisando reglamentos y leyes según sea

necesario, representan una de las principales barreras en el país. (A.Al-Badi, 2009)

#### 4.2.7 Perspectivas de futuro

Existe un aumento de interés y apoyo por parte del gobierno omaní a la implementación e inversión de nuevos proyectos de energías renovables, y así lo demuestra la firma del Protocolo de Kioto en el año 2005 (UN, 2012). La reciente creación del Oman Research Council ha significado la clara apuesta del país a la investigación y puesta en marcha de numerosos proyectos pilotos en la región.

### 4.3 ARQUITECTURA TRADICIONAL OMANÍ

Históricamente los edificios se respaldaban en formas naturales y renovables de energía para proveer el confort térmico a su usuario, pero muchas veces sin estar ligados a las condiciones climatológicas del lugar, sino únicamente ligadas a razones culturales.

En el caso de Omán, los climas predominantes pueden diferenciarse entre clima caluroso/seco del desierto y clima caluroso/seco marítimo.

El estudio realizado por (Taylor, 2009) basado en la recogida de datos estadísticos de ambas climatologías y comparadas a las Tablas de Mahoney (Mahoney, 2010) indica que las medidas más recomendadas en el diseño pasivo son tal y como se resumen en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3 Recomendaciones de los edificios generadas por las Tablas Mahoney  
Fuente: (Taylor, 2009)

Especificaciones recomendadas	Mascate	Salalah
Implantación	Edificios dispuestos alrededor de pequeños patios si el almacenamiento térmico es requerido la mayor parte del año.	Los edificios deberían ser orientados en el eje este-oeste, siendo las elevaciones más largas las que se expongan al norte y sur para reducir la exposición al sol.
Movimiento aire	Si la circulación del aire no es esencial, o si es deseable para no más de un mes, las habitaciones pueden ser de doble espacio no habiendo mucha necesidad de ventilación cruzada.	Las habitaciones deberían ser simples con ventanas en norte y sur para facilitar una buena ventilación cruzada.
Espaciado entre edificios	La planificación compacta es necesaria si el movimiento de aire necesario es insignificante.	Si la entrada de viento es necesaria para una época del año, los edificios deberían disponerse con una distancia suficientemente amplia, pero con previsión de protección de vientos fríos y vientos cálidos con polvo.
Aberturas	Muy pequeña, entre 10-20% de la superficie de la pared.	Pequeña, entre 15-25% de la superficie de la pared.

Los resultados de las Tablas de Mahoney identifican dos estrategias de enfriamiento pasivo:

- Planificación compacta de edificios para reducir el ratio de ganancia solar proporcionando sombramiento en los edificios y en las calles adyacentes.
- Disposición de los edificios para fomentar la ventilación producida por la circulación de los vientos, proporcionando enfriamiento en el interior de los espacios, o indirectamente eliminando el calor almacenado en la envolvente del edificio reduciendo la temperatura ambiente.

No obstante, la rápida modernización que ha sufrido y sigue sufriendo el país desde 1970 acompañada del uso de aparatos de aire acondicionado y de su ineficiente diseño han constituido una de las principales barreras a la creación de nuevas prácticas de diseño pasivo, pudiendo contribuir estas a importantes ahorros de

energía. La viabilidad de emplear estas técnicas depende crucialmente de los límites de confort térmico del usuario.

Los edificios necesitan ser evaluados de acuerdo a las exigencias que estos representan en los ecosistemas locales y regionales y siempre en concordancia con los límites ambientales y de rendimiento.

## 5 PROYECTOS MÁS RELEVANTES

A lo largo del siguiente capítulo, se describirán las características más relevantes de dos de los proyectos de mayor envergadura que se están realizando en la región del Golfo Pérsico: el proyecto Masdar City en la ciudad de Abu Dhabi (Emiratos Árabes), que representará la primera ciudad en el mundo de emisiones de carbono cero, y el proyecto Lusail en la ciudad de Doha (Qatar) que, si bien no está llamado a ser también una ciudad de emisiones cero, incluye un giro de 180 grados al nuevo concepto de ciudad futura en el país. La principal característica de ambos proyectos es que los mismos emplean en su totalidad las herramientas de evaluación de la sostenibilidad presentes en ambos países: Estidama y QSAS.

En un tercer apartado, se describirán las principales características del proyecto inicial que iba a ser sujeto a estudio: los Southern Biomes del Oman Botanical Garden. Si bien es cierto que parte del objetivo inicial del trabajo de investigación era el estudio comparativo de las herramientas de certificación aplicadas al proyecto anterior, no ha sido posible realizar la misma debido a que finalmente las escasas decisiones en materia de sostenibilidad aplicadas al proyecto no se contemplaron como objetivos mínimos basados en alguna herramienta de certificación previa como podría haber sido el caso de BREEAM o LEED.

Basado en lo anterior, las conclusiones se limitarán no únicamente a los resultados obtenidos en base al estudio comparativo y simulación dinámica de las categorías establecidas como modelo inicial, sino que se facilitarán unas posibles recomendaciones que podrían considerarse en el Oman Botanical Garden con el fin de dotar al proyecto de criterios de diseño sostenible.

## 5.2 MASDAR CITY – ABU DHABI (EMIRATOS ÁRABES)

Masdar City es el nombre que recibe la ciudad de emisiones cero de carbono y cero residuos que se está construyendo en Abu Dhabi (Emiratos Árabes). Actualmente se conoce a Masdar City como la primera ciudad del mundo de éste tipo, lo cual no es del todo correcto. Es un error afirmar que el concepto de vivir en un entorno de carbono neutral es nuevo: ya hay varios pueblos de carbono neutral en el mundo (como la bioenergía aldea conocida como Jühnde en el estado alemán de la Baja Sajonia, por ejemplo). Lo que si es nuevo es la inmensidad del proyecto.

La construcción comenzó en el año 2006 y su finalización está prevista para el año 2016. El objetivo de la ciudad es convertido en hogar de una población de 90.000 habitantes, desglosada en 40.000 residentes y 50.000 viajeros diarios.

La ciudad ya acoge en la actualidad parte del Instituto Masdar de Ciencia y Tecnología, con su programa académico en las áreas de tecnología de la información, agua y medio ambiente, sistemas de ingeniería y administración, ciencia de materiales e ingeniería, ingeniería mecánica, así como sus actividades de investigación. La ciudad espera atraer a más de 1500 empresas en el campo de las tecnologías de energía sostenible para oficinas y centros de investigación dentro de sus murallas. Debido al hecho de que la ciudad de Masdar es una zona franca, las empresas se beneficiarán de grandes ventajas fiscales, tales como la posibilidad de tener 100% de propiedad extranjera, no pagarán impuestos y tampoco se les cobrarán aranceles de importación (entre otros beneficios). Por último, la ciudad de Masdar acoge ya desde el pasado año 2009 sede central de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), la cual se fundó en el año 2008 en Alemania.

Masdar City se ha establecido por diferentes razones: en primer lugar, el proyecto es parte de la estrategia de diversificación económica a largo plazo de Abu Dhabi. La economía del emirato es todavía principalmente dependiente de la exportación de combustibles fósiles. Pero los combustibles fósiles son finitos y el liderazgo de Abu Dhabi quiere preparar el emirato para la era post-petróleo y rentabilizar otros negocios. El objetivo a largo plazo es la transición de una economía de siglo XX basada en el carbono a una economía sostenible en el siglo XXI (Masdar, 2012). Otra de las principales razones de su creación es que además de la finitud de los recursos fósiles, el cambio climático por un lado y las necesidades para satisfacer la creciente



demanda de energía, por el otro, han creado una demanda global para fuentes de energía alternativas.

Abu Dhabi quiere beneficiarse de esta creciente demanda global de soluciones de “tecnologías limpias”. Con la creación de un clúster de tecnología en aplicaciones de energías renovables el emirato quiere mantener la posición de Abu Dhabi como líder mundial de la energía y convertirse en un centro global de excelencia para la investigación de energía renovable, desarrollo e innovación (Masdar, 2012), lo que implica también la transición de Abu Dhabi de ser un consumidor de tecnología a ser productor de la misma. Por último, desde la perspectiva de políticas de innovación y difusión de las perspectivas de la ciudad, el emirato tiene el ambicioso objetivo de contribuir al desarrollo de la política mundial: “Masdar City proporcionará un plan para el futuro de las ciudades en busca de la sostenibilidad y servirá como modelo de cómo las futuras ciudades deberían ser construidas”. (Masdar, 2012)



Figura 5.1 Impresión artística Masdar City  
Fuente: (Masdar, 2012)

Es un fenómeno generalizado en el mundo árabe y especialmente en los países del Golfo mostrar y tratar de impresionar al mundo con récords. Éste método es un concepto empleado con éxito para recibir publicidad y reconocimiento. Masdar City no es una excepción, y no sólo representa un proyecto de ciudad sostenible, sino que además tiene que ser la única del mundo.

Sin embargo, las entrevistas realizadas por (Reiche, 2009) a diferentes empresas involucradas en el proyecto, se tuvo la impresión de que el interés de la mayoría de las empresas es más un resultado de esperanzas para obtener órdenes para contribuir al proceso de construcción y recibir dinero por parte de la ciudad, y menos inspirado en el plan de llevar un negocio en la nueva ciudad e invertir en el proyecto Masdar. Uno de los principales incentivos para las inversiones de empresas internacionales es satisfacer la demanda local. Dado que el marco político para las energías renovables en Abu Dhabi, los Emiratos Árabes Unidos, los Estados del Golfo y todo el mundo árabe en general es poco ambicioso, es muy poco probable que Masdar City pueda atraer tantas compañías como espera hacerlo. Sin una demanda regional, la inversión de capital por parte de empresas extranjeras a la ciudad es más una contribución hacia un gran museo que a ganar dinero. Es por ello que las actuales inversiones que se están llevando a cabo son más negocios de intercambio (una compañía internacional que realiza la construcción de una fase de obra y a cambio abre una sede de la compañía en la ciudad). Además de la falta de demanda regional, debe tenerse muy presente que las inversiones extranjeras se han ralentizado debido a la crisis financiera mundial.

Cuestionable también es si Masdar City realmente puede atraer a 40.000 personas a vivir dentro de sus límites. ¿Qué incitaría a las personas a mudarse a una nueva ciudad? ¿De qué vivirían sus habitantes? ¿Existen otros negocios aparte de la investigación?

Masdar City y el Instituto Masdar son sólo dos piezas de un programa de desarrollo económico regional, multifacético, el llamado Iniciativa Masdar, anunciado en abril de 2006 por el Gobierno de Abu Dhabi. Los activos y utilidades de gestión de la Iniciativa Masdar utiliza diversos modelos de inversión para promover la energía sostenible.

Otra de las aclaraciones recogidas en las entrevistas llevadas a cabo por (Reiche, 2009), se mencionó que existe en la actualidad una fuerte rivalidad entre Abu Dhabi y Dubai y que, algunas iniciativas recientes en políticas ambientales en Dubai, como por ejemplo el nuevo código verde para la edificación aplicable a nuevas construcciones desde el año 2009 (Government of Dubai, 2009) podrían haber sido debidas a cultivar un mayor deseo frente al desarrollo sostenible que su ciudad vecina Abu Dhabi.



A continuación se citan las medidas más destacadas que se ya se están adoptando en la ciudad de Masdar:

- Conservación de agua: alrededor del 80% del agua será reciclada a través de los diferentes mecanismos diseñados en la ciudad. La intención final es reusar la misma tantas veces como sea posible, a través de por ejemplo un sistema que recoja las aguas filtradas en los procesos de cultivo. Otra de las medidas adoptadas será la del uso de aguas grises para riego de parques y jardines.
- Conservación de energía: Masdar City está pensada para ser una ciudad de emisiones de carbono cero. Para ello, y a través de paneles fotovoltaicos y colectores termosolares, se generará la energía necesaria para satisfacer la total demanda de la ciudad. La arquitectura pasiva también se tendrá en gran consideración a través de una cuidadosa elección de materiales y sistemas constructivos, diseño de calles estrechas y paseos sombreados, y mediante una orientación nor-este de la ciudad con el objetivo de disminuir la cantidad de radiación directa del sol.
- Residuos convertidos en energía: todos los residuos generados en la ciudad serán reciclados, reusados o convertidos en energía. No existirán vertederos, y todos los residuos orgánicos serán transformados en fertilizantes para áreas verdes o transformado en energía a través de digestores.
- Sistema de transporte: el sistema de transporte privado no será permitido en la ciudad. Existirá un sistema de transporte subterráneo el cual estará impulsado por energía solar.
- Materiales y recursos: ya existen planes preliminares sobre el proceso de reciclaje de las estructuras de hormigón de los edificios una vez éstos alcancen el final de su vida útil.

El proyecto Masdar City se engloba dentro del programa de (referencia WWF oneplanet living), en el que se establecen diez principios a cumplir:

- |  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| 1- Carbono cero                        | 2- Cero generación de residuos      |
| 3- Transporte sostenible               | 4- Materiales locales y sostenibles |
| 5- Comida local y sostenible           | 6- Agua sostenible                  |
| 7- Sistemas naturales y vida silvestre | 8- Cultura y patrimonio             |
| 9- Equidad y comercio justo            | 10- Salud y felicidad               |

### 5.3 LUSAIL CITY – DOHA (QATAR)

Lusail City es un proyecto futurístico actualmente en desarrollo, y su concepto va más allá del ya habitual de una ciudad moderna; de hecho, es una reflexión futurista de grandes aspiraciones, tecnologías e ideas. Lo más destacable, no obstante, es que Lusail City está llamada a ser la primera ciudad sostenible de Qatar y el primer gran proyecto en poner en práctica su herramienta QSAS en su diferentes versiones.

La visión nacional de Qatar para el año 2030 es convertirse en un país aún más moderno y próspero, y capaz de garantizar un desarrollo sostenible para las futuras generaciones. Uno de los grandes retos radica en la preservación del patrimonio y tradiciones del país, meta que se logrará a partir de establecer cuidadosamente y estéticamente las diferentes fases del proyecto a través de la mezcla de las tradiciones de Qatar y la arquitectura islámica.



Figura 5.2 Impresión artística Lusail City  
Fuente: (Lusail, 2012)

La ciudad se extiende a través de 38 km<sup>2</sup> e incluye un total de cuatro islas exclusivas, 19 distritos de uso multi-residencial, uso mixto, entretenimiento y zona comercial. Tiene previsto acoger a un total de 450.000 personas, repartidas entre 200.000 residentes, 170.000 empleados y 80.000 visitantes.

Las medidas más destacadas que se van a desarrollar en Lusail City son, entre otras:

- Sistema de túneles para las diferentes instalaciones: se aplicará un proceso de planificación integrada. Por ejemplo, se ha diseñado una red especial de galerías subterráneas para trabajos de mantenimiento, con lo que de esta forma los trabajos pueden realizarse a través de éstos túneles sin interrumpir la infraestructura del edificio en desarrollo o una vez finalizado, ni tampoco a la rutina del día a día de aquellos que viven en la ciudad.
- Redes de gas: la ciudad tiene planteado reemplazar los sistemas cilíndricos de gas por una red subterránea que alcanzará todos los puntos de consumo, siendo más segura y fácilmente accesible.
- Subestaciones eléctricas subterráneas: la red eléctrica se diseñará de forma que exista una central principal y varias subestaciones subterráneas, convirtiéndose en una de las principales novedades en la red de infraestructuras del país y de todo el Golfo Árabe.
- District cooling: el sistema de enfriamiento de los diferentes edificios a lo largo de la ciudad se realizará a través de un enfriador de agua en las tuberías que discurrirán subterráneamente a través de un sistema de galerías. Una central principal de control se encargará de su operación, gestión y mantenimiento, y la misma deberá conseguir:
  - o Disminución del consumo total de energía del proyecto.
  - o Disminución del efecto negativo en el medioambiente.
  - o Asegurar los recursos financieros e incrementar la producción.
  - o Mejoras en el diseño, estética y nivel de confort.
- Sistema neumático de recogida de residuos: los residuos serán transportados a través de una red de vacío a unas instalaciones que se encargarán de su posterior reciclaje o eliminación.
- Planta de tratamiento: las aguas residuales serán transportadas hacia una planta de tratamiento que se encontrará a las afueras de la ciudad que, una vez recicladas serán empleadas como agua de riego para todas las zonas verdes de la ciudad.

En cuanto a la red de transportes, debemos destacar:

- Comando centralizado y Centro de Control: correspondiente a un punto de encuentro de gestión de todos los servicios de comunicación, vigilancia y transporte de la ciudad.

El Centro de Control será el responsable de implementar y gestionar la tecnología de información estratégica que cubre la totalidad de la ciudad. Por ejemplo, el sistema de semáforos serán monitorizados y controlados para facilitar el tráfico durante horas pico.

- Light Rail Transit (LRT) – Trenes de tránsito ligero: se establecerá un sistema de trenes ligeros que conectarán los diferentes distritos de la ciudad y otras estaciones de trenes y metro principales de la ciudad de Doha. La red de trenes se diseñará con estándares de bajo consumo de forma que se ciña a lo establecido en la visión nacional de Qatar 2030.
- Parking subterráneo: se establecerán áreas en la ciudad únicamente destinadas a vehículos, siendo muchos de ellos subterráneos.
- Transporte por agua: debido a la localización costera de la ciudad, con 28 km de frente de costa, se potenciará tanto para residentes como para visitantes el uso del taxi de agua, siendo éste el sistema más rápido y eficiente de transporte.
- Redes de carreteras principales: la implantación estratégica de la autopista Khor conectará de forma rápida Lusail City con Doha y el aeropuerto internacional.
- Rutas bicicletas: una extensa red de carril bici y caminos peatonales cubrirá la totalidad de la ciudad, conectando los diferentes distritos y facilitando el acceso a los diferentes sistemas de transporte público.

En lo que se refiere a Lusail City y los mínimos requisitos necesarios implantados por QSAS, son:

- Todos los edificios públicos e infraestructuras deberán lograr un mínimo de cuatro estrellas. El resto de edificios, de carácter comercial y residencial, deberán lograr una certificación mínima de dos estrellas.
- A modo de incentivo, a todos aquellos proyectos que logren una certificación final de cinco estrellas se les concederá una exención de la cuota del 100%.

## 5.5 SOUTHERN BIOMES – OMAN BOTANICAL GARDEN

Oman Botanic Garden es un jardín botánico actualmente en construcción en la Península Arábiga. Se encuentra emplazado en la localidad de Al-Khowd, y cerca de la capital del país, Mascate. El jardín es un proyecto gubernamental y parte la Diwan Royal Court. El principal objetivo del proyecto es inspirar a las personas a conservar y apreciar el patrimonio botánico y la biodiversidad de Omán para un mundo sostenible. Para lograr lo anterior, el proyecto albergará la totalidad de la flora existente en el país a través de hábitats artificiales recreados de acuerdo a las características de cada región.

La extensión total del jardín botánico abarca la totalidad de 420ha de terreno, y el mismo fue seleccionado gracias a su facilidad de acceso, a su belleza natural y paisajística y a la diversidad de flora natural existente, siendo ésta del 10% de la totalidad existente en el país.

A fecha de hoy sólo cuatro fases se están llevando a cabo. La primera fase, llamada “enfermería” se completó en el año 2008 y es básicamente una gran superficie de invernaderos en dónde actualmente crece la futura flora que albergarán los diferentes hábitats y biomas a construir. La segunda fase se encuentra actualmente en ejecución, y consta básicamente del Centro de Orientación, Centro de Investigación y Estudio de Campo, complejos que incluirán áreas de exposición y venta de entradas para los visitantes, cafés, tiendas, laboratorios, centro de conferencias, oficinas, biblioteca, herbolarios, banco de semillas, aulas y alojamiento para tanto estudiantes como investigadores de visita. En la segunda fase se incluye también el Heritage Villag, edificio que albergará la etnobotánica de Omán, o artesanías y tradiciones en una serie de exhibiciones, demostraciones y talleres de trabajo de cómo se emplea la flora en el país, desde materiales de tinte, cosmética hasta medicina y productos comestibles.

La tercera fase, actualmente en ejecución corresponde a los trabajos de los diferentes viales que trazarán el recorrido interno dentro del jardín.

La cuarta y última fase actualmente en ejecución, y también la de mayor importancia dentro del proyecto, corresponde a la ejecución de los diferentes hábitats que conformarán el conjunto del jardín botánico. Podemos distinguir dentro de esta cuarta fase tres áreas bien diferenciadas:

- Recreación de hábitats naturales exteriores, tales como Sabkha, Wadi, Northern Gravel Desert, Central Desert o Wilderness. Se incluyen también otras facilidades como áreas de picnic y estaciones de autobuses para el circuito interno que recorre los diferentes hábitats.
- Recreación de hábitats naturales interiores, como el caso de los biomas nortes, divididos entre bioma norte superior y bioma norte inferior, los cuales albergarán la flora de las montañas de Jebel Akhdar (norte de las montañas Hajar) y Musandam (a lo alto del norte de Omán).
- Recreación de hábitats naturales interiores, como el caso de los biomas sur, complejo compuesto por tres biomas cuyas estructuras de hormigón, acero, vidrio y cubiertas ETFE, albergarán la flora de Dhofar en las tres épocas en la que los monzones están presentes. Dada la espectacularidad y complejidad de éstos edificios, se ha optado por profundizar más en sus principales características arquitectónicas y de diseño.



