

Ingeniería de Obras Marítimas

Práctica I: Discusión Técnica

Moñino A. & Clavero M.

Grupo de Dinámica de Flujos Ambientales, Universidad de Granada

Curso 2024-2025

Planteamiento

El agujero azul de Dean (Dean's blue hole), figura 1, se encuentra situado en la zona de las Bahamas, próximo a la costa de Clarence Town. Se trata del segundo agujero azul más profundo del planeta, correspondiendo el primer puesto al Agujero del Dragón, en el Mar de China. El agujero azul de Dean tiene 202 m de profundidad. Presenta una embocadura circular de $\sim 30\text{ m}$ de diámetro, el cual va aumentando gradualmente hasta alcanzar $\sim 100\text{ m}$ a partir de los 20 m de profundidad.

La denominación de *agujero azul* corresponde a una formación geológica consistente en una sima, ahora submarina, desarrollada en materiales calizos de tipo kárstico emergidos durante el Plesitoceno ($\sim 1,5 \cdot 10^4$ años). La acción erosiva de la lluvia al filtrarse sobre las fisuras del material calizo da lugar a la aparición de un sistema de huecos que, una vez que el nivel del mar sube y cubre todo el terreno, termina derrumbándose y formando la cavidad. El agujero azul puede eventualmente estar comunicado en algún punto con un sistema de agua dulce procedente de la zona costera circundante.



Figura 1: Agujero azul de Dean (Clarence Town, Bahamas).

Objetivos

El objetivo es analizar a nivel de anteproyecto -dejando de lado en un principio cualquier cuestión relativa al impacto visual y otras restricciones legislativas en su ámbito- la viabilidad de un posible uso del emplazamiento para el aprovechamiento energético del oleaje y/o viento. Como orientación, deberían tenerse en cuenta aspectos como los siguientes (la lista no es exhaustiva):

- La clasificación general de la obra: principal/auxiliar, fija/flotante, gravedad/estructural, etc.
- La profundidad como factor limitante para, por ejemplo, la instalación de algún tipo de estructura tipo *jacket-frame* para una columna de agua oscilante (OWC), instalación híbrida eólica-undimotriz, etc. . .
- El clima marítimo a rasgos generales (oleaje, marea, viento).
- La geología de la zona: calidad del terreno para cimentaciones, anclajes, etc. . .
- Viabilidad de dispositivos undimotriz flotantes tipo *point-absorber*. Tener en cuenta que esos dispositivos suelen fondearse mediante *muer-tos*, los cuales deben ser inspeccionados periódicamente. . . a 200 *m* de profundidad.
- Cualquier otra cuestión que se considere relevante.

Discusión

Grupo general: La propuesta en su conjunto.

- Justificar las soluciones propuestas.
- Justificar la no-viabilidad en su caso.

Enlaces de interés:

- [Dean's blue hole ↗](#) , Archive (1999), *You Make Me Feel*, Take My Head
- [Guillaume Neri on BASE^a jump at Dean's blue hole ↗](#)

^aSalto BASE: Building, Antenna, Span, Earth

Orientación para la preparación de la discusión

1. El objetivo de la discusión es justificar el análisis presentado, con el rigor que sea posible.
2. Los grupos pueden estar formados por varios grupos de clase si así se desea.
3. Puede que en ocasiones la información necesaria para un grupo se encuentre entre los datos que otro grupo debe obtener como parte de sus tareas, de manera que sería deseable una cierta comunicación entre grupos.
4. El desarrollo de la discusión consiste en:
 - Un turno de 10 minutos como máximo para presentación de datos por parte de cada grupo.
 - Un turno de discusión general abierto a la participación de todos.
5. Es suficiente con la presentación oral de datos y referencias. Se deja al libre criterio de los participantes la preparación de cualquier otro tipo de presentación en un formato específico.

