

Lucas E. Calvo Gobbetti, Michele Mossa*

UN DENTE DI SQUALO COME SOUVENIR DEL CANALE DI PANAMA

A SHARK TOOTH AS A SOUVENIR OF THE PANAMA CANAL

La storia ha evidenziato l'importanza della navigazione come sistema di trasporto di uomini e merci. Ovviamente con tali presupposti da sempre il sistema dei trasporti, in particolare quello marittimo, ha richiesto attenzione in termini di efficienza sia per quanto attiene alle questioni di costi e sicurezza sia per i tempi della navigazione. Storicamente i canali sono stati costruiti per creare un collegamento tra due mari o laghi al fine di evitare lunghe deviazioni, o tra due mari o laghi senza sbocco, o per rifornire le città dell'entroterra via mare, o, ancora, per fornire un'alternativa economica ad altre opzioni. Il Canale di Panama, che collega il Mar dei Caraibi all'Oceano Pacifico, rappresenta certamente uno dei canali di navigazione più strategici a livello internazionale. In questo articolo viene presentata brevemente la storia del Canale e i suoi recenti sviluppi di ampliamento, resisi necessari per l'utilizzo delle più grandi navi portacontainer e portagrani, che vedono ancora in prima linea alcune imprese italiane.

La realizzazione del Canale di Panama ha richiesto una serie di soluzioni ingegneristiche estreme e di avanguardia, che certo hanno comportato diverse problematiche di carattere idraulico, ambientale e legislativo, quali la gestione delle risorse idriche, la navigazione, l'uso civile e industriale delle acque, il controllo delle inondazioni, le questioni climatiche, la conservazione ecologica dei corpi d'acqua, di cui si dà cenno nella memoria.

Parole chiave: Canale di Panama, Navigazione, Chiuse, Grandi infrastrutture.

In the history of navigation, ship canals have been constructed for a number of reasons, for example to create a shortcut and avoid lengthy detours, to create a navigable shipping link between two land-locked seas or lakes, to provide inland cities with a direct shipping link to the sea or to provide an economical alternative to other options. A ship canal is especially intended to accommodate ships used on the oceans, seas, rivers or lakes to which it is connected. Ship canals may be especially constructed from the start to accommodate ships, or less frequently, they may be enlarged barge canals, or canalized or channelized rivers. Surely, among the international strategic ship canals, we must consider the Panama Canal, which links the Caribbean Sea to the Pacific Ocean, creating a critical shortcut. After many years of functioning and non-stop service, the existing locks became small for new vessels, which number of units is increasing. There is a growing demand that the existing locks could not take care of due to the dimensions of the locks. Therefore, the necessity of a new, wider and larger set of locks arose and Italian building firms are involved in the construction of the new canal. The paper presents a brief history of the Panama Canal and its new recent development.

The operation of the Panama Canal involves a variety of hydroenvironmental and legislative issues, such as water resources management, navigation, municipal and industrial use of water, flood control, climate prediction and ecological conservation of bodies of water. The paper presents also this aspect of the Panama Canal construction.

Key words: Panama Canal, Navigation, Locks, Large Infrastructures.

1. INTRODUZIONE

Nella storia dell'Umanità i viaggi attraverso le grandi aree oceaniche sono stati intrapresi al fine di scoprire nuove terre e fondare nuove colonie. Perciò la navigazione è stata spesso funzionale all'esplorazione, alle attività commerciali e agli affari politici. I vichinghi esplorarono tutto il Nord Atlantico, dove stabilirono colonie tra il 1000 e il 1300. Più di 1.000 anni fa, polinesiani e micronesiani navigarono per migliaia di chilometri attraverso l'Oceano Pacifico al fine di colonizzarne le isole dalla Nuova Zelanda alle Hawaii. Le grandi navigazioni dei cinesi attraverso gli oceani permisero l'estensione dell'influenza della dinastia Ming. Le esplorazioni oceaniche europee successive a quelle dei vichinghi iniziarono nel XV secolo, con la navigazione dei portoghesi nell'Oceano Atlantico. Gli europei intrapresero intense attività di scambi commerciali con l'Estremo Oriente per ottenere prodotti preziosi come l'incenso, la seta e le spezie. A tal fine venne utilizzata una combinazione di rotte marittime e terrestri in tutta l'Asia centrale. Si ricorda la cosiddetta "via dell'incenso", la quale era una tratta carovaniera che collegava l'estremità della penisola arabica (l'Oman e lo Yemen) con il Mediterraneo. La via carovaniera era