Figura 5.3 Impresión artística Southern Biomes (OBG)  
Fuente: (BAM International, 2012)

Dadas las similitudes de los tres biomas que conforman el bioma sur, nos centraremos en las características de sólo uno de ellos.

Con el fin de simular los acantilados de la región de Dhofar, el revestimiento de las fachadas se realizará finalmente con piedra natural con el fin de poder simular con la máxima exactitud las diferentes capas de sedimentos que conforman la región. La disposición de las mismas se realizará en diferentes capas horizontales y de diferentes espesores con el fin de que las diferentes secuencias proyecten sombras sobre las inferiores y así sucesivamente. A pesar que la solución de aplacado de piedra natural presentaba mejores ventajas ante el revestimiento de paneles prefabricados de hormigón (especialmente por la dificultad del despiece en los tramos de muro curvo), la piedra natural propuesta era proveniente de España, con lo que el impacto de coste y sobretodo la huella ecológica debido principalmente a su a la extracción, manufactura y transporte a Omán es desmesurado en comparación a la propuesta del prefabricado.

La solución adoptada para las fachadas laterales se realizará mediante la conformación de un muro cortina que funcionará como elemento de cerramiento principal y una segunda piel formada por paneles de cobre que actuarán como control solar de la luz incidente dentro de los biomas. Dada la gran superficie que representan estas fachadas en cada bioma, alrededor de 1200 m<sup>2</sup>, se realizaron varios cálculos térmicos y energéticos con el fin de optimizar el valor del factor solar, parámetro fundamental que determina las ganancias energéticas en los biomas. Para ello, se planteó el objetivo de conseguir el mayor valor posible de transmitancia lumínica y el mínimo valor de factor solar, de forma que se preservara un valor U (coeficiente que mide la cantidad de energía que se transfiere por metro cuadrado).

En cuanto a la tipología escogida para la cubierta de los biomas, el sistema escogido será mediante una cubierta ETFE, plástico de gran resistencia al calor, a la corrosión y a los rayos UV, transparente y de extraordinaria durabilidad, 100 veces más ligero que el vidrio, deja pasar más luz. En su configuración en doble lámina o almohada, aplicada al proyecto en cuestión, presenta unas excelentes características aislantes. Además se ha demostrado que su aplicación en varios jardines botánicos ha sido muy eficiente y satisfactoria, como el Proyecto Edén de Nicholas Grimshaw. (Eden Project, 2012)

En lo referente al capítulo de instalaciones, las medidas propuestas aunque no definitivas que ayudarán a crear un edificio más sostenible son:

- Agua caliente sanitaria: mediante la instalación de placas termosolares en las cubiertas planas de los biomas.
- Sistema de recogida de aguas grises y agua lluvia: serán sistemas independientes. El agua de lluvia se recogerá en los depósitos ya previstos de irrigación de la vegetación que se albergará dentro de los biomas. Las aguas grises se almacenarán y tratarán en depósitos independientes para su posterior uso en cisternas de WC y urinales.
- Separador de grasas en los lavaderos de cocinas.
- Motorización de aberturas en el muro cortina para garantizar las renovaciones de aire y ventilación natural dentro de los biomas.

Considerando que las medidas citadas anteriormente no dejan de ser favorables a la consecución de un edificio con algunas premisas sostenibles, el hecho que el proyecto estuviera basado en el código de las British Standard y que la gran mayoría de productos especificados provinieran de Europa, automáticamente implica que la fuente del origen no sea del todo sostenible (mediante el no uso de materiales reciclados, locales o de baja emisión de carbono), lo que conlleva a un impacto en la huella de carbono considerable.

## 6 ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS HERRAMIENTAS DE CERTIFICACIÓN

El presente capítulo se estructura en tres grandes apartados. Un primer apartado en dónde se introduce el método llevado a cabo para cada herramienta a lo largo del trabajo de investigación; un segundo apartado en dónde se procede al análisis comparativo de las diferentes herramientas en sus aspectos administrativos y técnicos y un tercer y último bloque en dónde se realiza el análisis de sensibilidad dinámica una vez establecido el marco comparativo de trabajo.

### 6.1 INTRODUCCIÓN AL MÉTODO

El análisis comparativo se realiza a partir de haber detallado las seis herramientas de certificación de forma similar en sus aspectos funcionales y aspectos técnicos.

Siguiendo la misma línea del trabajo realizado en Proyectos Finales de Máster previos, se buscó una herramienta que evaluara la vivienda, considerada como la unidad básica en los edificios y como la herramienta que más influencia tendrá en los próximos años en la región de los países del Golfo debido en gran parte al gran crecimiento demográfico esperado para las próximas décadas. En LEED se analizó la herramienta LEED para Hogares versión Enero de 2008 , en BREEAM el Código de Hogares Sostenibles (CSH) de Noviembre de 2010, en CASBEE para Hogares unifamiliares de la edición de 2007, en AQUA la versión de Edificios Habitacionales de Febrero 2010, en ESTIDAMA la primera versión de su Pearl Villa Rating System de Abril 2010 y por último la herramienta QSAS Residential primera versión del año 2010.

### 6.2 ANÁLISIS COMPARATIVO

Siguiendo la misma línea de estudio de las diferentes herramientas de certificación investigadas a lo largo del trabajo, el análisis comparativo se estructurará en dos partes: una primera comparación de los aspectos funcionales administrativos y una segunda parte comparando los aspectos funcionales técnicos.

### 6.2.1 Comparación administrativo – funcional (operativo)

Para entender las diferencias entre las diferentes herramientas, primero se debe analizar la historia y trasfondo de cada una de ellas, todas con diferentes fechas de lanzamiento/inicio y con una experiencia a lo largo de su trayectoria específica.

La British Research Establishment (BRE) era una entidad de gobierno cuando BREEAM se fundó en 1990. Su objetivo fue la de facilitar y proveer investigación e información a la industria de la edificación sobre qué métodos podrán ser los más adecuados para garantizar un desarrollo sostenible.

Por otro lado, el USGBC es un organismo nacional sin ánimo de lucro con alrededor de 20.000 organizaciones miembro en la actualidad, y LEED, desde su aparición en el año 1998, ha intentado cambiar el mercado de la construcción a través de un enfoque basado en el consenso y también comercial hacia el marketing, convirtiéndose hoy en día en un nombre de marca.

Ambas LEED y BREEAM, siendo las herramientas de más renombre internacional en la actualidad, marcaron a posteriori la tendencia al incremento de muchas de las consecuentes certificaciones locales a lo largo del mundo y a la internacionalización de las mismas. Un claro ejemplo de ello son las herramientas ESTIDAMA y QSAS las cuales, sin ser exactamente iguales que sus “padrinas”, han sabido escoger ciertos elementos de ellas entre otras fuentes de inspiración basadas y adaptadas a las condiciones y necesidades locales.

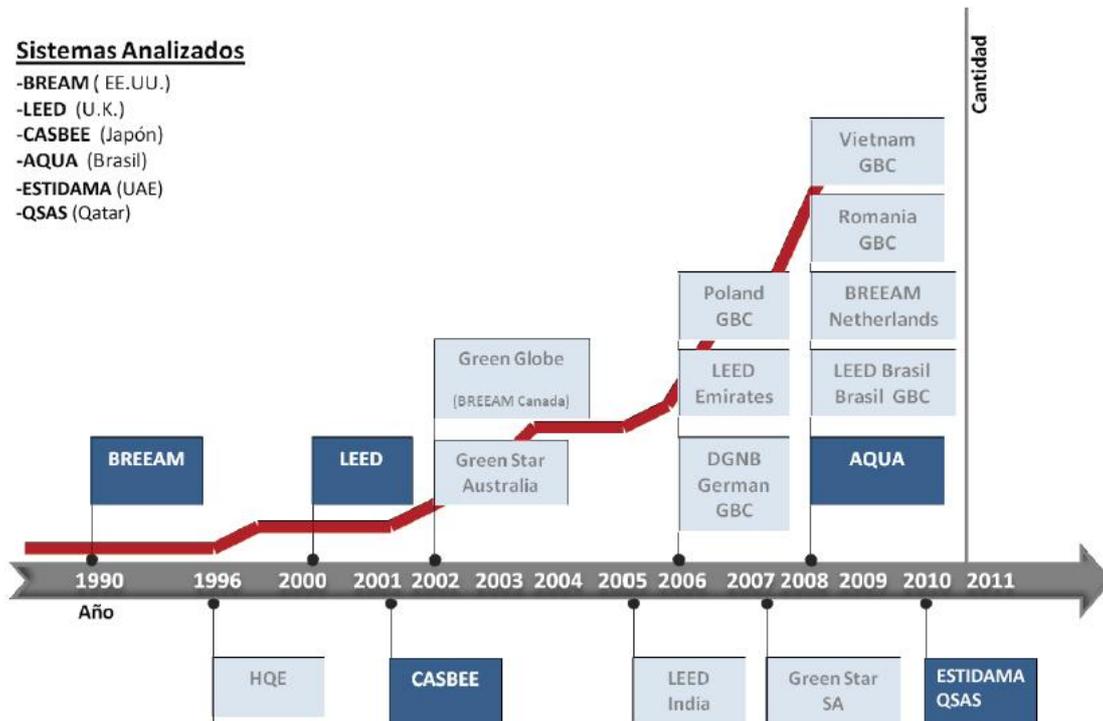


Figura 6.0.1 Inicio de los sistemas de certificación Green Building  
Fuente: Adaptado de (Ramallo, 2011)

En cuanto al funcionamiento de los sistemas, las nuevas herramientas analizadas en comparación a las ya realizadas por trabajos previos de Proyectos Finales de Máster son muy similares, y su comportamiento se puede seguir definiendo como lineal tal y como se detalla en la Figura 6.2.

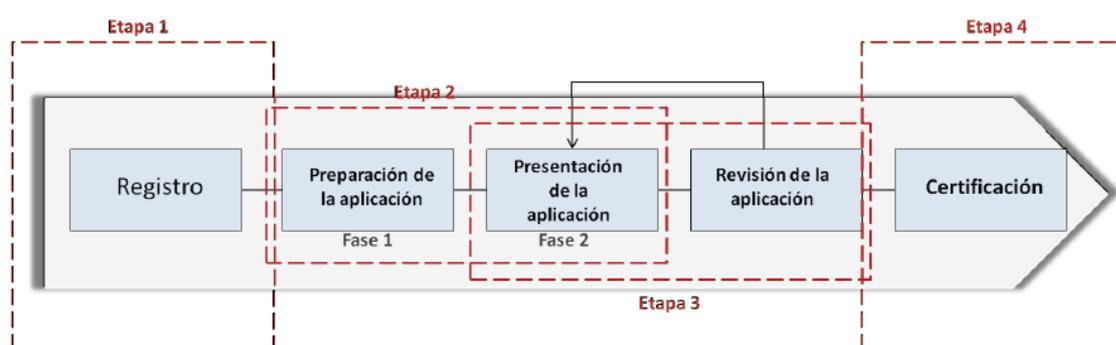


Figura 6.0.2 Esquema del proceso de certificación  
Fuente: (Ramallo, 2011)

A diferencia de BREEAM en sus etapas de Design Stage (DS), ESTIDAMA presenta un nuevo concepto llamado Estidama Integrative Design Process (EIDP) la cual puede llegar a sonar muy parecido a la etapa DS de BREEAM. No obstante, EIDP se ha

establecido con el fin de llevarse a cabo incluso antes que el proceso de diseño se empiece a poner en marcha a través de una serie de pre análisis como por ejemplo análisis solares, de eficiencia energética, estudios económicos y de viabilidad de los recursos hídricos, materiales y de conectividad del hábitat en su entorno. Mediante esta iniciativa, Estidama pretende ser la primera herramienta que lleva a cabo dicha tarea de forma obligatoria.

Otra de las principales diferencias de ESTIDAMA con las otras herramientas es que a diferencia del resto, las cuales son herramientas de carácter voluntario, ESTIDAMA está integrada en el plan de desarrollo Abu Dhabi 2030, la cual incluye requisitos mínimos y obligatorios hacia la obtención de permisos de desarrollo y de construcción del edificio.

El proceso de certificación de las seis herramientas estudiadas comparten una base común, y es que todas deben ser verificadas y evaluadas por terceras personas llamados asesores, los cuales deberán previamente acreditados. Las diferencias entre las diferentes partes del proceso se esquematizan según la Figura 6.3 inferior.

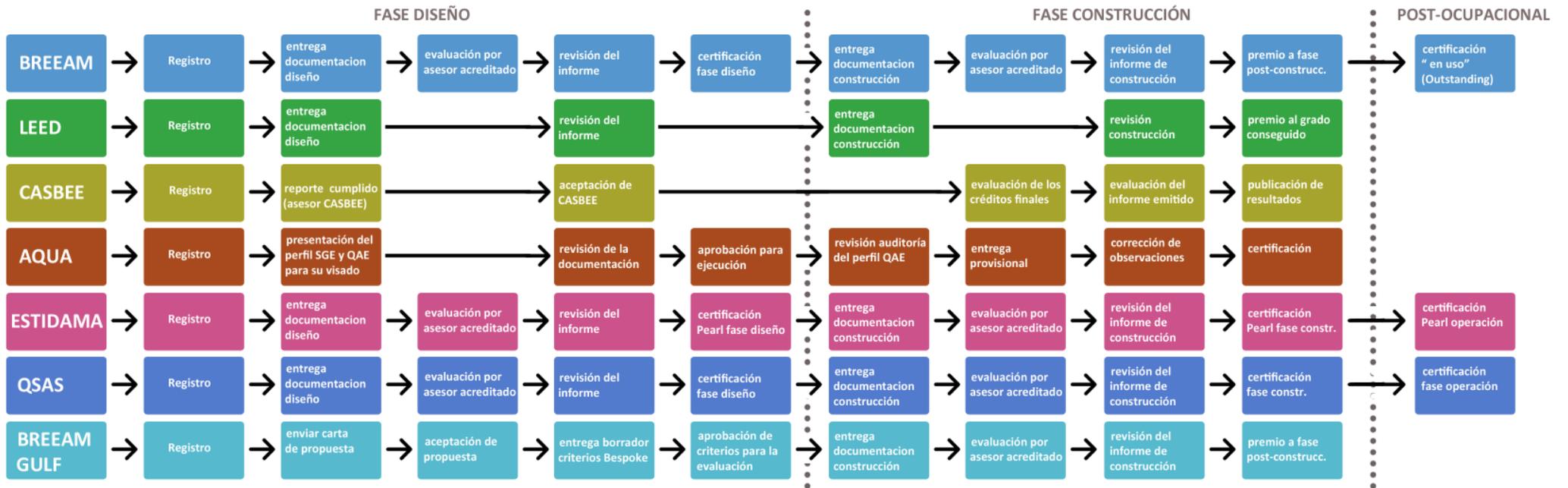


Figura 6.0.3 Proceso de certificación de las herramientas analizadas  
Fuente: Propia en base a (Carboun, 2012)

A primera vista y basados en la Figura 6.3 anterior, podemos observar que todas las herramientas comparten una base común como es la de “Registro”. Sobre las nuevas herramientas añadidas al estudio, sólo QSAS es de carácter voluntario. ESTIDAMA, al estar incorporada al nuevo plan de desarrollo sostenible pasa a ser de carácter obligatorio.

En la siguiente fase del proceso, ESTIDAMA y BREEAM comparten en común que ambos pretenden realizar una evaluación previa al registro del proyecto, ESTIDAMA a través de su programa IDP mediante la realización de talleres con la facilitación del PQP y BREEAM como herramienta para obtener mayor información a la idea propuesta. En LEED, el equipo de proyecto puede proceder a presentar el CIR (Credit Interpretation Ruling) el cuál sirve al equipo como herramienta de orientación a los requisitos mínimos del programa (MPR), prerrequisitos o créditos que pertenecen a su proyecto sujeto a estudio. CASBEE por su parte logra una aceptación del reporte del asesor y en AQUA se presentan los perfiles que componen su sistema SGA y QAE en dónde se incluyen los procedimientos y pautas a seguir durante las fases de diseño y gestión del proyecto.

Una vez realizado el paso anterior, el proceso llega a ser muy similar para todas las herramientas analizadas. El siguiente paso corresponde a la recogida de información, a su revisión y actualización. Para ello, aparece la figura del asesor cualificado tanto para BREEAM, ESTIDAMA y QSAS el cual tiene la función específica de facilitar tanto la entrega de documentación necesaria como su posterior evaluación tanto en fase de diseño como de post-construcción. El proceso en LEED difiere de los anteriores, pues el método de gestión y evaluación está basado en un sistema totalmente online por lo que la interacción y el diálogo se reduce al mínimo. No obstante, el rol de los LEED AP (figura no obligatoria en el proceso de certificación LEED) se asemeja mucho al de los asesores de las herramientas antes mencionadas, siendo estos profesionales acreditados y expertos en el empleo de la herramienta. CASBEE por su parte ya evalúa los resultados finales y AQUA, una vez comprobada y aprobada la documentación mediante auditorías es autorizada para empezar la fase de construcción.

En líneas generales podemos decir que ESTIDAMA comparte aspectos comunes con LEED en fase de recogida de documentación en comparación con BREEAM. Los objetivos percibidos en BREEAM tienden a ser más exactos y con soluciones para la obtención de los créditos más exactos que en el caso de LEED, en dónde el equipo de



diseño tiene más flexibilidad en la toma de decisiones para cumplir con los objetivos del crédito, lo que implica directamente un aumento en la carga de trabajo en comparación con BREEAM.

En cuanto a la estructura principal de las fases del proceso de certificación, ESTIDAMA está comprendida por 3 fases bien diferenciadas. Una primera fase de diseño (Pearl Design Rating) en la cual se deja constancia de que el proyecto es consistente con los objetivos de la herramienta. Una segunda fase de construcción (Pearl Construction Rating) que se realiza una vez la construcción se ha finalizado y que puede servir como herramienta de marketing. No obstante, el nivel de certificación final no llegará hasta pasados 2 años de la ocupación del edificio (o al menos un 80%) en un proceso llamado Pearl Operational Rating.

La herramienta BREEAM por su parte comparte las dos primeras fases con ESTIDAMA, no siendo necesaria la evaluación de la fase ocupacional (únicamente necesario para su nivel de certificación más alto: BREEAM Outstanding). En el caso de LEED, la fase de diseño es opcional, no emitiéndose ningún certificado parcial como en el caso de las anteriores. La fase post ocupacional tampoco es necesaria, aunque la última versión 2009 presenta un nuevo requisito por parte del USGBC en la que se debe facilitar el uso de la energía y el agua. (Gonchar, 2009)

En línea con lo realizado en trabajos previos de Proyectos Finales de Máster, se adjunta la Tabla 6.1 en dónde se reflejan las nuevas herramientas sujetas a estudio en dónde se complementa con nueva y actualizada información.

Tabla 6.1 Información básica herramientas certificación analizadas. Fuente: Propia en base a (Ramallo, 2011)

							
	BREEAM para hogares CSH v.2010	LEED para Hogares v.2008	CASBEE para Hogares unifamiliares v.2007	AQUA edificios habitacionales v.2010	ESTIDAMA Pearl Villa Rating System v.1, 2010	QSAS Residential v.2010	BREEAM Gulf v.2008
Lugar de inicio	Inglaterra	EEUU	Japón	Brasil	EAU	Qatar	Oriente Medio
Año	1990	1998	2003	2008	2008	2008	2006
Obtención de información	Diseño/Equipo de gestión o asesor	Diseño/Equipo de gestión o asesor acreditado	Diseño/Equipo de gestión	Diseño/Equipo de gestión o asesor			
Evaluación	Asesores capacitados	USGBC	Diseño/Equipo de Gestión	Diseño/Equipo de Gestión	Asesor acreditado	Asesor acreditado	Asesor capacitado
Validación por terceras partes	BRE	USGBC	JSBC	Fundação Vanzolini	ESTIDAMA/UPC	GORD	BRE
Certificación etiquetada	BRE	USGBC	JSBC	Fundação Vanzolini	ESTIDAMA/UPC	GORD	BRE
Gobernabilidad	UKAS	USGBC	JSBC	Fundação Vanzolini	ESTIDAMA/UPC	GORD	Desconocido
Tasa de crecimiento anual	93% (1998-2007)	86% (2002-2007)	No disponible	No disponible	100% (2010-2012)	No disponible	No operativa
Evaluación / coste	2500-12500 €	47250 €	No disponible	No disponible	Gratis	No disponible	No operativa
Tasa de certificación	925-1870 €	1420-14200 €	No disponible	No disponible	Gratis	770 €	No operativa
Coste de apelación por créditos	Gratis	320 €	No disponible	No disponible	Gratis	110 €/criterio	No operativa
Coste de solicitud de interpretación de crédito	Gratis y sin límite de veces	140 € (sin límite de veces)	No disponible	No disponible	100% (2010-2012)	No disponible	No operativa
Disponibilidad de información para evaluaciones	Las herramientas para estimadores están disponibles gratuitamente. La orientación está sólo disponible para los asistentes a las clases prácticas.	Las herramientas están disponibles gratuitamente y la guía técnica está disponible por 125€.	La herramienta de evaluación está disponible gratuitamente en japonés e inglés.	La herramienta de evaluación está disponible gratuitamente en portugués.	La herramienta de evaluación está disponible gratuitamente en árabe e inglés.	Las herramientas de evaluación y guías técnicas son de pago (1000 €).	No operativa

### 6.2.2 Comparación técnica

De forma similar que para el caso de BREEAM y LEED, la herramienta ESTIDAMA está basada también en un sistema de puntos con los que finalmente se otorga un nivel de certificación específico. De igual forma, ESTIDAMA también cuenta con una serie de requisitos previos como lo son los pre requisitos de LEED o los requisitos obligatorios de BREEAM, los cuales no se premian con puntos pero si son obligatorios para obtener un nivel mínimo de certificación.