Apéndices: Información Complementaria

A. Datos generales



[Contribute](#)
[Help](#)
[Learn to edit](#)
[Community portal](#)
[Recent changes](#)
[Upload file](#)

[Tools](#)
[What links here](#)
[Related changes](#)
[Special pages](#)
[Permanent link](#)
[Page information](#)
[Cite this page](#)
[Wikidata item](#)

Languages 
 العربية
 Català
 Español
 Euskara
 Français
 Русский
 中文

 [Edit links](#)

Search Wikipedia

Coordinates: 23°6'23"N 75°0'31"W

From Wikipedia, the free encyclopedia

Dean's Blue Hole is a **blue hole** located in **The Bahamas** in a bay west of **Clarence Town** on **Long Island** and is the world's second deepest, after the **Dragon Hole** in the **South China Sea**, with a depth of 202 metres (663 ft).^[1]

A **blue hole** is a water-filled **sinkhole** with the entrance below the water level. They can be formed in different **karst** processes, for example, by rainwater soaking through fractures of limestone bedrock onto the watertable. Sea level here has changed: for example, during the glacial age during the **Pleistocene** epoch (**ice age**), some 15,000 years ago, sea level was considerably lower.

Dean's Blue Hole is roughly circular at the surface, with a diameter ranging from 25 to 35 metres (82–115 ft). After descending 20 metres (66 ft), the hole widens considerably into a cavern with a diameter of 100 metres (330 ft).

Since April 2008, it has been the venue for [Vertical Blue](#), the annual freediving international competition organised by [William Trubridge](#).^[2]

- ¹ ^a ^b Wilson, William L. (1994). "Morphometry and Hydrology of Dean's Blue Hole, Long Island" [↗](#). *Bahamas Journal of Science*. 2 (1): 10–14. Archived from [the original](#) [↗](#) on 7 March 2012.
- ² ^a "Events" [↗](#). Vertical Blue. Retrieved 4 July 2018.

- Dean's Blue Hole

Dean's Blue Hole

Dean's Blue Hole

☒ Show map of Bahamas
☐ Show map of Caribbean
☐ Show all

Location [Clarence Town, Long Island, Bahamas](#)

Coordinates [23°6'23"N 75°0'31"W](#)

Depth 202 metres (663 ft)^[1]

Geology [Blue hole](#)

V · T · E

Blue holes

[hide]

By name

Amberjack Hole · Blue Hole (Red Sea) · Dean's Blue Hole · Dragon Hole · Great Blue Hole · Green Banana Hole

Categories: [Landforms of the Bahamas](#) | [Sea caves](#) | [Marine geology](#) | [Underwater diving sites in the Caribbean](#) | [Long Island, Bahamas](#) | [Sinkholes of North America](#) | [Sports venues in the Bahamas](#)

This page was last edited on 27 December 2020, at 17:21 (UTC).

Text is available under the [Creative Commons Attribution-ShareAlike License](#); additional terms may apply. By using this site, you agree to the [Terms of Use](#) and [Privacy Policy](#). Wikipedia® is a registered trademark of the [Wikimedia Foundation, Inc.](#), a non-profit organization.

[Privacy policy](#) [About Wikipedia](#) [Disclaimers](#) [Contact Wikipedia](#) [Mobile view](#) [Developers](#) [Statistics](#) [Cookie statement](#)



B. Planteamiento general del proyecto

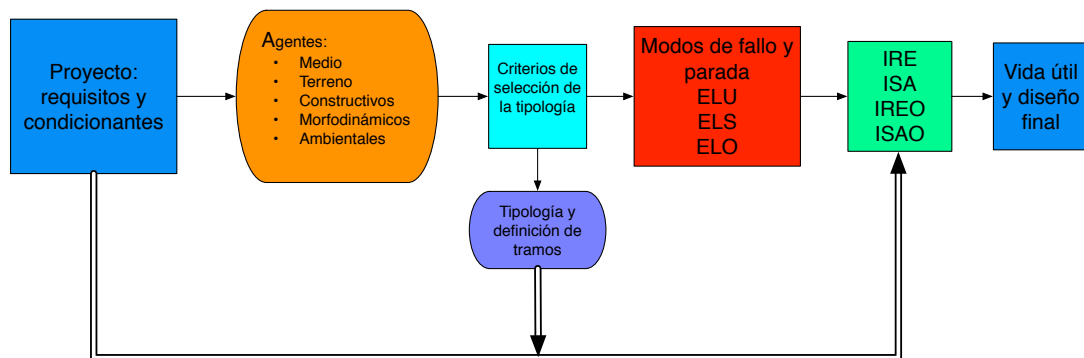


Figura 2: Planteamiento general del proyecto y su repercusión.