* Lucas E. Calvo Gobbetti, División de Ingeniería y Proyectos, Autoridad del Canal de Panamá, ACP, Corozal Oeste, edificio 676, Ancón, Panamá, República de Panamá, e-mail: lcalvo@pancanal.com; Michele Mossa, Politecnico di Bari, Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale, del Territorio, Edile e di Chimica, Via E. Orabona 4 - 70125 Bari, Italia, e-mail: michele.mossa@poliba.it

particolarmente importante per le merci che arrivavano via mare dall'India e dall'Estremo Oriente, tra le quali viaggiavano le essenze profumate, come l'incenso, che ne dà il nome, il sandalo, il muschio, la mirra, il balsamo e altre ancora, la canfora, il bambù, le spezie usate per l'alimentazione e la conservazione dei cibi e le sostanze usate per la farmacopea e la cosmesi, l'oro, l'argento e le pietre preziose, oltre a merci meno pregiate. Altrettanto importante era la cosiddetta "via della seta", ossia quel reticolo, che si sviluppava per circa 8.000 km, costituito da itinerari terrestri, marittimi e fluviali lungo i quali nell'antichità si erano snodati i commerci tra l'impero cinese e quello romano. Infine si ricorda anche la cosiddetta "rotta delle spezie", la quale era la via marittima dall'Europa all'India e oltre; la rotta venne aperta tra il XV e il XVI secolo da esploratori portoghesi.

Da queste brevi note appare evidente l'importanza della navigazione come sistema di trasporto di uomini e merci. Ovviamente con tali presupposti da sempre il sistema dei trasporti, in particolare quello marittimo, ha richiesto una certa attenzione alle questioni di costi e di sicurezza nonché ai tempi della navigazione. Storicamente i canali sono stati costruiti per creare un collegamento tra due mari o laghi al fine di evitare lunghe deviazioni, o tra due mari o laghi senza sbocco, o per rifornire le città dell'entroterra via mare, o, ancora, per fornire un'alternativa economica ad altre opzioni.

In generale un canale navigabile è ad uso soprattutto per la navigazione in oceani, mari, fiumi o laghi a cui il canale stesso è collegato. In particolare i canali possono essere costruiti ad utilizzo specifico delle navi o, meno frequentemente, per allargare i canali ad uso delle chiatte o per rendere navigabili i fiumi. Tra i canali navigabili più famosi è il Canale di Suez (con una lunghezza di 193,30 km e una profondità di 24 m), che è stato aperto nel 1869 e collega il Mar Mediterraneo al Mar Rosso. Di rilievo è anche il Canale di Kiel (con una lunghezza di 97 km e una dimensione delle chiuse di 310 m x 42 m x 14 m), che è stato aperto nel 1895 e collega il Mare del Nord con il Mar Baltico; il Canale del Mar Bianco-Mar Baltico (con una lunghezza di 227 km e una chiuse di 135 m x 14,3 m x 3,5 m), che è stato aperto nel 1933 ed è caratterizzato da un tratto di fiume reso navigabile e da un tratto di canale artificiale; il Canale Danubio-Mar Nero (con una lunghezza di 64 km e una dimensione delle chiuse di 138 m x 16,8 m x 5,5 m), che è stato aperto nel 1984.

È ben noto che alcuni di questi canali hanno un ruolo strategico internazionale nella navigazione e, di conseguenza, negli affari politici ed economici degli stati, a volte divenendo anche motivo di crisi internazionale. Si ricorda la crisi del Canale di Suez, nel corso della quale il Segretario di Stato canadese per gli Affari Esteri, Lester B. Pearson, propose la creazione della prima forza di pace delle Nazioni Unite per garantire l'accesso al Canale stesso. Con questo scopo, il 4 novembre 1956, le Nazioni Unite votarono a maggioranza a favore della risoluzione di Pearson, con cui incaricavano le forze militari delle Nazioni Unite a rimanere di stanza nel Sinai fino al ritiro concordato degli eserciti dell'Egitto e di Israele.