Los niveles de certificación obtenidos en ESTIDAMA se asemejan mucho a los de BREEAM, consiguiendo un nivel máximo de 5 Perlas en el caso que el edificio sea de energía neta positiva, contribuyendo al ambiente en términos de energía, agua, y mejorando la diversidad y salud de los sistemas (nivel Outstanding de BREEAM).

Siguiendo también la misma línea que sus predecesores, ESTIDAMA está diseñada mediante un sistema de pesos ponderados dependiendo de la importancia relativa de cada categoría. Las diferencias más importantes se pueden observar en la Tabla 6.2 adjunta, en dónde claramente se observa que LEED es muy fuerte en el grado de confort de los ocupantes a través de la calidad del aire interior, y en dónde las infraestructuras existentes promueven el empleo del vehículo, cosa que no ocurre con BREEAM en dónde el sistema de transporte público es muy fuerte. BREEAM hace más hincapié al sistema de ventilación natural al contrario que LEED, en dónde la ventilación mecánica juega un papel muy importante. BREEAM, a diferencia de LEED, es también más fuerte en aspectos de seguridad del peatón y al ciclista, aspectos sociales de sostenibilidad y acústica.

Las grandes diferencias a primera vista se pueden observar en la categoría del agua, en donde la misma juega un papel muchísimo más importante en dicha región. Por otra parte, un capítulo tan importante como la energía es contrariamente inferior al de LEED y BREEAM, ambos con la misma ponderación.

Tabla 6.2 Resumen ponderación categorías. Fuente: Propia en base a (Carboun, 2012)

													
BREEAM	%	LEED	%	CASBEE	%	AQUA	%	ESTIDAMA	%	QSAS	%	BREEAM Gulf v.2008	%
Elección lugar y ecología	20.5 %	Elección lugar	24.5 %	Crear enriquecimiento de los ecosistemas y un paisaje urbano	12.5%	Sitio y construcción	25 %	Elección lugar y Sistemas Naturales	16 %	Lugar	9 %	Uso lugar y ecología	7 %
Agua	2.5%	Agua	5.5 %	Conservación del agua y la energía	17.5 %	Gestión	25 %	Agua	25 %	Agua	16 %	Agua	30 %
Energía	33 %	Energía	33 %	Consideración del medioambiente, Global, Local	15%	Confort	25 %	Energía	25 %	Energía	24 %	Energía	14 %
Materiales	13.5 %	Materiales	13.5%	Utilizar los recursos con moderación y reducción de residuos	17.5%	Salud	25 %	Materiales	16 %	Materiales	8 %	Materiales	9 %
Calidad ambiental interior	13 %	Calidad ambiental interior	14%	Confort, salud y seguridad en ambientes interiores	22.5%			Calidad ambiental interior	20 %	Ambiente interior	14 %	Salud y bienestar	15 %
Innovación	6.5 %	Innovación	6.5 %	Garantizar una larga vida útil	15 %			Innovación	2 %	Conectividad urbana	8 %	Transporte	5 %
Facility Management	12 %	Prioridad regional	4%					Proceso Integrado de diseño	7 %	Gestión y operaciones	8 %	Gestión	8 %
										Valor económico y cultural	13 %	Residuos	5 %
												Contaminación	7 %

La herramienta BREEAM GULF, actualmente en desuso, fue también diseñada mediante un sistema de puntos y una serie de pre-requisitos como su original BREEAM. No obstante y para el caso de los países del Golfo, se decidió ampliar este número de pre-requisitos mínimos hasta 11, entre los que se destacan los nuevos requisitos mínimos en las categorías de energía ENE1, ENE2 y ENE5 y de gestión del consumo del agua WAT1 y WAT6.

Mediante la Tabla 6.2 adjunta se observa claramente que los diferentes sistemas poseen formas diferentes en la forma de ponderar cada crédito y categoría. Las herramientas AQUA, CASBEE y QSAS se distinguen del resto puesto que su metodología no está basada en el sistema de puntos que si comparten LEED, BREEAM, BREEAM GULF y ESTIDAMA. Para el caso de AQUA, su sistema es muy rápido puesto que el mismo está basado en tres posibles diferentes niveles de aprobación y todos sus criterios están ponderados equitativamente, cosa que nos indica claramente la importancia de cada elemento independientemente del resultado final. CASBEE consta de niveles de certificación que van en función de una puntuación final obtenida a partir de su fórmula de la eficiencia medioambiental de edificios. El sistema de QSAS por su parte está basado en el proceso analítico jerárquico (AHP) ya descrito en su correspondiente capítulo en dónde cada indicador y criterio está asociado a un peso basado en el impacto relativo ambiental, social y económico.

No obstante, todos los sistemas comparten algunos indicadores en común y otros específicos y adaptados local o regionalmente a las necesidades económicas, sociales, ambientales y culturales.

Por esta razón, se decidió determinar qué similitudes comparten en común para así poder plantear un marco comparativo adecuado. De esta forma, podemos identificar que las principales categorías en común entre las diferentes herramienta sujetas a estudio son las relacionadas con:

- Conservación del agua y energía, calidad medioambiental-salud y bienestar, prevención del medio, reciclaje, entorno y gestión y operación.

Además de las categorías ya diferenciadas como únicas mencionadas por (Ramallo, 2011), las nuevas herramientas sujetas a estudio también comparten diferencias entre ellas.

La categoría de Innovación y proceso de diseño (ID) de LEED ha sido adoptada para ESTIDAMA bajo el nombre de Prácticas Innovadoras (IP), siendo estas últimas de aplicación opcional en el modelo para viviendas. De la misma forma, en ESTIDAMA encontramos también el crédito IDP-4 (Comunicación Sostenible), muy en común con la categoría AE de consciencia y educación de LEED, en dónde el objetivo se centra en lograr concienciar al ocupante la vivienda sobre el uso responsable de los recursos que emplea.

Por otro lado, ESTIDAMA contiene su principal categoría del Proceso Integrado de Desarrollo (IDP) que la hace única en comparación con el resto de herramientas y cuyo principal objetivo es la consecución final del proceso sostenible a través de la implicación de todos los agentes involucrados y un proceso iterativo en la fase de diseño más detallado.

QSAS por su parte se distingue en el hecho que posee la categoría del valor económico y cultural, asociado a factores de conservación cultural y apoyo a la economía local, categoría que juega un importante porcentaje en el cómputo global y que la distingue del resto de herramientas aplicadas en los países de la región.

Por último, BREEAM GULF únicamente se distingue por la variación en la ponderación de sus categorías, asumiendo el apartado del agua el principal protagonismo. A diferencia de ESTIDAMA y QSAS, no contiene ninguna nueva categoría adaptada a la región.

A través de la comparativa anterior, y a diferencia de lo que sucedía con las herramientas CASBEE y AQUA (herramientas más recientes y con categorías cuyos contenidos se asemejan a lo incluido en BREEAM y LEED), es importante destacar que las nuevas herramientas ESTIDAMA y QSAS, formuladas y basadas en la misma base de LEED y BREEAM y con muchos puntos en común, han sabido encontrar y formular nuevos puntos de vista enfocados a las necesidades de la región en la cual se ponen en práctica.

Siguiendo la misma línea de análisis formulada por (Ramallo, 2011), en la siguiente Figura 6.3 se representa un resumen de la ponderación de cada categoría en cada una de las diferentes herramientas, considerando el papel fundamental de los

coeficientes correctores, factores determinantes en la puntuación final de cada crédito (porcentaje) y en el nivel final de certificación.

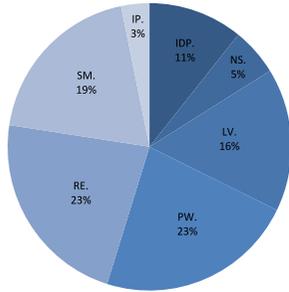
Tal y como se explicaba anteriormente, en los sistemas BREEAM, BREEAM GULF, LEED y ESTIDAMA el uso de los coeficientes de ponderación se emplea de una forma similar, relacionados con la cantidad de puntos. En el caso de BREEAM, ESTIDAMA Y QSAS, los índices correctores vienen determinados a partir de un estudio realizado por los stakeholders dependiendo de la ponderación de cada criterio de cada categoría. BREEAM GULF está basado en el mismo principio. Para el caso de LEED, los coeficientes correctores pasan por una evolución, actualmente convertida en una herramienta más flexible para los equipos de diseño y en dónde todos los coeficientes tienen el mismo valor, lo cual implica que todas las categorías están valoradas de igual forma.

Por último, y para el caso de CASBEE y AQUA, el método de cálculo de sus coeficientes correctores no es tan directo como para las otras herramientas, pues su ponderación no está basada en un criterio de puntos, sino en una escala de porcentajes. Por esta razón, se considerará el valor porcentual de cada categoría para el caso de CASBEE según lo obtenido en la Tabla 6.2. Dado que AQUA no destina un valor por crédito, sino que se basa en el cumplimiento de cualquiera de los elementos bajo un nivel deseado, se considera que todos ellos están ponderados con el mismo valor porcentual.

A partir de la Figura 6.4, se pueden observar las diferencias en los coeficientes correctores. BREEAM se ha relacionado con BREEAM GULF con el objetivo de resaltar las grandes diferencias sobre la misma herramienta adaptada a la región.

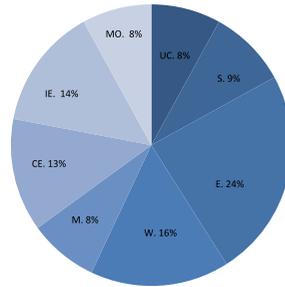
**Porcentajes de Categorías de Estidama para Villas**

- IDP. Integrated Development Process
- LV. Livable Villas
- RE. Resourceful Energy
- IP. Innovative Practice
- NS. Natural Systems
- PW. Precious Water
- SM. Stewarding Materials



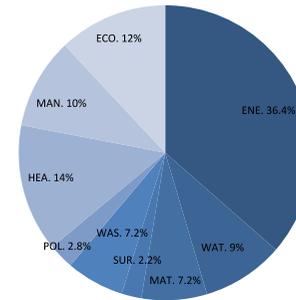
**Porcentajes de Categorías QSAS Residencial**

- UC. Urban Connectivity
- W. Water
- IE. Indoor Environment
- S. Site
- M. Materials
- MO. Management & Operations
- E. Energy
- CE. Cultural & Economic Value



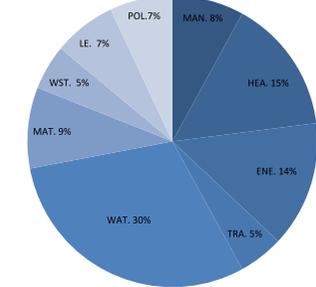
**Porcentajes de Categorías BREEAM CSH**

- ENE. Emisiones de energía y carbono
- SUR. Escorrentía superficial de agua
- HEA. Salud y bienestar
- WAT. Agua
- WAS. Residuos
- MAN. Management
- MAT. Materiales
- POL. Contaminación
- ECO. Ecología



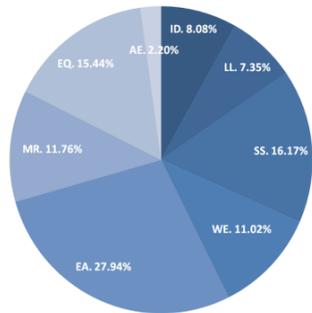
**Porcentajes de Categorías BREEAM GULF**

- MAN. Management
- TRA. Transport
- WST. Waste
- LE. Land use & Ecology
- POL. Pollution
- HEA. Health & Wellbeing
- WAT. Water
- LE. Land use & Ecology
- ENE. Energy
- MAT. Materials

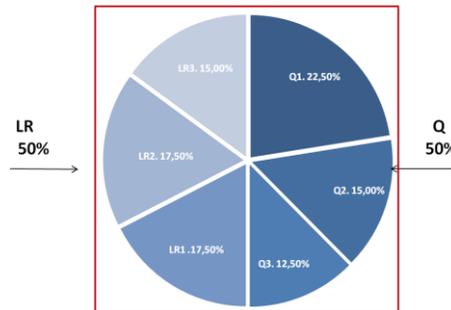


**Porcentajes de Categorías de LEED para Hogares**

- ID. Innovación en el proceso de diseño
- LL. Ubicación y Vínculos
- SS. Sitios Sustentables
- WE. Eficiencia de Agua
- EA. Energía y Atmosfera
- MR. Recursos y Materiales
- EQ. Calidad Medioambiental Interior
- AE. Conciencia – Educación



**Porcentajes de las categorías de CASBEE for Homes**



**Porcentaje de las Categorías de AQUA para edificios habitacionales**

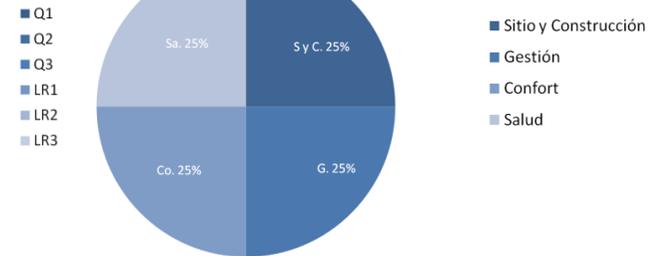


Figura 6.0.4 Porcentaje de categorías en las herramientas analizadas.  
Fuente: (Ramallo, 2011)

Por otro lado, se agrupa LEED, ESTIDAMA y QSAS por ser también herramientas que comparten semejanzas en cuanto a las diferentes categorías y coeficientes correctores, y finalmente CASBEE y AQUA por ser herramientas muy distintas a todas las anteriores, y con un sistema de coeficientes correctores no basado en puntos sino en porcentajes.

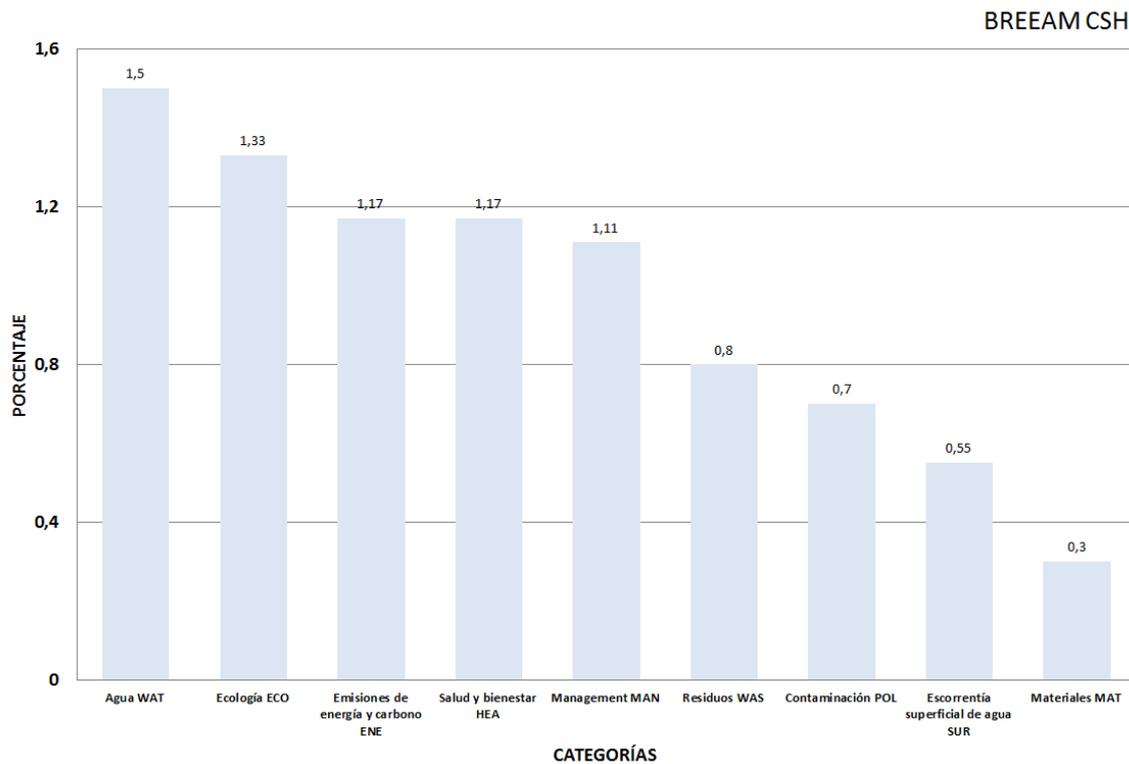
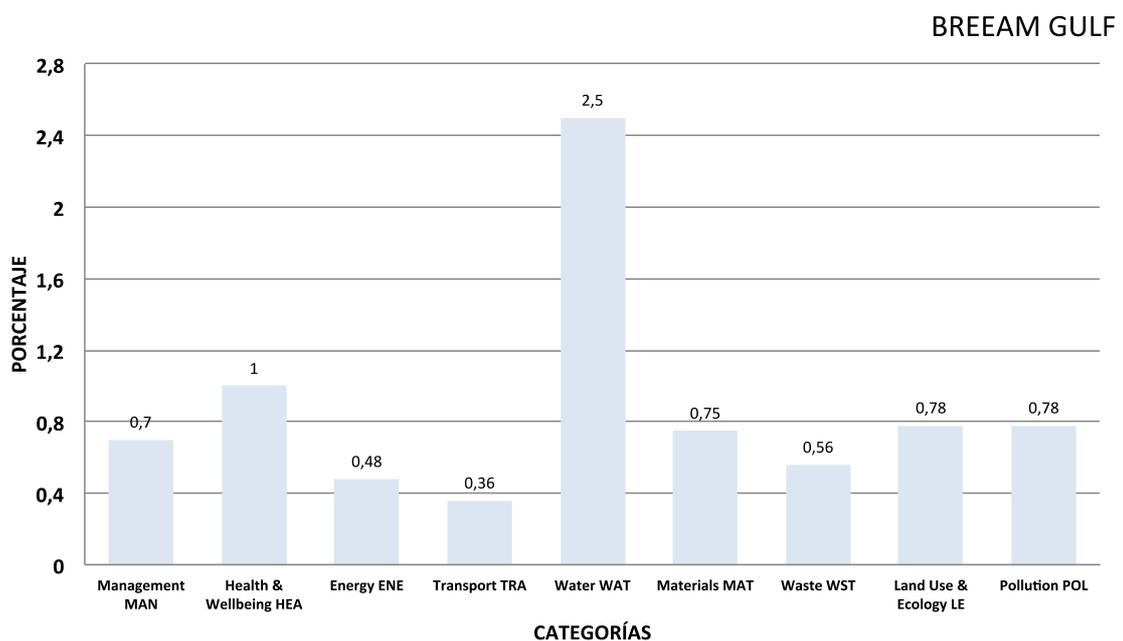


Figura 6.0.5 Porcentaje de categorías en las herramientas analizadas.  
Fuente: Propia en base a (BREEAM CSH, 2010) y (BREEAM Bespoke, 2008)



A primera vista observamos que el cambio más significativo se da en la categoría de agua, en la que el coeficiente corrector pasa a ser de 2,5 para cada crédito (para un total de 7) comparados con el valor de 1,5 para el caso de BREEAM (con un total de 2 criterios). Existe una pequeña diferencia en la categoría de Salud y bienestar y Contaminación, siendo el valor de los coeficientes correctores más bajos en BREEAM GULF para el primero y ligeramente más alto en el segundo.

Por otra parte, el capítulo de Escorrentía superficial de agua se ha eliminado para el caso de BREEAM GULF y en su lugar se ha añadido la categoría de Transporte, la cual está considerada como la de menor peso en términos globales junto con Residuos (5%), pero con el coeficiente corrector más bajo (0,36 frente a los 0,56 de la categoría de Residuos).

Otra de las grandes diferencias entre las dos herramientas la encontramos en la categoría de Materiales y Gestión. Para el primer caso, la gran diferencia está que aun considerando que posee la mitad de créditos (12 contra 24 de BREEAM CSH), los créditos para el uso de materiales de bajo impacto ambiental y procedentes de fuentes responsables están mejor valorados. En el caso de la categoría de Gestión, la diferencia radica en que aun siendo los criterios bastante similares, el porcentaje en el caso de BREEAM representa el 10% con un total de 9 créditos disponibles, mientras que para el caso de BREEAM GULF el porcentaje es del 8% repartido entre 12 créditos.