C. Carácter de la obra

Con frecuencia el proyecto de una obra marítima se decide a partir de estudios externos previos, en los que se analizan las repercusiones económicas, sociales y ambientales. En función de dichas repercusiones es posible definir los caracteres general y operativo de la obra marítima.

C.1. Carácter general. Índices IRE e ISA

El carácter general de la obra sirve para caracterizar la importancia de un tramo de obra marítima, así como la repercusión económica, social y ambiental en caso de destrucción o pérdida de funcionalidad.

El carácter general se determina considerando un modo principal de fallo adscrito a un estado límite último que proporcione el índice más alto, encontrándose asociado a la seguridad. No obstante, hay casos en los que el carácter se establece en base a un modo principal de fallo adscrito a un estado límite de servicio, y por tanto se encontrará asociado a la funcionalidad.

El carácter general de la obra se determina a través del Índice de repercusión económica IRE, y del Índice de repercusión social y ambiental ISA:

- El IRE valora cuantitativamente las repercusiones económicas C_{RD} por reconstrucción de la obra, y por cese o afección de las actividades económicas C_{RI} directamente relacionadas con ellas y previsibles en caso de producirse la destrucción o pérdida de la operatividad total de la misma. El IRE se calcula como:

$$IRE = \frac{C_{RD} + C_{RI}}{C_0} \quad (1)$$

siendo C_0 un parámetro económico de adimensionalización. En función del valor del IRE las obras marítimas se clasifican conforme a los subintervalos R indicados en la tabla 1.

SUBINTERVALO	REPERCUSIÓN ECONÓMICA	IRE
R_1	baja	$IRE \leq 5$
R_2	media	$5 < IRE \leq 20$
R_3	alta	$IRE > 20$

Tabla 1: Clasificación de obras marítimas en función del IRE.

- El ISA estima cualitativamente el impacto social y ambiental esperable en caso de producirse la destrucción o la pérdida de operatividad total

de la obra marítima, valorando la posibilidad y alcance de la pérdida de vidas humanas, daños al medio ambiente y al patrimonio histórico, y alarma social generada, toda vez que el fallo ocurre una vez que las actividades económicas directamente vinculadas a la obra se hallen consolidadas. El ISA se calcula como:

$$ISA = \sum_{i=1}^3 ISA_i \quad (2)$$

en la cual ISA_1 valora la posibilidad y alcance de vidas humanas, ISA_2 valora los daños al medio ambiente y al patrimonio histórico, e ISA_3 valora la alarma social. En función del ISA las obras marítimas se clasifican conforme a los subintervalos S indicados en la tabla 2.

SUBINTERVALO	REPERCUSIÓN SOCIAL	ISA
S_1	sin repercusión	$ISA < 5$
S_2	baja	$5 \leq ISA < 20$
S_3	media	$20 \leq ISA < 30$
S_4	alta	$ISA \geq 30$

Tabla 2: Clasificación de obras marítimas en función del ISA.

C.2. Carácter operativo. Índices IREO e ISAO

El carácter operativo valora las repercusiones económicas y los impactos social y ambiental que se producen cuando una obra marítima deja de estar operativa o reduce el nivel de operatividad.

El carácter operativo de la obra marítima se otorga a todos los tramos cuya reducción o cancelación de la explotación, dé lugar a repercusiones, económicas, sociales y ambientales similares. A los tramos de obra cuya parada operativa implique repercusiones diferentes, se les podrá asigna un carácter específico.