Por último, cabe destacar que la herramienta BREEAM GULF se creó con el fin de llegar a ser una herramienta que englobara criterios generales sin distinguir entre las diferentes tipologías edificatorias y de uso. Se adjunta a modo simple comparativo, la Tabla 6.3 en dónde se puede apreciar la diferencia en los porcentajes de las diferentes categorías. La categoría de Innovación, no obstante no se incluye en BREEAM GULF.

Tabla 6.3 Comparativa entre BREEAM Multi-Residencial y BREEAM GULF  
Fuente: Propia en base a (BREEAM CSH, 2010) y (BREEAM Bespoke, 2008)

Categorías	BREEAM Multi-Residencial 2008 v.2.1			BREEAM GULF 2008 v.1.0		
	Créditos	Porcentaje	Coef. corrector	Créditos	Porcentaje	Coef. corrector
MAN. Management	12	12.00%	1.00	12	8.00%	0.67
HEA. Salud y Bienestar	17	15.00%	0.88	15	15.00%	1.00
ENE. Energía	23	19.00%	0.83	29	14.00%	0.48
TRA. Transporte	9	8.00%	0.89	14	5.00%	0.36
WAT. Agua	8	6.00%	0.75	12	30.00%	2.50
MAT. Materiales	17	12.50%	0.74	12	9.00%	0.75
WST. Residuos	8	7.50%	0.94	9	5.00%	0.56
LE. Uso Suelo y Ecología	10	10.00%	1.00	9	7.00%	0.78
POL. Contaminación	12	10.00%	0.83	9	7.00%	0.78
IN. Innovación*	10	10.00%	1.00	-	-	-
<b>TOTAL Créditos</b>	<b>126</b>			<b>121</b>		

Tabla 6.4 Comparativa entre BREEAM CSH y BREEAM GULF  
Fuente: Propia en base a (BREEAM CSH, 2010)

Categorías	BREEAM CSH – Nov.2010			BREEAM GULF 2008 v.1.0		
	Créditos	Porcentaje	Coef. corrector	Créditos	Porcentaje	Coef. corrector
MAN. Management	9	10.00%	1.11	12	8.00%	0.67
HEA. Salud y Bienestar	12	14.00%	1.17	15	15.00%	1.00
ENE. Energía	31	36.40%	1.17	29	14.00%	0.48
TRA. Transporte	-	-	-	14	5.00%	0.36
WAT. Agua	6	9.00%	1.50	12	30.00%	2.50
MAT. Materiales	24	7.20%	0.30	12	9.00%	0.75
WST. Residuos	8	6.40%	0.80	9	5.00%	0.56
LE. Uso Suelo y Ecología	9	12.00%	1.33	9	7.00%	0.78
POL. Contaminación	4	2.80%	0.70	9	7.00%	0.78
SUR. Escorrentía agua	4	2.20%	0.55	-	-	-
<b>TOTAL Créditos</b>	<b>107</b>			<b>121</b>		

A través de las Tablas [xx] arriba indicadas, se resume de forma muy clara lo anterior mencionado y las grandes diferencias que existen entre la herramienta BREEAM Multi-residencial y BREEAM GULF que, aun poseyendo el mismo número de créditos repartidos de forma más o menos similar dentro de las diferentes categorías, el peso de los mismos no se valora de la misma forma.

El segundo grupo sujeto a estudio corresponde a las herramientas CASBEE, AQUA y QSAS. CASBEE por su parte, formada por sus dos grandes apartados de Q (calidad) y L (carga), está subdividida a su vez por tres categorías en cada apartado y en un total de 21 subelementos contenidos en el total de las 6 categorías. A partir de la Figura 6.5, se demuestra que cada criterio está valorado de forma más o menos importante pudiendo diferenciar 4 rangos: [0-2,5], [2,5-5], [5-7,5] y [7,5 – 11,25], entre los que destacan los criterios Q1-1 (Calefacción y Aire Acondicionado) y LR2-1 (Introducción de los materiales útiles para el ahorro de recursos y prevención de recursos).

En AQUA y tal como mencionamos anteriormente, la escala porcentual de los elementos que lo conforman son iguales, demostrando que es un sistema en el que existe una coherencia global de proyecto. Los elementos 1, 11 y 12 deberán estar calificados como Superior y Buenos respectivamente para la obtención final del certificado como vivienda sostenible.

En QSAS, el modelo de funcionamiento es similar al de CASBEE, dividido en un total de 8 categorías y 48 criterios o subelementos, y en dónde cada uno de ellos se valora de una forma más o menos importante pudiendo diferenciar 4 rangos: [0-2,5], [2,5-5,5], [5,5-10] y [10-20], entre los que destaca el criterio W.1 (Agua) con un peso total del 16% para un único criterio y CE.1 (Identidad de la cultura y el patrimonio), criterio que representa un 8,67% y que es el sello de distinción de las herramientas existentes en el Golfo.

CASBEE

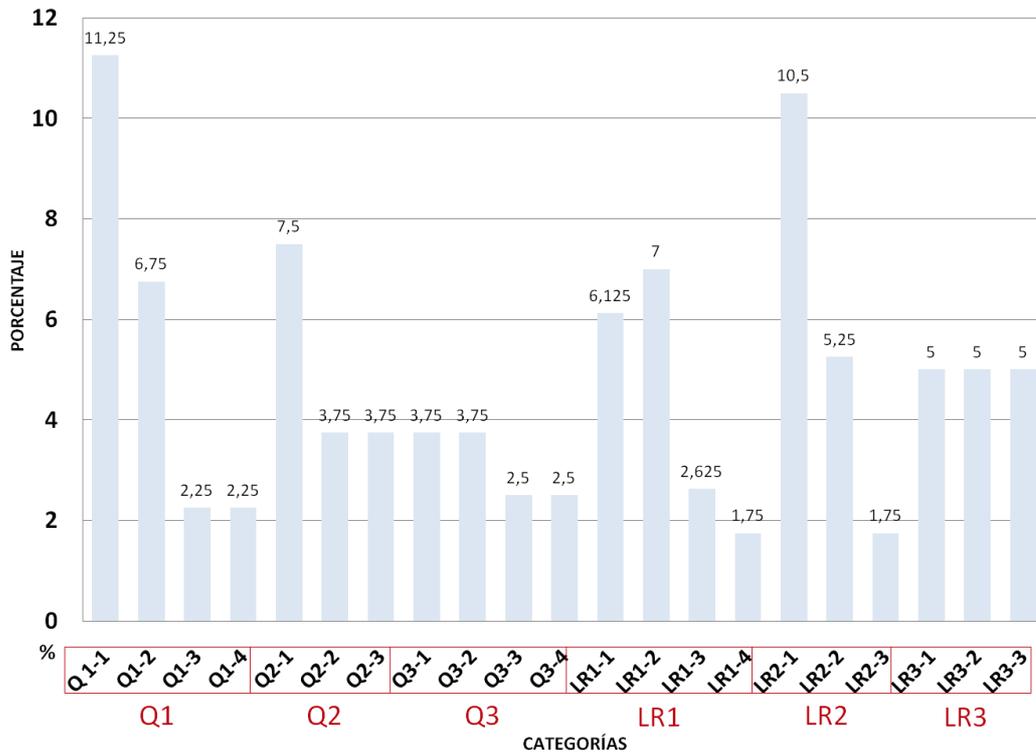
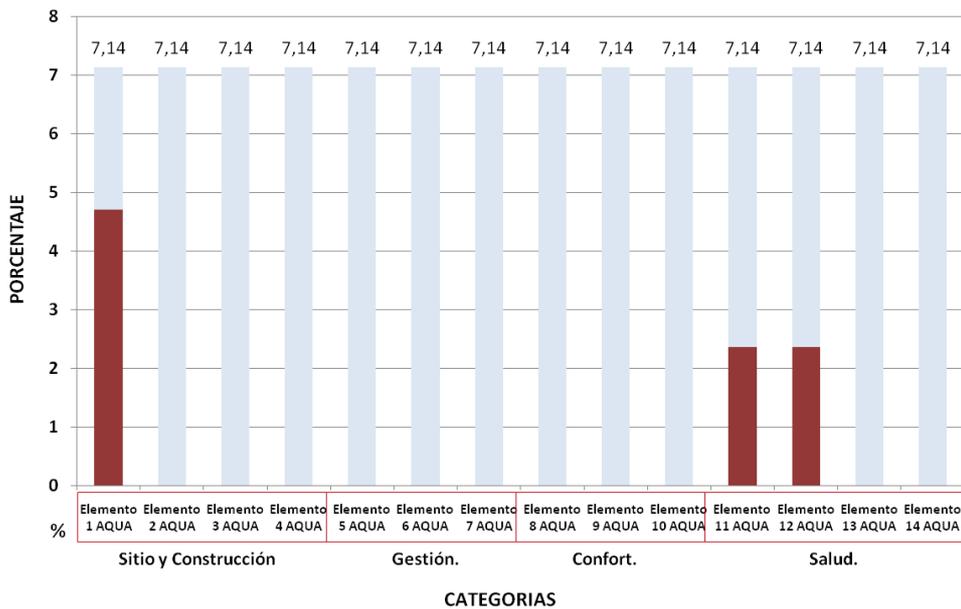


Figura 6.0.6 Porcentaje de categorías en las herramientas analizadas.  
Fuente: (Ramallo, 2011)

AQUA



Nota. El elemento 1 debe estar calificado en un nivel Superior.  
Los elementos 11 y 12 deben estar calificados en un nivel Bueno.

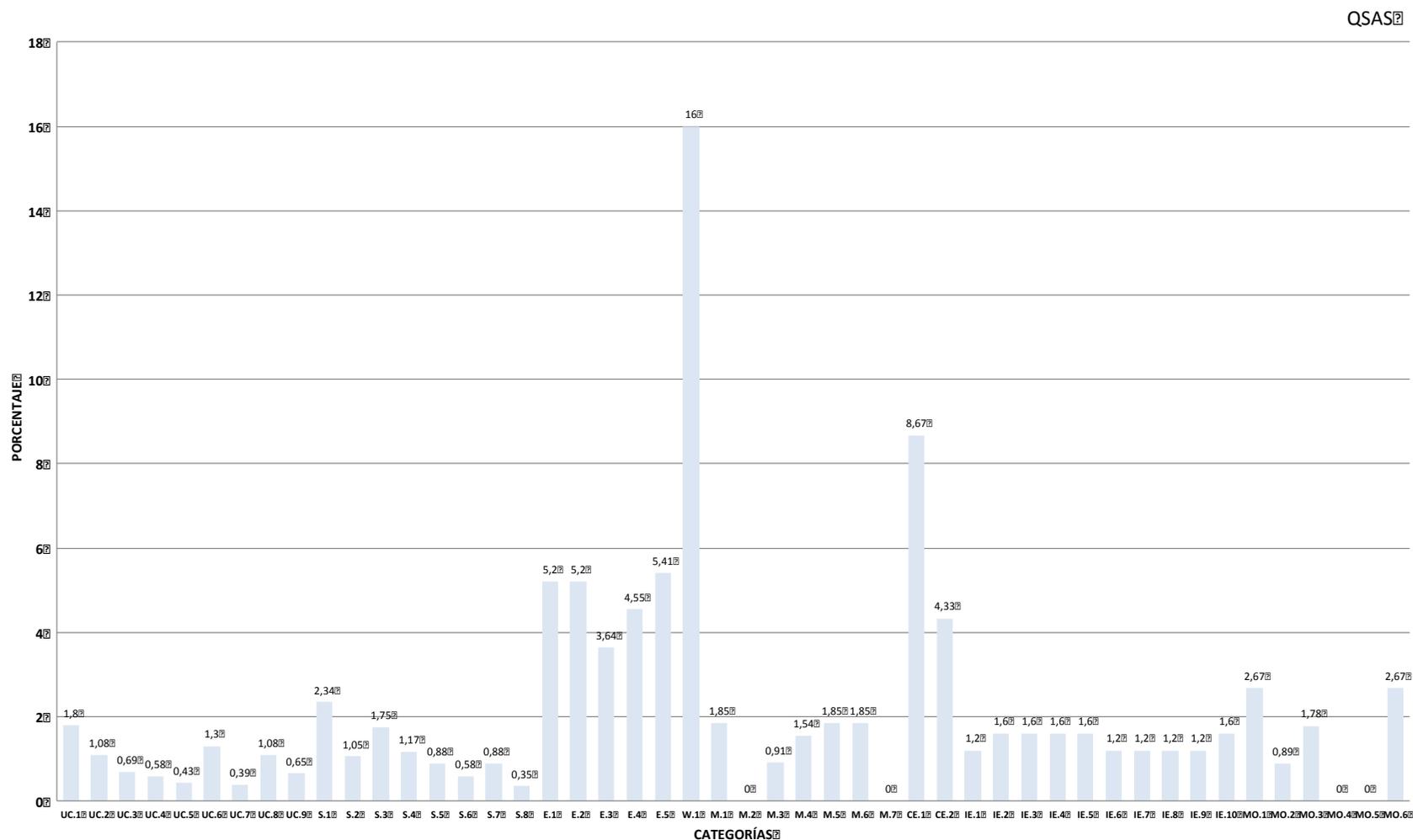


Figura 6.0.7 Porcentaje de categorías en las herramientas analizadas.  
 Fuente: Propia en base a (QASAS Presentation, 2010)



El tercer y último grupo sujeto a comparación corresponde a las herramientas ESTIDAMA y LEED, las cuales además de estar conformadas por categorías de contenidos muy similares ya descritos en puntos anteriores (a excepción de la categoría IDP de ESTIDAMA), sus coeficientes correctores se pueden considerar iguales para todos ellos, lo que denota la igual importancia que asume cada uno de ellos dentro del cómputo global de certificación.

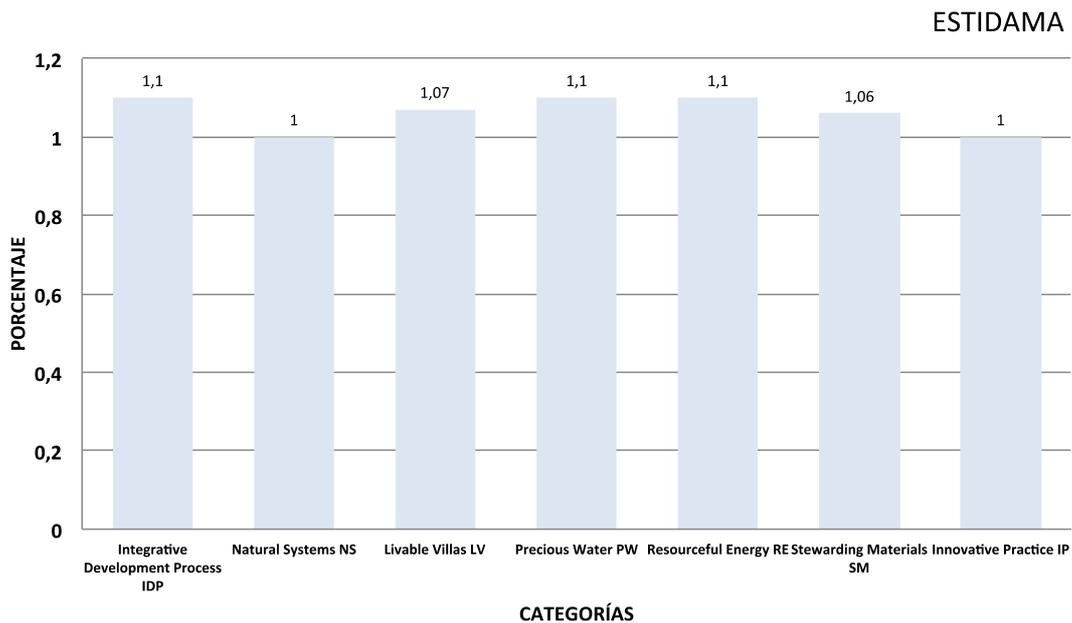
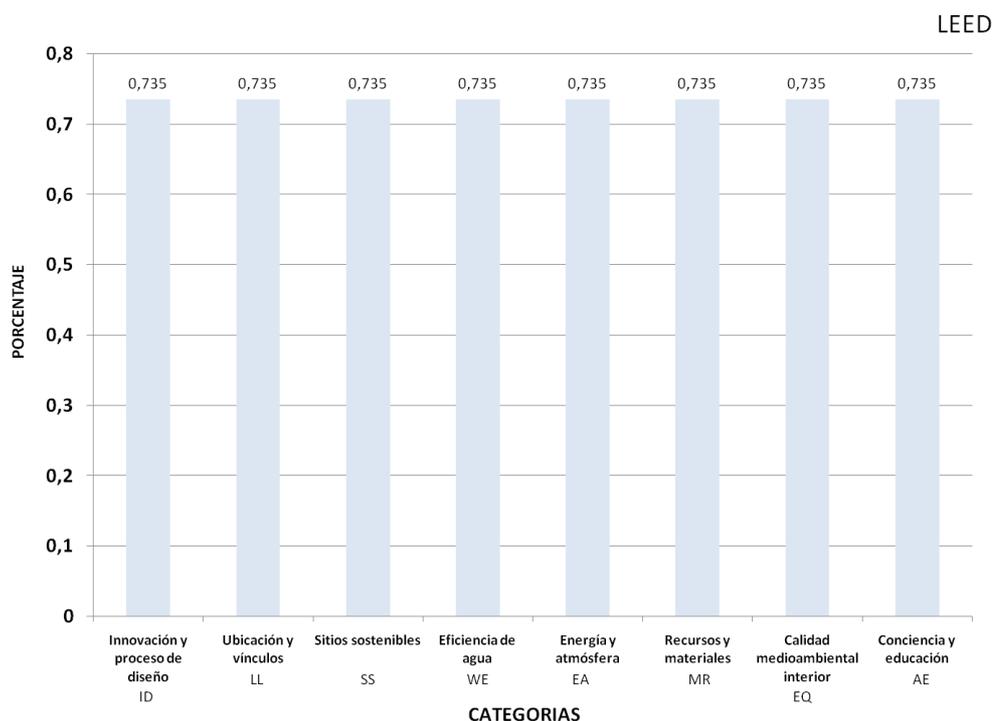


Figura 6.0.8 Porcentaje de categorías en las herramientas analizadas.  
Fuente: Propia en base a (Estidama PVRS, 2010) y (Homes L. , 2008)



En consonancia por lo ya distinguido por (Ramallo, 2011), hay que añadir que a pesar de las diferencias detectadas y reflejadas en las Figuras 6.4-6.5-6.6 y 6.7 anteriores, se han encontrado modos similares a la hora de llevar a la práctica la aplicación de las diferentes herramientas. QSAS y BREEAM GULF, al igual que BREEAM y CASBEE posee un método de evaluación muy analítico, determinando exactamente el valor porcentual de cada uno de los créditos que lo conforma y teniendo todas ellas un valor diferente.

Por su parte, ESTIDAMA realiza la relación de créditos entre los porcentajes que éstos representan a modo global para cada categoría, mostrando coeficientes correctores similares como en el caso de LEED. Por su parte, AQUA también presenta similitudes a los dos anteriores en cuanto a las categorías que lo conforman, pero diferenciándose que su equidad entre ellas es a nivel porcentual y no a nivel de coeficientes correctores.

### 6.3 MÉTODO PARA LA PROPOSICIÓN

Una vez realizado el análisis comparativo de los aspectos administrativos-funcionales y técnicos con el fin de conocer las principales diferencias y tendencias de las herramientas estudiadas en una primera fase, se considera oportuno desglosar los elementos que conforman las propias herramientas en las tres perspectivas sobre las que se apoya el proyecto ecológico: energía, entorno y ecología. (Edwards, 2009)

Con el fin de establecer un modelo inicial para la región del Golfo, el cual pueda aplicarse de forma sistemática, uniforme y regionalmente compatible, unos estándares base serán necesarios. Por esta razón, las siete herramientas se someterán a la comparación por medio del método Proceso Analítico Jerárquico (AHP) con el fin encontrar la mejor herramienta que se ajuste/adapte a las necesidades de la región. En la Figura 6.9 inferior se han listado los diferentes elementos que conforman cada una de ellas. La Figura 6.10 recoge los mismos elementos ya clasificados dentro de las 3 perspectivas del proyecto ecológico con su peso correspondiente.