A falta de otra determinación más específica, el carácter operativo de una obra se establece a través del Índice de repercusión económica operativo IREO, y del Índice de repercusión social y ambiental operativo ISAO:

- El IREO valora cuantitativamente los costes asociados a a la parada operativa de un tramo de obra. En función del valor del IREO las obras marítimas se clasifican según los subintervalos R_O indicados en la tabla 3.
- El ISAO estima de manera cualitativa la repercusión social y ambiental esperable, en caso de producirse un modo de parada operativa de la obra

SUBINTERVALO	REPERCUSIÓN ECONÓMICA OPERATIVA	IREO
R_{O1}	baja	$IREO \leq 5$
R_{O2}	media	$5 < IREO \leq 20$
R_{O3}	alta	$IREO > 20$

Tabla 3: Clasificación de obras marítimas en función del IREO.

marítima, valorando la posibilidad y alcance de la pérdida de vidas humanas, daños al medio ambiente y al patrimonio histórico, y alarma social generada. El ISAO se calcula como:

$$ISAO = \sum_{i=1}^3 ISAO_i \quad (3)$$

en la cual $ISAO_1$ valora la posibilidad y alcance de vidas humanas, $ISAO_2$ valora los daños al medio ambiente y al patrimonio histórico, e $ISAO_3$ valora la alarma social. En función del ISAO las obras marítimas se clasifican conforme a los subintervalos S_O indicados en la tabla 4.

En la mayoría de obras marítimas el ISAO es nulo dado que si hubiese impacto ambiental, éste cesaría con la parada operativa. No obstante, en el caso de emisarios submarinos, centrales térmicas, plantas desaladoras, etc., la repercusión por parada operativa puede ser importante, en cuyo caso $ISAO \neq 0$.

SUBINTERVALO	REPERCUSIÓN SOCIAL	ISAO
S_{O1}	sin repercusión	$ISAO < 5$
S_{O2}	baja	$5 \leq ISAO < 20$
S_{O3}	media	$20 \leq ISAO < 30$
S_{O4}	alta	$ISAO \geq 30$

Tabla 4: Clasificación de obras marítimas en función del ISAO.

D. Cálculo de los índices de repercusión

Corresponde al promotor de la obra marítima --público o privado--, especificar el carácter del tramo de obra --caracteres general y operativo de la obra. Cuando no se proporciona una definición específica, el carácter se determinará en función de índices de repercusión cuyos valores se calculan de manera aproximada.

D.1. Cálculo aproximado del IRE

$$IRE = \frac{C_{RD} + C_{RI}}{C_0} \quad (4)$$

- $C_{RD} \rightarrow$ Valora las repercusiones económicas por reconstrucción de la obra. Coste de las obras de reconstrucción a su estado previo. A falta de otros datos se considerarán los costes de construcción inicial, debidamente actualizados.
- $C_{RI} \rightarrow$ Valora las repercusiones económicas por cese o afección de las actividades económicas directamente relacionadas con la obra. Se estima en términos de la pérdida de Valor Añadido Bruto --VAB--, el cual representa el balance entre entradas y salidas del proceso productivo asociado al conjunto de actividades de la obra, es decir, la diferencia entre la fuerza laboral empleada y los excedentes empresariales generados.
- $C_0 \rightarrow$ Parámetro de adimensionalización. Su valor depende de la estructura económica y nivel de desarrollo económico del país. En España puede considerarse $C_0 \simeq 3 \cdot 10^6 \text{ €}$.
- A efectos prácticos:

$$\frac{C_{RI}}{C_0} = C(A + B) \quad (5)$$

- $A \rightarrow$ Cuantifica el ámbito del sistema productivo al cual sirve la obra. Valores: $A = 1$ para ámbito local; $A = 2$ para ámbito regional; $A = 5$ para ámbito nacional/internacional.
- $B \rightarrow$ Cuantifica la importancia estratégica del sistema económico y productivo al que sirve la obra. Valores: $B = 0$ para irrelevante; $B = 2$ para relevante; $B = 5$ para esencial.
- $C \rightarrow$ Cuantifica la importancia de la obra para el sistema económico y productivo. Valores: $C = 1$ para irrelevante; $C = 2$ para relevante; $A = 5$ para esencial.

D.2. Cálculo aproximado del ISA

$$ISA = \sum_{i=1}^3 ISA_i \quad (6)$$

- $ISA_1 \rightarrow$ Posibilidad y alcance de pérdida de vidas humanas. Valores: $ISA_1 = 0$ para remota; $ISA_1 = 3$ para baja; $ISA_1 = 10$ para alta; $ISA_1 = 20$ para catastrófica.
- $ISA_2 \rightarrow$ Daños en el medio ambiente y en el patrimonio. Valores: $ISA_2 = 0$ para remoto; $ISA_2 = 2$ para bajo 3; $ISA_2 = 4$ para medio; $ISA_2 = 8$ para alto; $ISA_2 = 15$ para muy alto.
- $ISA_3 \rightarrow$ Alarma social. Valores: $ISA_3 = 0$ para baja; $ISA_3 = 5$ para media; $ISA_3 = 10$ para alta; $ISA_3 = 15$ para máxima.

D.3. Cálculo aproximado del IREO

$$IREO = F(D + E) \quad (7)$$

- $D \rightarrow$ Caracteriza la simultaneidad del periodo de demanda con el periodo de variación de reducción de operatividad. Valores: $D = 0$ para no simultáneo; $D = 5$ para simultáneo.
- $E \rightarrow$ Caracteriza la intensidad de uso de la demanda en el periodo considerado. Valores: $E = 0$ para poco intensivo; $E = 3$ para intensivo; $E = 5$ para muy intensivo.
- $F \rightarrow$ Caracteriza la adaptabilidad de la demanda y del entorno económico a la reducción de operatividad. Valores: $F = 0$ para alta; $F = 1$ para media; $F = 3$ para baja.

D.4. Cálculo aproximado del ISAO

$$ISAO = \sum_{i=1}^3 ISAO_i \quad (8)$$

- $ISAO_1 \rightarrow$ Posibilidad y alcance de pérdida de vidas humanas. Valores: $ISAO_1 = 0$ para remota; $ISAO_1 = 3$ para baja; $ISAO_1 = 10$ para alta; $ISAO_1 = 20$ para catastrófica.
- $ISAO_2 \rightarrow$ Daños en el medio ambiente y en el patrimonio. Valores: $ISAO_2 = 0$ para remoto; $ISAO_2 = 2$ para bajo 3; $ISAO_2 = 4$ para medio; $ISAO_2 = 8$ para alto; $ISAO_2 = 15$ para muy alto.

- $ISAO_3 \rightarrow$ Alarma social. Valores: $ISAO_3 = 0$ para baja; $ISAO_3 = 5$ para media; $ISAO_3 = 10$ para alta; $ISAO_3 = 15$ para máxima.

D.5. Valores recomendados

A continuación se proporcionan algunos valores recomendados para la vida útil, la probabilidad conjunta de fallo p_f frente a modos principales de fallo adscritos a ELU y ELS, la operatividad r_f y para el número de paradas operativas, todos ellos a partir de los caracteres general y operativo de la obra.

IRE	≤ 5	$6 \sim 20$	> 20
Vida útil	15	25	50

Tabla 5: Vida útil en años.

ISA	< 5	$5 \sim 19$	$20 \sim 29$	≥ 30
$p_{f\ ELU}$	0,20	0,10	0,01	0,0001

Tabla 6: Probabilidad conjunta de fallo frente a ELU.

IREO	≤ 5	$6 \sim 20$	> 20
Operatividad $r_{f\ ELO}$	0,85	0,95	0,99

Tabla 7: Operatividad.

ISAO	< 5	$5 \sim 19$	$20 \sim 29$	≥ 30
Número	10	5	2	0

Tabla 8: Número de paradas operativas.