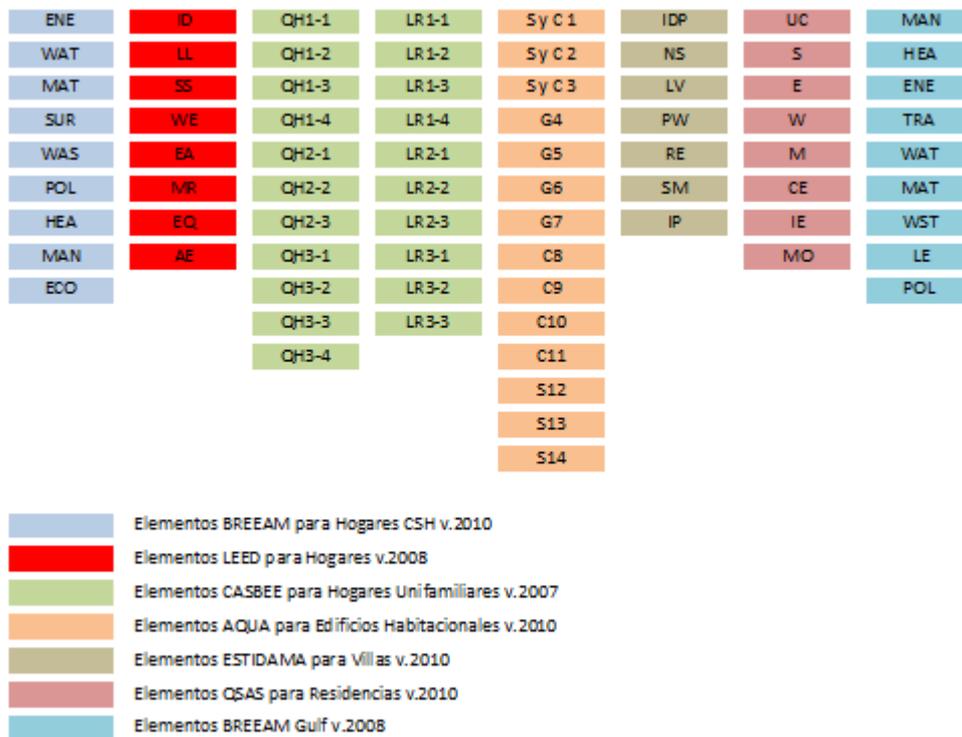


Figura 6.0.9 Porcentaje de categorías en las herramientas analizadas.  
Fuente: Propia ampliada en base a (Ramallo, 2011)

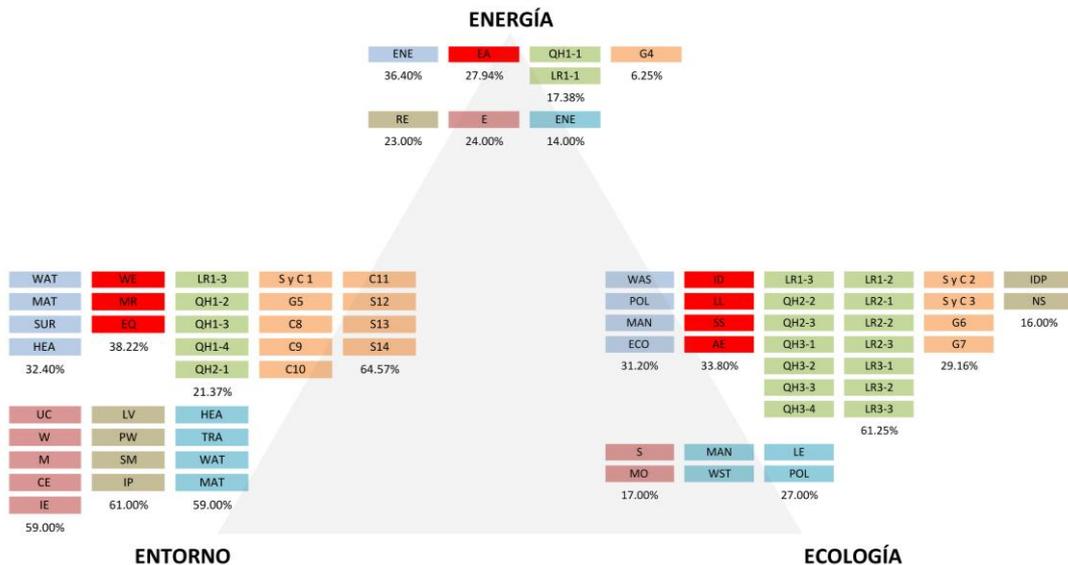


Figura 6.0.10 Porcentaje de categorías en las herramientas analizadas.  
Fuente: Propia ampliada en base a (Ramallo, 2011)

Si bien las tres perspectivas deberían demostrar una igualdad en cuanto a su peso, estableciendo formalmente la necesidad de abordar de forma conjunta los problemas relacionados con la energía, el medio ambiente y la ecología (Edwards, 2009), se observa a partir de la Figura 6.10 anterior que sólo BREEAM-CSH y LEED consiguen lograrlo. CASBEE por su parte y a pesar de que su filosofía esté basada en el desarrollo de una vivienda equilibrada tanto en aspectos interiores como exteriores, demuestra una tendencia más acentuada a aspectos ecológicos como la creación de ecosistemas más ricos, a la utilización de recursos con moderación y reducción de residuos y a una consideración del medio ambiente tanto local como global. AQUA, por el contrario, y a pesar de estar compuesto de elementos todos ellos ponderados con igual peso, demuestra una mayor tendencia a la perspectiva del Entorno incluyendo en esta dimensión aspectos tales como salud y confort del ocupante de la vivienda, aspecto muy débil para la región de América del Sur. (Ramallo, 2011)

ESTIDAMA y QSAS, ambas herramientas creadas especialmente y puestas en la práctica en Abu Dhabi (Emiratos Árabes) y Qatar, presentan unas tendencias idénticas en cuanto al desglose de sus respectivos elementos en los tres polos del proyecto ecológico, y ambos marcando una especial tendencia hacia el aspecto del Entorno, con resultados muy similares a los que refleja CASBEE y considerando aspectos tales como la gestión y uso de los recursos hídricos, la salud y el confort.

Por último, BREEAM GULF, a diferencia de su predecesor BREEAM no está equilibrado, pues sus elementos se decantan de una forma muy pronunciada hacia la perspectiva del Entorno con un porcentaje final igual al reflejado por QSAS, pero en dónde la categoría WAT (agua) representa el 30% de su 59% total (la mitad del peso).

Basado en lo anterior, y para la posible futura aplicación del modelo inicial para los países de la región del Golfo, será necesaria la consecución de unos estándares o guías de referencia mínimos para la aplicación de la herramienta de forma sistemática e uniforme. Dicha necesidad se hace más evidente en la región sujeta a estudio, en dónde la economía y las organizaciones nacionales están creciendo e inversiones extranjeras se están llevando a cabo en el crecimiento de las actividades constructivas, especialmente en los países en vías de desarrollo (Qatar, Omán, etc).



En línea por lo ya expuesto anteriormente y basándonos en las tres perspectivas del proyecto ecológico sostenible, la región del Golfo presenta de forma esquemática la siguiente relación:

En la primera “E” de Energía, ya se ha comentado que si bien es cierto que la demanda de electricidad ha ido en aumento durante los últimos años a nivel mundial, la demanda en los países del Golfo se ha triplicado en comparación con la media durante los últimos años, debido principalmente al rápido crecimiento económico de la región, acompañado de grandes proyectos de desarrollo en el sector turístico, doméstico e infraestructuras.

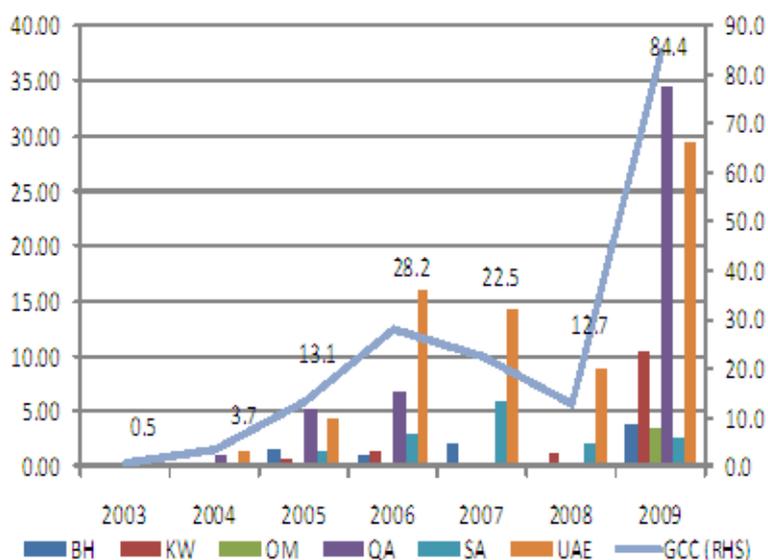


Figura 6.0.11 Consumo energía en los países del Golfo Pérsico.  
Fuente: (Carboun, 2012)

En la segunda “E” relacionada con el Entorno, se ha expuesto que los recursos hídricos son muy escasos, siendo la situación en la región realmente crítica. De forma similar a lo que sucede en la demanda de energía, un aumento de la población y la riqueza representará unos estándares de vida más exigentes, disparando el consumo de agua de forma exponencial para los próximos años. Se espera que durante la próxima década los países de esta región sean los que posean el consumo de agua per cápita más alto del mundo. En cuanto a otro de los aspectos más importantes en esta dimensión como es el confort y la salud de los ocupantes de la vivienda, la no existencia de guías de referencia, estándares, y códigos edificatorios en la región o en los propios países, dificulta en gran medida a su desarrollo e implantación. No obstante, y como se ha comentado en sus capítulos correspondientes, las herramientas ESTIDAMA y QSAS están incorporando parte de sus criterios como

parte de la normativa obligatoria y estándares mínimo a cumplimentar en nueva construcción.

Por último, la tercera y última perspectiva de las tres “Es” es la referente a la Ecología, en dónde se incluyen elementos como la contaminación, el reciclaje y la gestión, operación y mantenimiento del edificio. Al igual que sucede para el Entorno, la falta de políticas, sumadas a las barreras administrativas y legales ya descritas en apartados anteriores, que incentiven y estimulen la consecución y concienciación por parte de la población en materia de sostenibilidad, y sumado a la problemática en los países en vías de desarrollo a la masificación de la población en las grandes ciudades a través de un crecimiento desordenado y una planificación urbanística caótica, conlleven a una explotación de recursos e ineficiencia global del sistema.

### 6.3.1 Introducción al modelo MCE (Multi-criteria Evaluation)

El sistema de evaluación multi-criterio (MCE) se está utilizando cada vez más en la evaluación de opciones de manejo de recursos naturales que implican las interacciones y los resultados ecológicos, económicos y sociales complejos.

Para el caso de modelos de toma de decisiones en proyectos de gestión ambiental, las personas que toman finalmente la decisión reciben a menudo cuatro tipos generalizados de input técnicos: los resultados del modelado y control de estudios, evaluación de riesgos, costo o análisis costo-beneficio y preferencias de los stakeholders o partes interesadas. Sin embargo, los actuales procesos de decisión normalmente ofrecen poca orientación sobre cómo integrar o juzgar la importancia relativa de la información de cada fuente. También, la información viene en diferentes formas. Mientras que el modelado y seguimiento de resultados generalmente se presentan como estimaciones cuantitativas, la evaluación de riesgos y el análisis costo-beneficio, pueden incorporar un mayor grado de juicio cualitativo por el equipo del proyecto. (Kiker, 2005)

En la Figura 6.12 inferior se muestra el modelo de toma de decisiones que se realiza en la actualidad y el modelo tal y como se debería realizar.

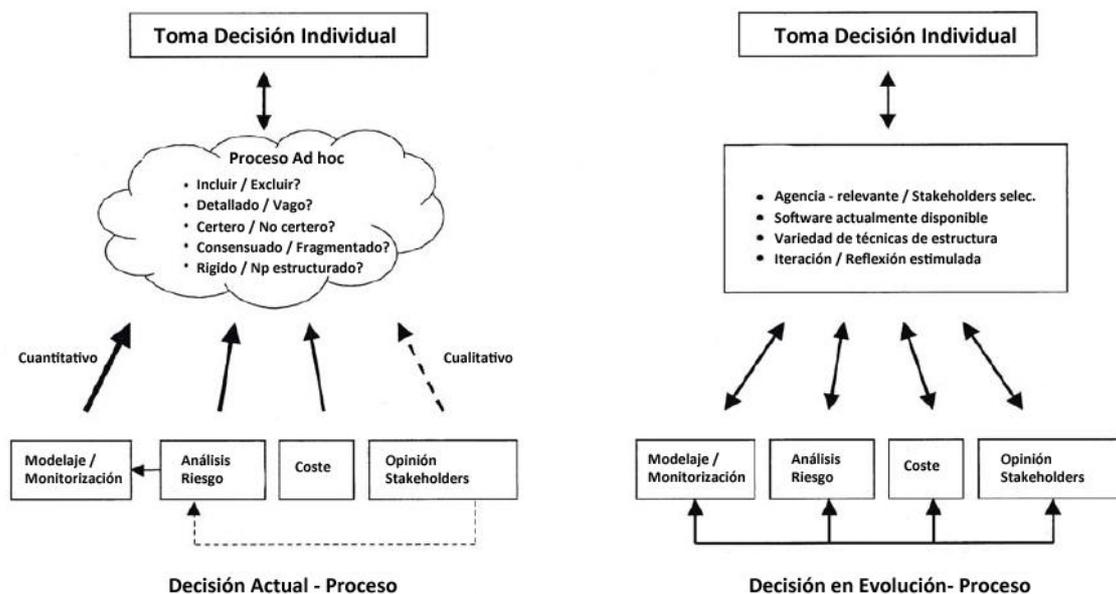


Figura 6.12 Modelo de toma de decisiones actual y en desarrollo. Fuente: (Kiker, 2005)

No obstante, uno de los principales problemas que se presenta a la hora de realizar la evaluación multi-criterio se encuentra en la selección de los stakeholders o partes interesadas involucradas en el análisis. Recordemos que un stakeholder es aquella persona o grupo que puede afectar o está afectado por los resultados de la decisión.

En los últimos años se ha dado mayor atención a la incorporación de la participación pública en la formulación de políticas públicas, en particular en las políticas de recursos naturales.

En el caso que nos ocupa, el input recibido por parte de los stakeholders es inexistente, pues no se han realizado encuestas sobre qué categorías deberían tomarse como más significativas y con qué pesos deberían ponderarse. La elección de las mismas y su ponderación se ha basado pues, en el estudio comparativo de las diferentes herramientas de certificación implantadas en la región y en las necesidades en materia de sostenibilidad y desafíos a corto plazo que se deben afrontar.

A menudo el sistema MCE no conduce la difícil tarea de cómo analizar o agregar varios pesos y la mayoría de los métodos proporcionan algún tipo de promedio sobre los diversos pesos y por lo tanto, se pierde información importante relativa a la medida de prioridades diferentes en el proceso. Aunque la técnica facilita un método riguroso y objetivo de incorporar la participación pública en un proceso de toma de decisiones,

algunas partes de este proceso requieren habilidades que no son abordadas en la literatura MCE. Por ejemplo, en la realización de la primera parte de un análisis para obtener criterios, indicadores y preferencias, puede gastarse una gran cantidad de tiempo en interacción con grupos individualmente o como parte de las reuniones regulares. El Proceso Analítico Jerárquico (AHP – Analytic Hierarchy Process) es el único método que aborda el problema de la realización de la toma de decisiones de grupo interactivo. Es por tanto, el sistema de análisis multicriterio escogido para el estudio de este trabajo (Proctor, 2010)

#### 6.3.1.1 Proceso Analítico Jerárquico (AHP – PAJ)

El AHP o Proceso Analítico Jerárquico (PAJ) es una técnica matemática estructurada para tratar decisiones complejas, desarrollada por Thomas Saaty en el año 1980. El PAJ considera ambos aspectos cualitativos y cuantitativos en el proceso de decisión, y puede reducir decisiones complejas en una serie de comparaciones uno-a-uno bajo la identificación y ponderación de los criterios de selección, análisis de los datos recogidos y agilizar el proceso de toma de decisiones.

La metodología del Proceso Analítico Jerárquico se basa en los principios de la descomposición, juicios comparativos y síntesis de prioridades. La descomposición estructura el problema en función de sus componentes principales: enfoque, conjunto de criterios para la evaluación y las alternativas de decisión. Los juicios comparativos son necesarios para la comparación entre pares de criterios e inversiones

El PAJ implica realizar los siguientes pasos:

- Paso 1: realización del modelo.
- Paso 2: Comparación entre pares de categorías y criterios.
- Paso 3: Comparación entre pares de alternativas.
- Paso 4: Ranking de alternativas.

El primer paso en el Proceso Analítico Jerárquico es modelar el problema como una jerarquía. De este modo, los participantes pueden explorar los aspectos del problema en niveles que pueden ir desde el general hasta el detallado, luego expresarlos en la forma multinivel que el PAJ requiere. A medida que traban para construir una jerarquía, los participantes aumentan su entendimiento del problema, su contexto, y los pensamientos y sentimientos que el uno tiene del otro sobre el problema.



Una jerarquía del PAJ es una forma estructurada de modelar el problema en cuestión. Está conformada por un objetivo general, un grupo de opciones o alternativas para alcanzar el objetivo, y un grupo de factores o criterios que relacionan las alternativas al objetivo. Los sub-criterios pueden ser subdivididos en sub-subcriterios, así sucesivamente, en tantos niveles como el problema requiera. En nuestro caso, el Objetivo o Goal final es la obtención de un modelo inicial para los países de la región del Golfo Pérsico.

Las jerarquías pueden ser visualizadas en un diagrama como el que se muestra en la Figura 6.12 inferior, con el objetivo en el nivel superior, las alternativas en el nivel inferior, y los criterios en la mitad.

El desarrollo de edificios sostenibles debería basarse como ya hemos dicho a lo largo del trabajo en las tres dimensiones principales del desarrollo sostenible: medioambiental, social y económico. El modelo preliminar que se pretende diseñar necesariamente considerará estas tres dimensiones. La elección del lugar, energía, agua, recursos, materiales, cargas medioambientales, transporte, emisiones, residuos y otros pueden definirse como aspectos medioambientales. Aspectos tales como confort, salud, calidad ambiental interior, acceso a instalaciones, participación, control, educación y seguridad pueden incluirse dentro de la dimensión social. Por último, aspectos tales como economía, eficiencia de uso, costes de capital, costes de operación y mantenimiento, durabilidad y adaptabilidad podrían estar incluidos en la dimensión económica.

Aplicando estas definiciones al diagrama representado en la Figura 6.13, los cuatro criterios son hijos del objetivo, y el objetivo es el padre de cada uno de los cuatro criterios. Cada alternativa es un hijo de los cuatro criterios que las cubren. Hay dos grupos de comparación: un grupo de cuatro criterios y un grupo de tres alternativas.

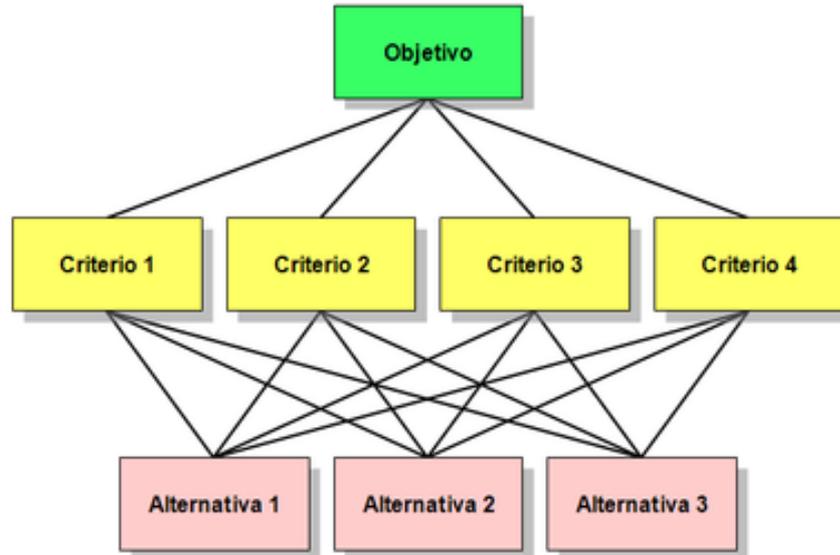


Figura 6.13 Diagrama del Proceso Analítico Jerárquico  
Fuente: (Wikipedia, 2012)

Para el caso que nos ocupa, el PAJ puede realizarse de dos formas distintas. Nuestro objetivo o goal será el mismo para ambos casos: obtención de un modelo preliminar para la aplicación en la región de los países del Golfo Pérsico. En lo que se refiere a criterios y alternativas, distinguimos:

Caso AHP 1. Los criterios para este caso serían las tres “E” sobre las que se basa el diseño sostenible representadas en la Figura 6.13: ecología, energía y entorno, siendo las alternativas las siete herramientas de certificación analizadas a lo largo del trabajo: LEED Hogares, BREEAM CSH, CASBEE Viviendas Unifamiliares, AQUA Viviendas, ESTIDAMA Villas, QSAS Residencial y BREEAM Gulf.

Una vez realizado el estudio de la situación del Sultanato de Omán, situación que podría generalizarse a prácticamente a la mayoría de los países de la región del Golfo, se procede a realizar el modelo que servirá para comparar los diferentes criterios (energía, entorno y ecología) entre pares de alternativas, en este caso las siete herramientas estudiadas a lo largo del estudio de investigación.

En una primera simulación, se considera que la ponderación de cada criterio es la misma para los tres casos (33,3%) tal y como se muestra en la Figura 6.14 inferior.



Figura 6.14 Prioridades de la evaluación con respecto al objetivo – ponderación de criterios  
Fuente: Elaboración propia en base a Expert Choice v.11

Una vez ponderados los criterios, se procede a realizar la comparación entre pares de alternativas, en base a lo ya expuesto en la Figura 6.13. La Figura 6.15 muestra a modo de ejemplo los resultados obtenidos para la comparación entre pares de alternativas para el criterio “Energía”.

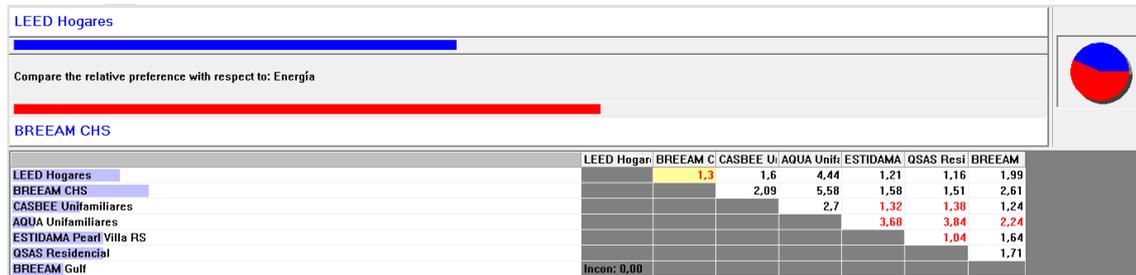


Figura 6.15 Matriz de comparación de pares de alternativa para el criterio de “Energía”  
Fuente: Elaboración propia en base a Expert Choice v.11

Una vez completado el mismo proceso comparativo entre pares de alternativas para el resto de criterios de Entorno y Ecología, obtenemos la siguiente gráfica de sensibilidad dinámica. [Figura 6.16]

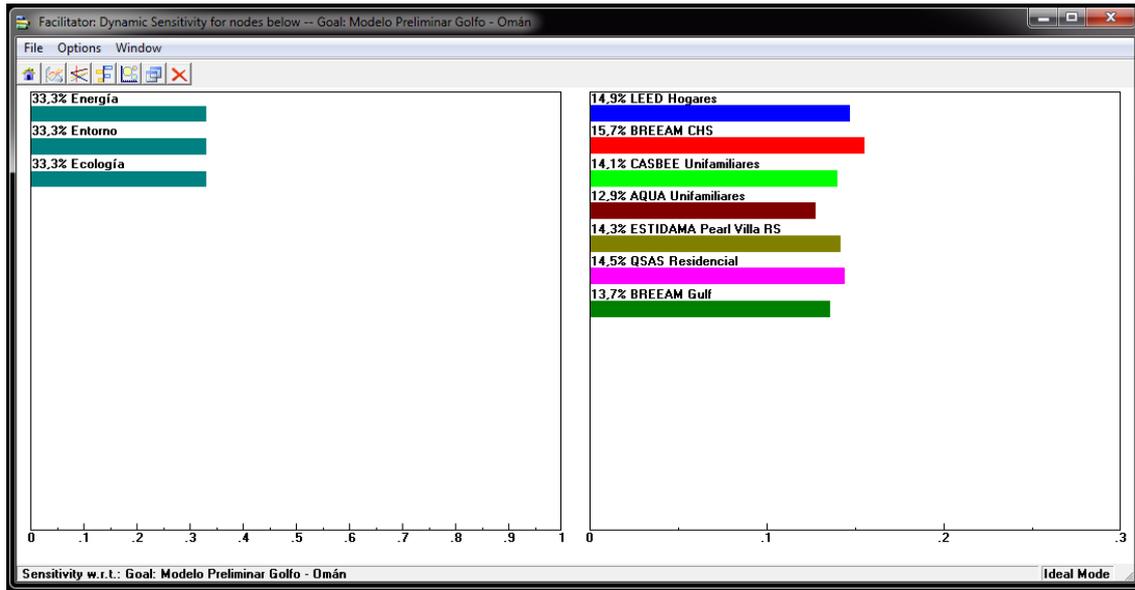


Figura 6.16 Gráfica de sensibilidad dinámica de la simulación 1 – Expert Choice  
Fuente: Elaboración propia en base a Expert Choice v.11

Considerando que los tres criterios están ponderados de igual forma, los resultados finales indican que la herramienta BREEAM CHS posee los mejores resultados con un 15,7% seguidos de LEED, QSAS, ESTIDAMA, CASBEE, BREEAM Gulf y AQUA. En la Figura 6.17 inferior se puede observar en qué criterios destaca cada una de las alternativas y el ranking final (lado derecho de la figura).

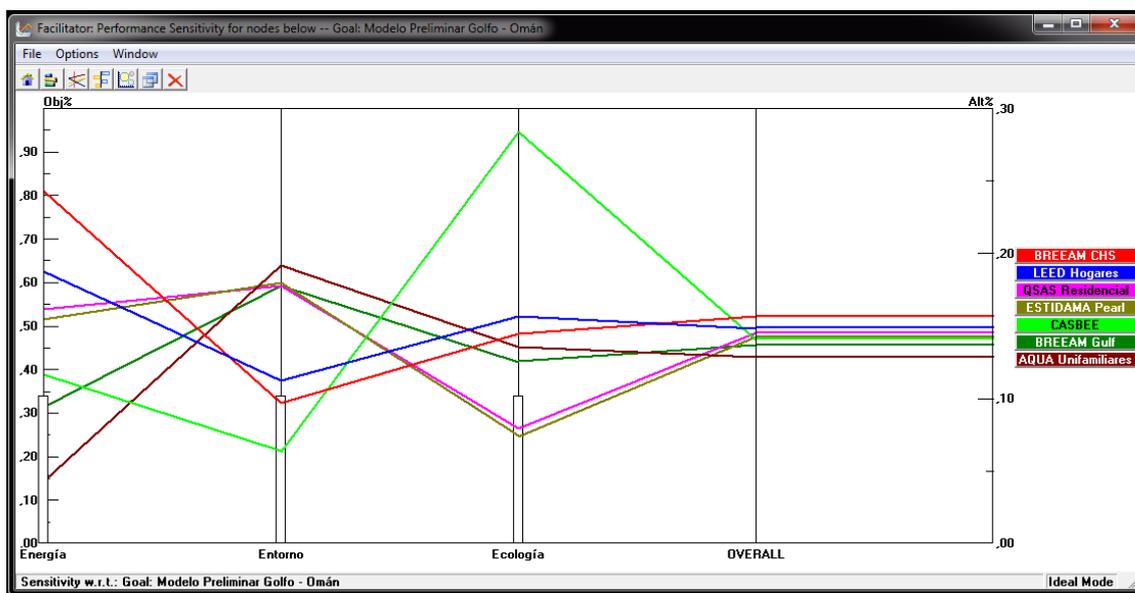


Figura 6.17 Performance Sensitivity Simulación 1. Fuente: Elaboración propia

Si bien los resultados anteriores indican que BREEAM CSH es la herramienta idónea considerando la ponderación equitativa de los criterios, fundamentalmente dado a la igual proporcionalidad de sus categorías repartidos entre los tres criterios antes citadas (36,4:32,4:31,2%), la ponderación de los mismos puede verse alterada en función de las necesidades o exigencias mejor adaptadas a la región sujeta a estudio. Es lo que conocemos como el análisis de sensibilidad del proceso analítico jerárquico.

El análisis de sensibilidad examina el grado de variación en el rendimiento previsto cuando los parámetros son variados sistemáticamente en algún rango de interés, ya sea individualmente o en combinación.

El análisis de sensibilidad se lleva a cabo por varias razones. El primer lugar, es debido a la naturaleza del proceso MCE, que inherentemente contiene distintos niveles de incertidumbre debido a la elección de diversos parámetros de forma cualitativa y subjetiva. La segunda y principal razón de llevar a cabo un análisis de sensibilidad es que el mismo permite que tanto los datos como el modelo diseñado puedan ser explorados en mayor detalle, lo que pueda aportar mejoras para futuros modelos. Por último, un análisis de sensibilidad puede llegar a ser muy útil en situaciones en dónde la persona responsable de tomar la decisión final pueda no estar totalmente segura en la ponderación de uno o más criterios y el grado de afectación de éstos en los resultados finales. (Proctor, 2010)

En la segunda simulación realizada, y considerando el estudio de la situación actual que sufre la región del Golfo, se ha considerado proveer de un mayor peso a los criterios de Energía y Entorno, entre las que se incluyen categorías tales como Agua, Energía, Gestión de Residuos, Contaminación y Calidad de ambiente interior.

La nueva ponderación se ha hecho de forma tentativa, puesto que no se dispone de información empírica (resultados de encuestas entre las prioridades que podrían haber surgido entre los agentes del sector o stakeholders), pero sí en base a estudios académicos y situación actual del desarrollo sostenible y políticas medioambientales que existan en la región. En base a lo anterior, la categoría de Entorno se pondera sobre un total del 38%, seguido de Energía con un 35% y Ecología con un 27%.

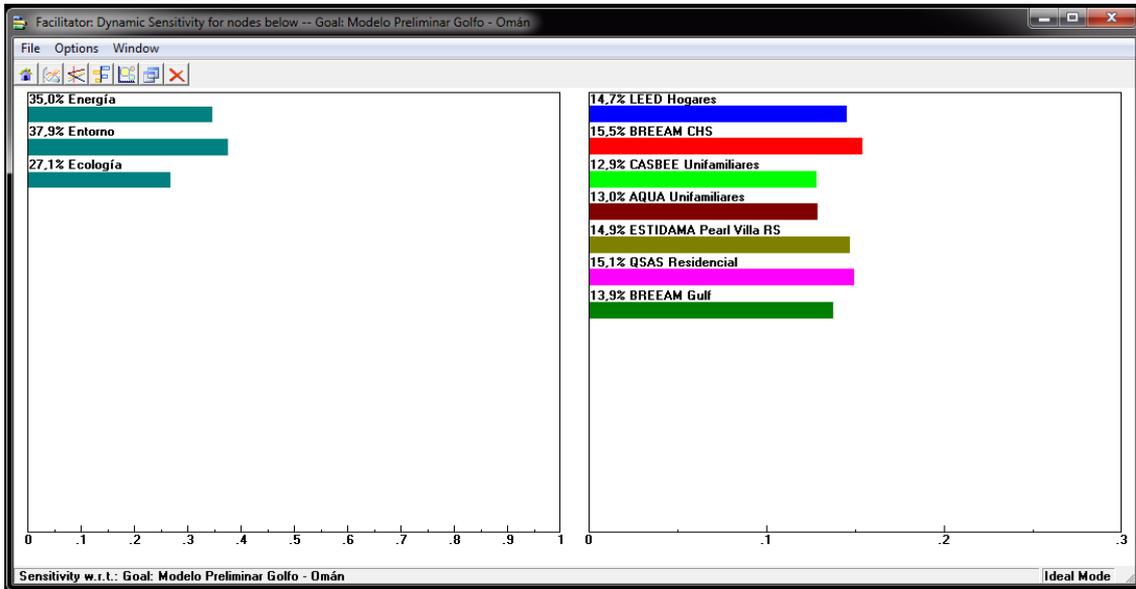


Figura 6.18 Gráfica de sensibilidad dinámica de la simulación 2 – Expert Choice  
Fuente: Elaboración propia en base a Expert Choice v.11

Considerando estas nuevas ponderaciones reflejadas en la Figura 6.18 anterior, los resultados siguen indicando que la herramienta BREEAM CSH sigue siendo la más idónea representando un 15,5%. No obstante, QSAS y ESTIDAMA se postulan en segundo y tercer lugar con un 15,1 y 14,9% respectivamente, seguidos de LEED, BREEAM Gulf y AQUA.

Los resultados comparativos entre ambas simulaciones se reflejan en la Tabla 6.5 inferior.

Tabla 6.5 Comparación resultados entre simulación 1 y 2 – Expert Choice  
Fuente: Elaboración propia en base a Expert Choice v.11

Simulación 1	Simulación 2
<p><b>33,3% Energía</b></p> <p><b>33,3% Entorno</b></p> <p><b>33,3% Ecología</b></p>	<p><b>35,0% Energía</b></p> <p><b>37,9% Entorno</b></p> <p><b>27,1% Ecología</b></p>
<p><b>15,7% BREEAM CHS</b></p> <p><b>14,9% LEED Hogares</b></p> <p><b>14,5% QSAS Residencial</b></p> <p><b>14,3% ESTIDAMA Pearl Villa RS</b></p> <p><b>14,1% CASBEE Unifamiliares</b></p> <p><b>13,7% BREEAM Gulf</b></p> <p><b>12,9% AQUA Unifamiliares</b></p>	<p><b>15,5% BREEAM CHS</b></p> <p><b>15,1% QSAS Residencial</b></p> <p><b>14,9% ESTIDAMA Pearl Villa RS</b></p> <p><b>14,7% LEED Hogares</b></p> <p><b>13,9% BREEAM Gulf</b></p> <p><b>13,0% AQUA Unifamiliares</b></p> <p><b>12,9% CASBEE Unifamiliares</b></p>

De la Tabla 6.5 superior se observa que son las herramientas QSAS Residencial y ESTIDAMA Pearl Villa RS las que han sufrido una mayor alteración desde el primer escenario de la simulación 1 a la última simulación 2 hacia la alza, reflejando claramente como éstas están más decantadas hacia los nuevos criterios con mayor ponderación. Por su parte, CASBEE refleja una alteración hacia la baja y pasa a ocupar el último lugar.

El análisis de sensibilidad realizado en la simulación 2 pone de manifiesto cómo la alteración de los criterios en base a las necesidades de la región pueden afectar en el proceso de decisión final.

Una alteración hacia la alta en ambos criterios de Energía y Entorno, o un decrecimiento en la categoría de Ecología, producirá que ambas herramientas ESTIDAMA y QSAS lleguen a superar a BREEAM CSH como herramienta más

idónea. No obstante, se considera que BREEAM es el sistema más idóneo, pues sus categorías y elementos están distribuidos de forma equitativa dentro de las tres “E” como se ha mencionado anteriormente.

Con el fin de realizar un estudio comparativo más detallado, es preciso definir unos nuevos criterios, basándonos en el análisis de las características principales de las diferentes herramientas de certificación analizadas en sus diferentes países y en base al contexto en el cual se encuentra el país sujeto a estudio.

El primer paso para resolver un problema utilizando el método AHP en condiciones de incertidumbre es definir varios escenarios, cada uno representando las características de un posible conjunto de futuros eventos que afectarán el ambiente de toma de decisiones bajo consideración. Una vez definidos los escenarios, uno debe estimar la probabilidad de ocurrencia futura para cada escenario específico.

Por otro lado, el proceso AHP requiere que las personas responsables de la decisión final realicen comparaciones entre todos los pares de criterios y alternativas de decisión utilizando una escala de proporción. Las comparaciones variarán en exactitud, debido a que son dependientes tanto en la cantidad de información disponible para la los que toman la decisión final como en el grado de comprensión del problema sujeto a análisis. Es por ello que se recomienda incorporar al menos algún nivel de incertidumbre con todas o algunas de las comparaciones. La validez de una alternativa de decisión dependerá de cuán bien la alternativa se llevará a cabo en algún momento en el futuro. Por este motivo, resulta útil para los tomadores de decisión incorporar la incertidumbre en el modelo AHP al considerar las características futuras del entorno de toma de decisiones. (R. Levary, 1998)

Considerando que tanto el grado de información disponible para seleccionar los nuevos criterios sobre los que se basará el nuevo modelo AHP, está basado en el estudio comparativo de las diferentes herramientas de certificación analizadas y en el estudio de la situación actual en materia de sostenibilidad de la región (lo cual ha facilitado hasta cierto grado la comprensión del problema que sufre la región de los países del Golfo Pérsico), las siete categorías principales finalmente seleccionadas sobre las que se realizará el ejercicio serán: Lugar, Energía, Agua, Materiales, Calidad ambiente interior, Residuos y contaminación y Costes-Economía.



De forma similar que lo realizado para las tres categorías de Energía, Entorno y Ecología, en dónde se habían distribuido las diferentes categorías de las herramientas analizadas, lo mismo se ha realizado para las nuevas 7 categorías, por lo que la nueva distribución queda representada según la Figura 6.19 inferior.

Para una primera simulación en base a los nuevos criterios, se considera que la ponderación de cada uno de ellos es la misma (14,3%) tal y como se muestra en la Figura 6.18 inferior.

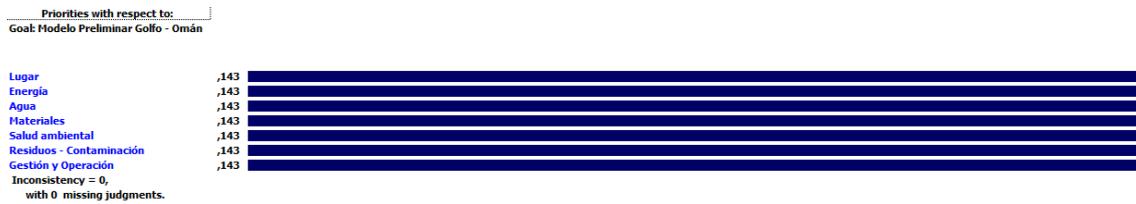


Figura 6.19 Prioridades de la evaluación con respecto al objetivo – ponderación de criterios  
Fuente: Elaboración propia en base a Expert Choice v.11

Una vez ponderados los criterios, se procede a realizar la comparación entre pares de alternativas, en base a lo ya expuesto en la Figura 6.19. La Figura 6.20 muestra a modo de ejemplo los resultados obtenidos para la comparación entre pares de alternativas para el criterio “Agua”.

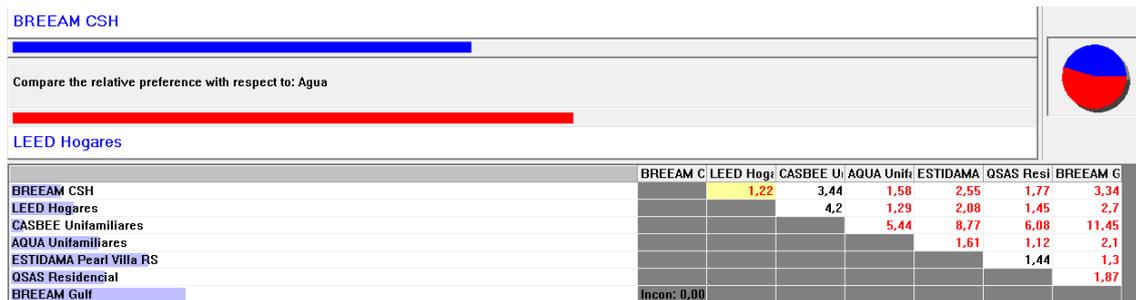


Figura 6.20 Matriz de comparación de pares de alternativa para el criterio de “Agua”  
Fuente: Elaboración propia en base a Expert Choice v.11

Una vez completado el mismo proceso comparativo entre pares de alternativas para los 6 criterios restantes, obtenemos la siguiente gráfica de sensibilidad dinámica. [Figura 6.21]

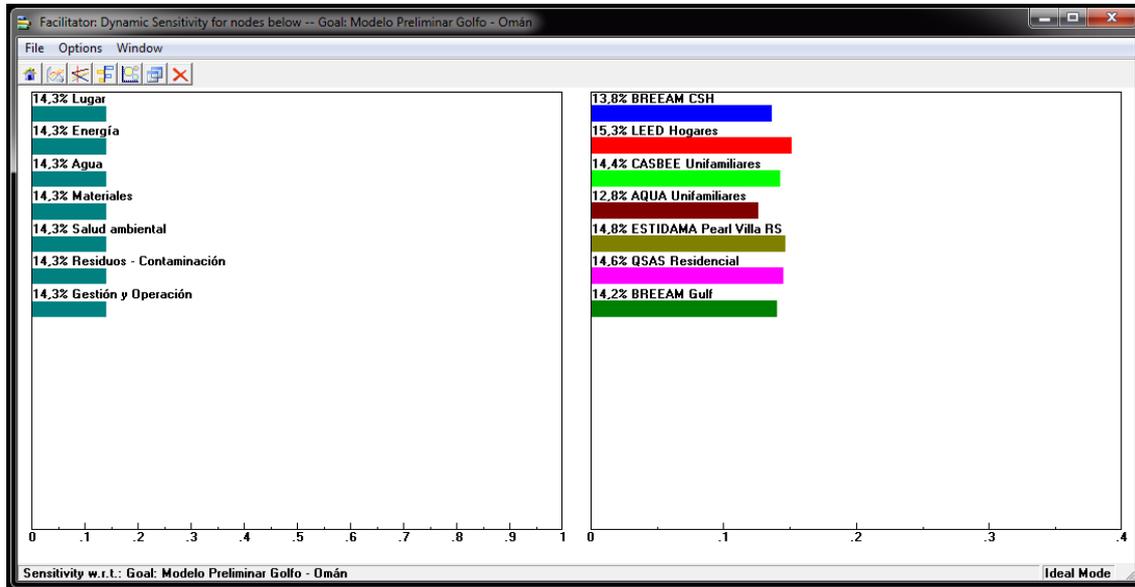


Figura 6.21 Gráfica de sensibilidad dinámica de la simulación 1 – Expert Choice  
Fuente: Elaboración propia en base a Expert Choice v.11

Considerando que todos los criterios están ponderados de igual forma, los resultados finales indican que la herramienta LEED Hogares posee los mejores resultados con un 15,3% seguidos de ESTIDAMA, QSAS, CASBEE, BREEAM Gulf, BREEAM CSH y AQUA. En la Figura 6.22 inferior se puede observar en qué criterios destaca cada una de las alternativas y el ranking final (lado derecho de la figura).

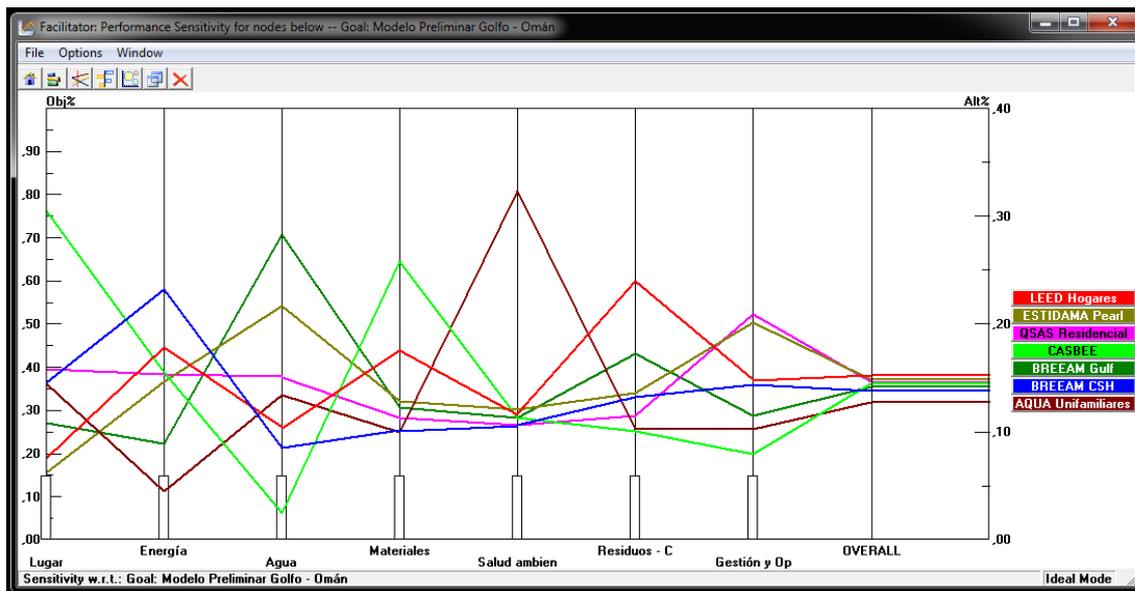


Figura 6.22 Performance Sensitivity Simulación 1  
Fuente: Elaboración propia en base a Expert Choice v.11

Si bien los resultados finales entre las diferentes alternativas muestran un comportamiento muy ajustado, LEED Hogares es la herramienta mejor posicionada al mostrar un balance entre las diferentes categorías muy homogéneo, destacando principalmente en las categorías de Energía, Materiales y Residuos/Contaminación.

Tal y como sucedía para el caso de la primera simulación, la ponderación de los mismos puede verse alterada en función de las necesidades o exigencias mejor adaptadas a la región sujeta a estudio, por lo que en una segunda simulación se analizará como la sensibilidad en la ponderación de las diferentes categorías afecta a la decisión final.

Considerando que las necesidades más relevantes para la región del Golfo se centra principalmente en aspectos tales como la gestión del agua, la energía y la calidad ambiental en el interior de las viviendas a través de un diseño pasivo (Mahoney, 2010) y Tabla 4.3, se ha considerado ponderar a éstas categorías con un mayor porcentaje que el resto, por lo que el análisis de sensibilidad y los resultados obtenidos se representan en las Figuras 6.23 y 6.24 inferiores.

En base a lo anterior, la categoría de Energía y Agua se ponderan sobre un total del 22,5%, seguido de Salud ambiental con un 15% y las restantes con un 10%.

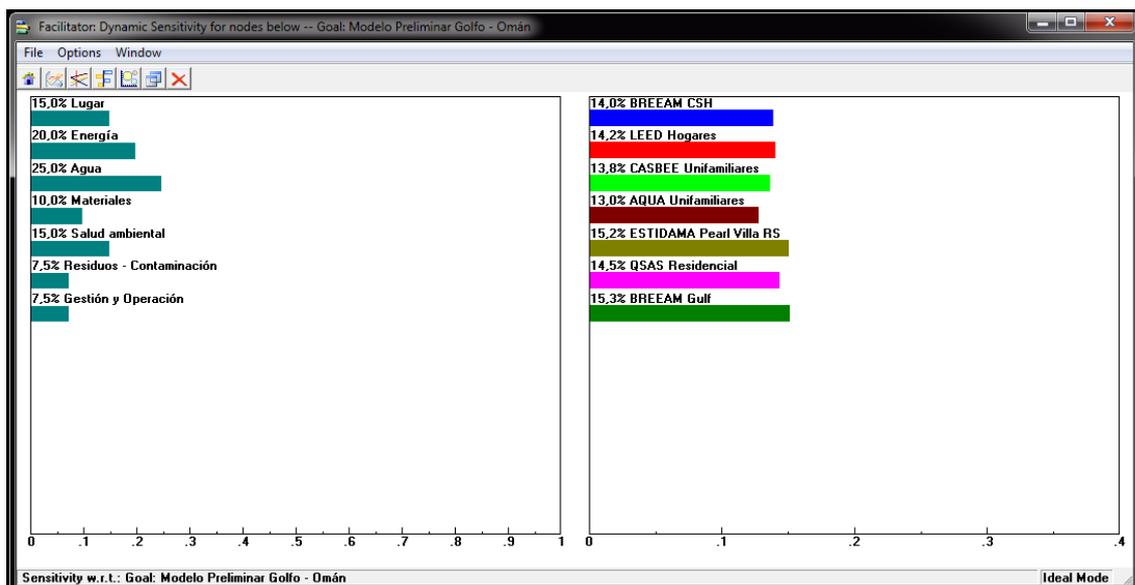


Figura 6.23 Gráfica de sensibilidad dinámica de la simulación 2 – Expert Choice  
Fuente: Elaboración propia en base a Expert Choice v.11

Considerando estas nuevas ponderaciones reflejadas en la Figura 6.23 anterior, los resultados finales muestran que para el nuevo escenario, ESTIDAMA pasa a ser la herramienta mejor adaptada al escenario sugerido, representando un 15,5%, seguido de BREEAM Gulf, LEED, QSAS, BREEAM CSH y CASBEE y AQUA.

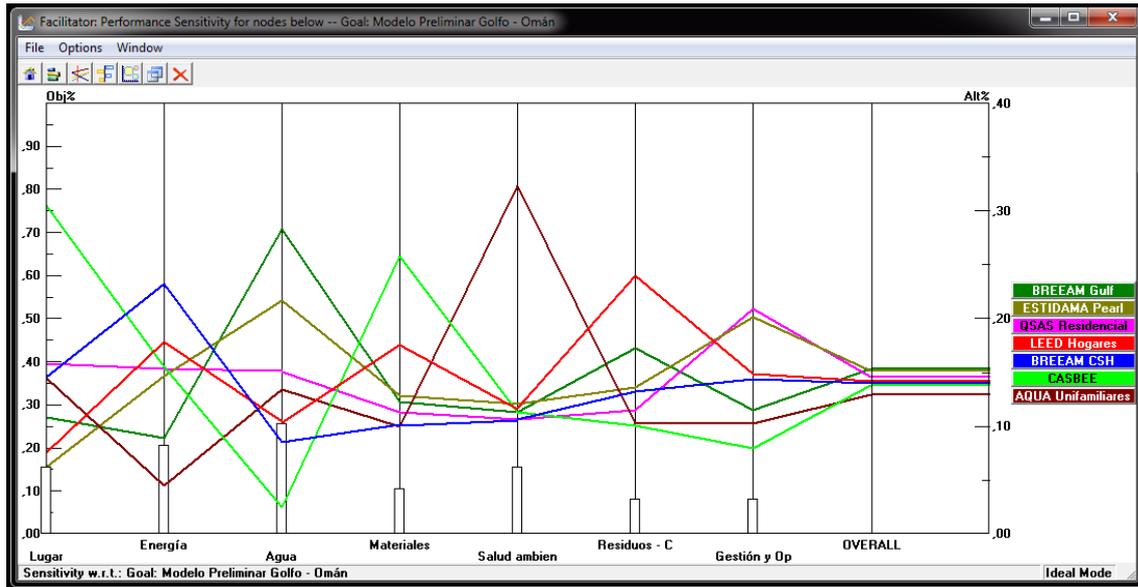


Figura 6.24 Gráfica de sensibilidad dinámica de la simulación 2 – Expert Choice

Fuente: Elaboración propia en base a Expert Choice v.11

Los resultados comparativos entre ambas simulaciones se reflejan en la Tabla 6.5 inferior.

Tabla 6.6 Comparación resultados entre simulación 1 y 2 – Expert Choice  
Fuente: Elaboración propia en base a Expert Choice v.11

Simulación 1	Simulación 2
<p>14,3% Lugar 14,3% Energía 14,3% Agua 14,3% Materiales 14,3% Salud ambiental 14,3% Residuos - Contaminación 14,3% Gestión y Operación</p>	<p>15,0% Lugar 20,0% Energía 25,0% Agua 10,0% Materiales 15,0% Salud ambiental 7,5% Residuos - Contaminación 7,5% Gestión y Operación</p>
<p>15,3% LEED Hogares 14,8% ESTIDAMA Pearl Villa RS 14,6% QSAS Residencial 14,4% CASBEE Unifamiliares 14,2% BREEAM Gulf 13,8% BREEAM CSH 12,8% AQUA Unifamiliares</p>	<p>15,3% BREEAM Gulf 15,2% ESTIDAMA Pearl Villa RS 14,5% QSAS Residencial 14,2% LEED Hogares 14,0% BREEAM CSH 13,8% CASBEE Unifamiliares 13,0% AQUA Unifamiliares</p>

De la Tabla 6.5 superior se observa que es la herramienta BREEAM Gulf la que ha sufrido una mayor alteración desde el primer escenario de la simulación 1 a la última simulación 2 hacia la alza, reflejando claramente como ésta está más decantada hacia los nuevos criterios con mayor ponderación. Por otra parte, LEED Hogares y CASBEE representan una mayor alteración hacia la baja, con lo que pasan a ocupar peores posiciones en la clasificación final.

El análisis de sensibilidad realizado en la simulación 2 pone de manifiesto cómo la alteración de los criterios en base a las necesidades de la región pueden afectar en el

proceso de decisión final, sobre todo considerando aspectos tales como los antes mencionados que son de suma relevancia y críticos para la región sujeta a estudio.

Una alteración hacia la alta en el criterio de Agua repercutirá en una mejor posición de BREEAM Gulf frente a las otras. Por el contrario, si sensibilizamos la categoría de Energía y Calidad Ambiental hacia la alza, implicará que sea la herramienta ESTIDAMA la que mejor se posicione seguida de BREEAM Gulf, QSAS y BREEAM CSH por muy cerca.

Finalmente, y dados los resultados de ambos escenarios y considerando ambas simulaciones para cada caso, se llega a la conclusión que la mejor herramienta adaptada a la región considerando las necesidades regionales es ESTIDAMA por haber conseguido un posicionamiento muy alto en todos los escenarios y por ser la misma una herramienta muy completa, bien estructurada y fundamentada en dos de las principales herramientas empleadas a nivel mundial como son BREEAM y LEED.

## 7 MODELO PRELIMINAR

En los siguientes apartados se pretende dar unas pautas sobre el posible modelo preliminar que podría ser implantado en la región del Golfo Pérsico, reflejando qué aspectos podrían ser considerados como generales o de base, y qué otros podrían vincularse a los ya existentes de forma que se pueda crear una herramienta dinámica y flexible dependiendo de las necesidades específicas de cada país dentro de la misma región.

La tendencia de edificaciones verdes se encuentra en una fase muy prematura en la región, exceptuando aquellas ciudades en pleno proceso de expansión, las cuales ya han implantado su propio plan de futuro en el desarrollo de ciudades sostenibles, como es el caso del Plan Abu Dhabi 2030, Barhain National Plan 2030 o Qatar National Vision 2030. Considerando que la implantación de dichos planes se encuentra en sus primeras fases, la apuesta hacia el gran cambio ya ha empezado, principalmente a raíz del desarrollo y aplicación de sus propias herramientas de evaluación las cuales están teniendo una excelente acogida en sus países. Es el caso de las herramientas ESTIDAMA Pearl Villa Rating System (Abu Dhabi) y QSAS Residencial (Qatar).

El modelo preliminar propuesto es, por tanto, el resultado de una extensa investigación en las que, a partir de unas directrices comunes, se consiga fomentar el diseño y desarrollo de edificios sostenibles como práctica habitual en el modelo de futuro.

### 7.1 DESCRIPCIÓN

Considerando que los resultados obtenidos en la última simulación, en dónde ya habíamos pre definido unos criterios y ponderaciones específicas en base a las necesidades generales de la región de los países del Golfo Pérsico, indicaban que el mejor sistema era BREEAM Gulf, finalmente se concluyó que la herramienta mejor posicionada en términos globales, basándonos en los resultados de todos los escenarios realizados, era ESTIDAMA Pearl Villa Rating System por ser un sistema bien estructurado, de base sólida, basado en gran parte en BREEAM y LEED, y el cuál se ha adaptado perfectamente a las necesidades locales y fundamentalmente al Plan Abu Dhabi 2030.

Basándonos en lo anterior, podríamos fácilmente intuir que la herramienta ESTIDAMA PVRS podría servir como modelo base para el diseño y desarrollo de viviendas sostenibles en la región, principalmente debido a que la misma certifica edificios sostenibles con condiciones que están al alcance de la región, y en dónde el contenido de la misma (categorías y elementos), han sido definidos como partes fundamentales y básicas a las necesidades de los países que conforman la región, tales como la gestión del agua, la energía, la salud ambiental y la gestión y protección del entorno.

No obstante, las condiciones y necesidades de cada región o país no son exactamente idénticas, por lo que la herramienta ESTIDAMA deberá ser lo suficientemente camaleónica, pudiendo lograr lo siguiente:

- Conservación de la directriz principal de LEED (sus categorías se mantienen, pudiendo alterar únicamente la ponderación de las mismas y pudiendo añadir/eliminar algún elemento no adecuado a la región).
- Conservar la obligatoriedad de créditos para obtener viviendas con unos estándares mínimos sostenibles. Al igual que sucede con ESTIDAMA y el Plan Abu Dhabi 2030, las nuevas herramientas adaptadas podrían introducirse como herramientas dentro de normativas locales, consiguiendo que las mismas se conviertan en una práctica obligatoria.
- Las nuevas herramientas deberán ser capaces de actualizar la certificación inicial conseguida en caso que exista una modificación en el comportamiento del edificio, tales como perfil de ocupación diferente al habitual o una mala gestión del edificio.
- En el caso de países o regiones menos desarrolladas, aspectos tales como la variable social y la económica deberían cobrar mayor relevancia.
- Incorporar el análisis de riesgo y la estimación de coste a la variable ambiental, aspecto esencial para que la propiedad analice si le compensa adoptar tales medidas de sostenibilidad en su proyecto.
- Encontrar el peso de los créditos a las que están sujetas las futuras edificaciones (peso de créditos en base a la categoría de impacto, siendo éstos los impactos ambientales que los edificios y sus ocupantes puedan ocasionar; y actividades de grupos, relacionado a los grupos asociados a la construcción y dotación de materiales). El empleo de indicadores más exactos que expliquen el impacto ambiental de los edificios ahorrará tiempo y costes asociados al proceso de evaluación y certificación de edificios.

## 7.2 MODELO DE FUNCIONAMIENTO

Una vez obtenidas las directrices para el modelo inicial de implantación para la región, se procede a remarcar qué aspectos son recomendados tener presentes en su modo de funcionamiento, tanto a nivel administrativo como a nivel técnico.

### 7.2.1 Administrativo-funcional

El sistema funcional deberá operar de igual forma que todos los sistemas evaluados a lo largo del trabajo de investigación, y los mismos deberán estar sujetos a la evaluación por terceros (evaluadores acreditados). Al igual que sucede con BREEAM CSH y ESTIDAMA, es recomendable que la evaluación se desarrolle en tres fases para un control más exhaustivo, desde su fase de concepto o diseño, pasando por la fase de construcción hasta alcanzar su fase de uso.

Sería recomendable además la conformación de un consejo general de edificios verdes entre todos los países miembros de la región, con el objetivo de compartir no sólo experiencias y conocimientos en la materia que sirvan como base a futuros estudios en el sector, sino también como base a la creación de estándares mínimos obligatorios comunes que contribuyan al desarrollo e implantación de futuros códigos normativos.

### 7.2.2 Técnico

El modelo inicial, como hemos comentado anteriormente, seguirá las directrices generales de ESTIDAMA PVRS. Dentro de cada categoría, se establecerán créditos obligatorios así como créditos opcionales. Para la consecución de la mínima certificación, todos los créditos obligatorios deberán ser logrados, considerando siempre que las ponderaciones de cada categoría y valor de los coeficientes correctores vendrán condicionadas a las necesidades particulares de cada país.



## 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En los siguientes apartados se estructuran las conclusiones finales del trabajo en tres grandes bloques: generales, particulares y personales.

### 8.1 GENERALES

Las herramientas de certificación para edificios verdes son muy importantes. Es importante señalar que la puesta en práctica de dichas herramientas no sólo producen beneficios significativos al minimizar el impacto ambiental (mediante el desarrollo de técnicas y propuestas de diseño que favorezcan a un ahorro energético, no agresión al medio ambiente y calidad ambiental al edificio), sino que maximizan el beneficio social y el impacto económico asociado. Si las decisiones que se toman en las primeras etapas de concepto y diseño de los edificios responden a unos objetivos sostenibles, muchos de los aspectos negativos podrán ser potencialmente prevenidos o al menos reducidos.

### 8.2 PARTICULARES

Como hemos observado a lo largo del trabajo, los diferentes sistemas de certificaciones de edificios Green Building poseen aspectos fácilmente identificables y comparables, puesto que su objetivo principal que es el promover los edificios verdes; sin embargo cada sistema posee objetivos secundarios que corresponden a un país o región que deberán ser ajustadas para un medio, contexto, lugar donde se sitúe un futuro proyecto edificable, identificando situaciones como necesidades, aspectos económicos, técnicas propias, y soluciones creativas que conlleven a realizar un sistema propio o adecuar uno ya conocido para la evaluación con el fin de tener edificios verdes.

Mediante la integración de los criterios en los que se basa las diferentes herramientas de certificación analizadas en el estudio de investigación, el modelo inicial propuesto se fundamenta en los puntos más fuertes de cada una de ellas, logrando de esta forma una herramienta basada en un enfoque holístico, prestando especial atención al contexto local en la que se desarrolla.

Si bien es cierto que las condiciones no son comparables al detalle entre los países integrantes de la región, la espina dorsal de la misma encaja en el contexto del Golfo

Pérsico, su cultura, problemas, recursos y prioridades. No obstante, la herramienta deberá ser lo suficientemente flexible para que el cumplimiento de los diferentes criterios que conforman las categorías puedan ser alcanzables a la realidad de cada país con objetivos claros y concisos, y promoviendo el conocimiento de las oportunidades y beneficios que pueden aportar los edificios verdes.

Es importante remarcar nuevamente que la base sobre la que se fundamenta el modelo preliminar proviene de sistemas de evaluación con muchos años de experiencia a nivel mundial como es el caso de BREEAM y LEED, herramientas procedentes de dos de los países más industrializados mundialmente, creadas por la gran demanda de edificios y como consecuencia de la creciente preocupación a la contaminación ambiental asociado al sector de la construcción.

Considerando que en la mayoría de las herramientas analizadas no se ha incorporado un análisis de riesgo y estimación de coste de la variable ambiental, es importante remarcar que acreditar un edificio como Green Building por parte de la propiedad es una inversión rentable y en la que se consigue un doble beneficio; por una parte una revalorización del inmueble acreditado y por otra parte en una acción responsable hacia la preservación del medio ambiente.

Por último, no hay que confundir un edificio verde como aquél en el que se contemplan únicamente medidas en materia de eficiencia energética. La sola cuestión energética ha perdido su supremacía y ha pasado a ser un elemento más, aunque muy importante, en el marco más amplio del desarrollo sostenible. La evolución de las prioridades medioambientales llevó a integrar las tres “E’s” en el sector de la construcción en La Cumbre de Río de Janeiro hacia la creación de lo que actualmente conocemos como arquitectura ecológica, y en dónde el concepto de análisis de ciclo de vida (ACV) ha pasado a formar parte de la metodología ecológica conocida como “planteamiento global”. (Edwards, 2009), en la que los edificios proyectados se basen en la filosofía “desde la cuna hasta la tumba” (Cradle to grave), consiguiendo de esta forma que los mismos se piensen desde sus primeras fases de diseño pasando por un fase de construcción y de-construcción a través del reciclaje o eliminación del producto.

El modelo preliminar propuesto, basado en las directrices de ESTIDAMA PVRs, se basará en la filosofía anterior. Estará compuesto además por un total de siete categorías considerando los aspectos más relevantes para la región. Éstos son: **lugar**

de implantación del edificio, relación con su entorno y análisis del diseño paisajístico entre otros, **energía** en los edificios, que contempla aspectos tales como eficiencia de la envolvente del edificio, energías renovables, sistemas de iluminación natural, etc, **agua** en los edificios que incluiría aspectos tales como conservación y gestión de los recursos hídricos, reducción del consumo interior mediante accesorios y riego; **materiales** en los edificios que fomentaría el empleo de materiales locales, reciclables o de bajo impacto; **calidad ambiental interior** de los ocupantes, incluyendo aspectos tales como confort térmico, ventilación e iluminación, etc; **residuos y contaminación** en los que podríamos albergar aspectos tales como estrategias de gestión y reducción de residuos, y finalmente **gestión y operación**, incluyendo elementos tales como tareas de mantenimiento, gestión residuos, agua y energía.

Cabe destacar que si bien las ponderaciones no serán las mismas para cada país en dónde se pretenda adaptar la herramienta base, se ha creído conveniente ponderar las diferentes categorías en un primer momento considerando las necesidades y preocupaciones generales de la región. Por esta razón, la categoría de Agua ha sido ponderada con mayor peso (25%), seguida de Energía (20%), Lugar y Calidad Ambiental Interior (15%), Materiales (10%) y finalmente Residuos-Contaminación y Gestión y Operación (7,50%).

Considerando que tanto la elección de las categorías anteriores, así como sus respectivos pesos han sido determinados teniendo en cuenta el análisis comparativo de las herramientas de certificación estudiadas a lo largo del trabajo y respaldándome únicamente en estudios científicos, académicos y datos estadísticos, las recomendaciones a la realización de herramientas de certificación de edificios verdes o modelos preliminares de éstos son:

- En primer lugar, cualquier marco de trabajo inicial debería basarse en investigación científica y en conocimientos técnicos.
- En segundo lugar, la determinación y ponderación de los pesos de las diferentes categorías y elementos que las componen, se decidiera a raíz de los resultados de encuestas y/o entrevistas implicando a los diferentes agentes participantes del sector de la edificación, expertos en el sector, diseñadores y stakeholders, con el fin de conseguir la máxima participación posible en un asunto en el que la máxima colaboración entre las partes es fundamental. Y es precisamente en este punto dónde gran parte de los resultados pueden verse alterados, y en dónde la participación pública

puede jugar un papel primordial. Las ventajas de permitir la participación pública en la formulación de políticas en temas de sostenibilidad han sido bien documentadas y dicha participación a menudo se esfuerza por una mayor comprensión y sanción a las políticas sujetas a debate (Hoverman, 1997). De esta forma se espera que las decisiones que se tomen finalmente estén encaminadas a una decisión popular.

- En tercer lugar, el marco de trabajo de la herramienta en desarrollo deberá adaptarse al contexto local del país y/o región.
- Por último, la conformación de un consejo general de edificios verdes entre todos los países miembros de la región, ayudará a aprender del trabajo e ideas de cada uno de ellos con el objetivo de mejorar y plantear nuevos desafíos en materia de sostenibilidad.

### 8.3 PERSONALES

Si bien es cierto que el concepto de desarrollo sostenible nos pueda sonar familiar a la gran mayoría de las personas en la actualidad, la asociación del concepto se limita en la gran mayoría de los casos hacia algo ventajoso hacia el medio ambiente y a la durabilidad de las construcciones. Sin embargo, el presente trabajo me ha permitido adquirir una visión más enriquecedora y multidisciplinaria de lo que realmente es el desarrollo sostenible, concepto que, a mi entender no se podría haber definido de mejor forma tal y como lo hace el Informe Bruntland: “satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades”. Más allá del concepto “*desarrollo*”, he profundizado en la comprensión del concepto de “*proyecto sostenible*”, quizás más ligado a nuestra profesión, y en dónde no sólo lo constructivo o la tecnología es lo más trascendente, sino que el mismo se extiende más allá, abarcando aspectos sociales, culturales, ambientales y económicos.



Y ha sido mi experiencia durante los últimos casi nueve meses en Omán la que me ha permitido comprender no sólo la importancia de los cuatro elementos base antes mencionados, sino que para saber ponerlos en práctica en un modelo, previamente se debe conocer la interrelación de los mismos y el problema de trasfondo en la zona sujeta a estudio.

Aún queda mucho camino por recorrer, pero todo proceso requiere de un inicio. Espero, en lo personal y en lo profesional, haber contribuido a dar un paso más hacia el desarrollo sostenible en la región y poder seguir contribuyendo de primera mano en futuros proyectos.



## 9 BIBLIOGRAFÍA

- Building Towers, Cheating Workers – Exploitation of Migrant Construction Workers in the UAE*. United Arab Emirates: Human Rights Watch.
- UAE - Communication on Climate Change*. (2006). Recuperado el Mayo de 2012, de United Nation Framework Convention on Climate Change: <http://unfccc.int/resource/docs/natc/arenc1.pdf>
- CASBEE*. (2007). Recuperado el Mayo de 2012, de CASBEE for detached house: <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/index.htm>
- Abu Dhabi Estidama Program*. (Agosto de 2008). Recuperado el Mayo de 2012, de Interim Estidama Community - Assessment System for commercial, residential and institutional development: <http://www.carboun.com/wp-content/uploads/2010/04/Estidama-community-guidelines.pdf>
- BREEAM Bespoke*. (2008). Recuperado el June de 2012, de BREEAM: [http://www.breeam.org/filelibrary/Technical%20Manuals/BREEAM\\_Other\\_Buildings\\_Information\\_document1.pdf](http://www.breeam.org/filelibrary/Technical%20Manuals/BREEAM_Other_Buildings_Information_document1.pdf)
- IMC*. (2009). Recuperado el Mayo de 2012, de International Code Council - Mechanical Code: <http://publicecodes.citation.com/icod/imc/2009/index.htm>
- National Strategy and Action Plan - UAE*. (2009). Recuperado el Mayo de 2012, de University of North Carolina: [http://www.sph.unc.edu/images/stories/units/uae/documents/strategy\\_action\\_plan\\_022310.pdf](http://www.sph.unc.edu/images/stories/units/uae/documents/strategy_action_plan_022310.pdf)
- Abu Dhabi Vision 2030*. (2010). Recuperado el Mayo de 2012, de Abu Dhabi UPC - Vision 2030: <http://www.upc.gov.ae/template/upc/pdf/abu-dhabi-vision-2030-revised.pdf>
- AQUA EH*. (2010). Recuperado el Mayo de 2012, de AQUA Edificios Habitacionais: <http://vanzolini.org.br/download/RT-Edif%C3%ADcios%20habitacionais-V1-fevereiro2010.pdf>
- BREEAM CSH*. (2010). Recuperado el Mayo de 2012, de BREEAM Code for Sustainable Homes: Technical Guide: <http://www.communities.gov.uk/publications/planningandbuilding/codeguide>
- Cómo es actualmente el desarrollo sustentable*. (2010). Recuperado el Mayo de 2012, de <http://desarrollosustentabl.galeon.com/aficiones2323677.html>
- Estidama PVRs*. (2010). Recuperado el Mayo de 2012, de Estidama Pearl Villa Rating System: <http://estidama.org/template/estidama/docs/PVRS%20Version%201.0.pdf>

- QSAS Presentation*. (2010). Recuperado el Mayo de 2012, de Gulf Organization for Research and Development:  
<http://www.gord.qa/doc/QSAS%20presentation%20june6%202010.pdf>
- USA Today*. (2010). Recuperado el Mayo de 2012, de USA Today - Greenhouse:  
<http://content.usatoday.com/communities/greenhouse/post/2010/11/green-building-council-one-billion-square-feet-1#.T-B6jbV7r91>
- CD4CDM*. (2011). Recuperado el Mayo de 2012, de Clean Development Mechanism:  
<http://www.cd4cdm.org/>
- CESMEC*. (2011). Recuperado el Mayo de 2012, de Centro de Estudios de Medición y Certificación de Calidad: <http://www.cesmec.cl/>
- IVAM*. (2011). Recuperado el Mayo de 2012, de IVAM Research and Consultancy on Sustainability: <http://www.ivam.uva.nl/>
- La Tercera*. (Octubre de 2011). Recuperado el Mayo de 2012, de <http://diario.latercera.com/2011/10/30/01/contenido/mundo/8-88778-9-qatar-es-el-pais-con-la-mayor-tasa-de-crecimiento-poblacional-del-mundo.shtml>
- Wikipedia*. (2011). Recuperado el Mayo de 2012, de Cumbre Tierra de Johannesburgo:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Cumbre\\_de\\_la\\_Tierra\\_de\\_Johannesburgo](http://es.wikipedia.org/wiki/Cumbre_de_la_Tierra_de_Johannesburgo)
- Wikipedia*. (2011). Recuperado el Mayo de 2012, de Bioconstrucción:  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Bioconstrucci%C3%B3n>
- AENOR*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Asociación española normalización:  
<http://www.aenor.es/aenor/inicio/home/home.asp>
- AQUA*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de AQUA - Alta Qualidade Ambiental em su Emprendimento: [http://www.vanzolini.org.br/hotsite-104.asp?cod\\_site=104](http://www.vanzolini.org.br/hotsite-104.asp?cod_site=104)
- ASHRAE*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de <http://www.ashrae.org/>
- Athena*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Athena Sustainable Materials Institute: [www.athenasmi.org](http://www.athenasmi.org)
- BRE*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Environmental Assessment Method: [www.bre.co.uk](http://www.bre.co.uk)
- BREEAM*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Building Research Establishment Environmental Assessment Method: <http://www.breeam.org/>
- Build Up*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Build Up - Energy solutions for better buildings: [www.buildup.eu](http://www.buildup.eu)
- Carboun*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Middle East Sustainability and Environment: <http://www.carboun.com/>
- CWM*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Centre of Waste Management- UAE:  
<http://www.cwm.ae/>



- Design Builder*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Design Builder: <http://www.designbuilder.co.uk/>
- Ecolabelindex*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Ecolabelindex: <http://www.ecolabelindex.com/>
- Ecotec*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Autodesk Ecotec Analysis - Sustainable Design Software: <http://usa.autodesk.com/ecotect-analysis/>
- Effienergie*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de <http://www.ffienergie.org/index.php/international/spanish>
- Energy Plus*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de US Department of Energy - Energy Efficiency & Renewable Energy: <http://www.eere.energy.gov/>
- Energy Saving Trust*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de [www.energysavingtrust.org.uk](http://www.energysavingtrust.org.uk)
- Energy Star*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de U.S. Environmental Protection Agency: [www.energystar.gov](http://www.energystar.gov)
- ENVEST*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de <http://investv2.bre.co.uk/>
- EPA*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de EPA: <http://www.epa.gov/>
- EPA*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de US Environmental Protection Agency: <http://www.epa.gov/greenbuilding/pubs/about.htm>
- GORD*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Gulf Organization for Research and Development: <http://www.gord.qa/>
- Granta*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de CES Edu Pack 2012: <http://www.grantadesign.com/es/education/index.htm>
- Green-e*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de <http://www.green-e.org/>
- IES*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Integrated Environmental Solutions: <http://www.iesve.com/>
- IGBC*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Indian Green Building Council: <http://www.igbc.in/site/igbc/index.jsp>
- ISO*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de International Organization for Standardization: <http://www.iso.org/iso/home.html>
- Lisa*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Lisa LCA In Sustainable Architecture: <http://www.lisa.au.com/>
- Mityc*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Ministerio de Industria, Energía y Turismo: <http://www.minetur.gob.es/es-ES/Paginas/index.aspx>
- NIST*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de NIST Engineering Laboratory: <http://www.nist.gov/el/>
- Organización Mundial de la Salud*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/es/index.html>

- Passive House*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Passive House Institute:  
<http://www.passiv.de/en/index.html>
- SB Alliance*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Sustainable Building Alliance:  
<http://www.sballiance.org>
- UN Environment Programme*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de GEO: Global Environment Outlook: <http://www.unep.org/geo/geo3/english/126.htm>
- University of Wisconsin*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Solar Energy Laboratory - UW: <http://sel.me.wisc.edu/software.shtml>
- US Green Building Council LEED for Homes*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=75>
- USGBC*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de US Green Building Council:  
<http://www.usgbc.org/>
- World GBC*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de World GBC:  
<http://www.worldgbc.org>
- Estidama*. (2012). Recuperado el Mayo de 2012, de Estidama: <http://estidama.org/>
- A.Al-Badi. (2009). Assessment of renewable energy resources potential in Oman and identification of barrier to their significant utilization. *International Journal of Sustainable Energy*.
- A.Al-Badi. (2011). Sustainable energy usage in Oman - Opportunities and barriers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- A.Al-Badi, e. a. (2009). Power Sector of Oman – Today and Tomorrow. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 5.
- Abu Dhabi UPC. (2011). *Abu Dhabi Department of Transport*. Recuperado el Junio de 2012, de [www.dot.abudhabi.ae](http://www.dot.abudhabi.ae)
- AER. (2012). *Authority Electrical Regulation Oman*. Recuperado el Mayo de 2012, de Quarterly Updated Report Q2 2011: <http://www.aer-oman.org/images/aer287.pdf>
- Al-Badi, e. a. (2010). Assessment of renewable energy resources potential in Oman and identification of barrier to their significant utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Alnaser, N. W. (2008). Model for calculating the sustainable building index (SBI) in the kingdom of Bahrain. *Energy and Buildings*, 2037-2043.
- AL-Yahyai, S. (2010). Assessment of wind energy potential locations in Oman using data from existing weather stations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Azhar, e. a. (2011). Building information modeling for sustainable design and LEED® rating analysis. *Automation in Construction*, 217-224.



- BAM International. (2012). *BAM International*. Recuperado el Junio de 2012, de <http://www.baminternational.com/projects-area/middle-east-gulf-states/oman-botanic-garden>
- Berrocal, G. N. (2010). *Certificaciones de Urbanismo*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya.
- BREAAM Gulf. (2008). *BREEAM Gulf Assessor Manual 2.0*. Recuperado el Junio de 2012, de [\[http://www.screencast.com/users/ESIASA/folders/InforGREEN/media/53ee1925-b1ac-4cd0-848f-08b7acc32f9d](http://www.screencast.com/users/ESIASA/folders/InforGREEN/media/53ee1925-b1ac-4cd0-848f-08b7acc32f9d).
- Brundtland, H. (1987). *Comisión de la ONU bajo la dirección de GRO Harlem BRUNDTLAND Comisión de Brundtland*.
- Casagrande, B. (2011). *AQUA*. Recuperado el Mayo de 2012, de <http://www.slideshare.net/vanzolini/apresentao-do-processo-aqua>
- Cerdá, D. &. (2009). *Guía de la edificación Sostenible. Calidad energética y medioambiental en edificación*. Madrid.
- Cowi. (2008). *Study on Renewable Energy Resources*. Muscat, Oman: AER.
- Eden Project. (2012). *Eden Project*. Recuperado el Julio de 2012, de [http://www.edenproject.com/?gclid=CNCkt763\\_bACFYqt3godAiFP7A](http://www.edenproject.com/?gclid=CNCkt763_bACFYqt3godAiFP7A)
- Edwards, B. (2009). *Guía Básica de la Sostenibilidad*. GG.
- Eulate, P. U. (2010). *Green Building Rating System: ¿Cómo evaluar la sostenibilidad en la edificación?* Bilbao: IHOBE.
- Gastli, A. (2011). Solar water heating initiative in Oman energy saving and carbon credits. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Gonchar, J. (2009). *Insulation*. Recuperado el Junio de 2012, de <http://www.insulation.org/articles/article.cfm?id=IO090503>
- Government of Dubai. (2009). *Green Building Regulations & Specifications*. Recuperado el Junio de 2012, de Dubai Electricity and Water Authority: [http://www.dewa.gov.ae/images/greenbuilding\\_eng.pdf](http://www.dewa.gov.ae/images/greenbuilding_eng.pdf)
- Homes, L. (2008). *LEED for Homes Rating System*. US Green Building Council.
- Homes, L. f. (2008). *LEED for Homes Rating System*. US Green Building Council.
- Hoverman. (1997). Environmentalism and Social Change: Public Participation in Australian Forest. *Unpublished PHD thesis, University of Hawaii*.
- IBERFROP. (2000). *Adaptado de la Evaluación y Certificación de Calificaciones Vocacionales*. Madrid.
- IEA. (2006). *International Energy Agency*. Recuperado el Mayo de 2012, de World energy outlook: [www.iea.org/textbase/nppdf/free/2006/weo2006.pdf](http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2006/weo2006.pdf)
- Jabry, Q. A. (2010). Water resources evaluation and conservation in Oman.

- Jägerskog, e. a. (2009). *Background Report to Seminar on Water and Energy Linkages in the Middle East*. SIWI.
- Kazem, H. A. (2011). Renewable energy in Oman: Status and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Kiker, G. (2005). Application of Multicriteria Decision Analysis in Environmental Decision Making. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 95-108.
- Lusail. (2012). *Lusail City*. Recuperado el Julio de 2012, de [http://www.lusail.com/English/Pages/English\\_Home.aspx](http://www.lusail.com/English/Pages/English_Home.aspx)
- Madge, P. (1997). Ecological critique: a new design. En P. Madge, *Ecological critique: a new design*.
- Mahoney. (2010). Recuperado el Junio de 2012, de [www.miliarium.com/Prontuario/SoftwareArquitectura/Mahoney.xls](http://www.miliarium.com/Prontuario/SoftwareArquitectura/Mahoney.xls)
- Masdar. (2012). *Masdar*. Recuperado el Junio de 2012, de Masdar - A Mubadala Company: <http://www.masdar.ae/en/Menu/index.aspx?MenuID=48&CatID=27&mnu=Cat>
- Meed. (2008). *Power and Water in the GCC: the Struggle to Keep Supplies Ahead of Demand Report - Research and Markets*. Dublin - Irlanda: Taylors Lane.
- One Oman. (Mayo de 2012). *One Oman - Oman water demand to raise 70% by 2017*. Recuperado el Mayo de 2012, de <http://oneoman.com/2011/05/15/oman-water-demand-to-rise-70-by-2017/>
- Patlitzianas, e. a. (2005). Enhancing renewable energy in the Arab States of the Gulf: Constraints & efforts. *Energy Policy*.
- Prathapara, S. (2005). Overcoming constraints in treated greywater reuse in Oman. *Desalination*.
- Proctor, W. (2010). Multi-criteria Evaluation Revisited. *Policy and Economic Research Unit*.
- Qade, M. R. (2009). Electricity Consumption and GHG Emissions in GCC Countries. *Energies*.
- R. Levary, R. (1998). A simulation approach for handling uncertainty in the analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 116-122.
- Ramallo, M. M. (2011). *Estudio comparativo de certificaciones "Green Building" en edificios para la elaboración de un modelo inicial para América del Sur*. Barcelona: UPC Creative Commons.
- Ramirez, I. (1992). *La Certificación en la Europa del 93*. Asociación española de normalización y certificación.



- Reiche, D. (2009). Renewable Energy Policies in the Gulf countries: A case study of the carbon neutral "Masdar City" in Abu Dhabi. *Energy Policy*.
- Santambrosio, E. E. (2001). *Tecnología y Medio Ambiente*. Rosario: Universidad del Centro Educativo Latinoamericano.
- SBCI, U. (2010). *Common Carbon Metric*.
- Taha, R. (2003). An overview of waste materials recycling in the Sultanate of Oman. *Resources, Conservation and Recycling*.
- Taylor, T. (2009). Vernacular Architecture and Contemporary Design in Oman: Challenges in a changing climate.
- The Economist. (2010). *The GCC in 2020: Resources for the future*. Recuperado el Mayo de 2012, de [http://graphics.eiu.com/upload/eb/GCC\\_in\\_2020\\_Resources\\_WEB.pdf](http://graphics.eiu.com/upload/eb/GCC_in_2020_Resources_WEB.pdf)
- Trieb, F. (2007). Concentrating solar power for seawater desalination in the Middle East and North Africa. *German Aerospace Center, Institute of Technical Thermodynamics*.
- UN. (1998). *United Nations - Framework Convention on Climate Change* . Recuperado el Junio de 2012, de <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- UN. (2012). *United Nations: Framework Convention on Climate Change*. Recuperado el Mayo de 2012, de <http://unfccc.int/2860.php>
- Wikipedia. (2012). *Proceso Analítico Jerárquico*. Recuperado el Junio de 2012, de [http://es.wikipedia.org/wiki/Proceso\\_Anal%C3%ADtico\\_Jer%C3%A1rquico](http://es.wikipedia.org/wiki/Proceso_Anal%C3%ADtico_Jer%C3%A1rquico)
- WWF. (2012). *WWF One Living Planet*. Recuperado el Julio de 2012, de <http://www.oneplanetliving.org/index.html>