Sicuramente tra i canali più strategici a livello internazionale, si deve annoverare il Canale di Panama, che, aperto nel 1914, collega il Mar dei Caraibi all'Oceano Pacifico, divenendo di fatto un collegamento marittimo estremamente critico.

2. BREVE STORIA DEL CANALE DI PANAMA

Nel 1534 Carlo V di Spagna aveva ordinato il rilevamento di un tracciato che trasformasse in realtà il sogno di unire l'Oceano Atlantico con l'Oceano Pacifico. Ma solo dopo la realizzazione del Canale di Suez, nella seconda metà del 1800, l'iniziativa si rivelò concretamente fattibile.

Il progetto originario del canale risale al XIX secolo. Infatti, nel 1879 il progetto fu caldeggiato dal Congresso Internazionale di Parigi ed ebbe tra i suoi promotori Ferdinand de Lesseps (Fig. 1), già noto per essere stato il costruttore del Canale di Suez.

Nel 1881 Lesseps fondò una società per raccogliere fondi e iniziò i lavori secondo un progetto molto complesso che non prevedeva chiuse. Purtroppo il suo tentativo fallì per ostacoli tecnici e finanziari. Nel 1885 fu sostituito da Gustave Eiffel, ma la società fallì nel 1889.



Figura 1 - Ferdinand de Lesseps.

Nel 1901 gli Stati Uniti ottennero dal governo colombiano (che comprendeva anche l'attuale Panama) l'autorizzazione a costruire e gestire il canale per 100 anni. Nel 1903 però il governo della Colombia, in un sussulto di orgoglio nazionale, decise di non ratificare l'accordo. Gli USA allora non esitarono ad organizzare una sommossa a Panama e a minacciare l'intervento dell'esercito se fosse avvenuta la reazione del governo legittimo.

Come avvenne in precedenza per Cuba, Panama divenne una repubblica indipendente, ancorché sotto la tutela degli Stati Uniti, che ottennero l'affitto perpetuo della zona del canale e l'autorizzazione ad iniziare i lavori. Questi ultimi iniziarono nel 1904, intrapresi dal genio militare statunitense, e si conclusero il 3 agosto 1914, seguendo i progetti del colonnello Gøthel, ideatore del sistema di chiuse su cui il Canale si basa.

Il maggior problema tecnico, ovvero il superamento dell'altopiano interno, venne risolto con la creazione di tre ordini di chiuse e la costruzione di una diga sul Rio Chagres che ha dato origine al Lago Gatún, per dimensioni il secondo bacino artificiale del mondo (Fig. 2).

Il Canale di Panama venne inaugurato il 15 agosto 1914 dal vapor Ancón (Figg. 3 e 4).

Il Canale venne gestito esclusivamente dagli Stati Uniti per ben 85 anni, fino allo storico accordo del 7 settembre 1977 tra il presidente USA Jimmy Carter e il leader panamense Omar Torrijos, con il quale gli Stati Uniti ne cedettero il controllo a partire dall'anno 2000, garantendo la neutralità della zona (Fig. 5).



Figura 2 - Sfiatore della diga sul Rio Chagres. La diga è in terra e ha dato origine al Lago Gatún.



Figura 3 - Vapor Ancón all'inaugurazione del Canale di Panama.



Figura 4 - Un'altra foto del Vapor Ancón all'inaugurazione del Canale di Panama.



Figura 5 - Stretta di mano dopo lo storico accordo del 7 settembre 1977 tra il Presidente USA Jimmy Carter e il leader panamense Omar Torrijos, con il quale gli Stati Uniti cedettero il controllo del canale a partire dall'anno 2000.

Lo Stato di Panama, attraverso un'apposita società, si occupa oggi dell'organizzazione, manutenzione e soprattutto degli enormi proventi che scaturiscono dal Canale.

A causa del costante aumento del trasporto marittimo mondiale, sono aumentati sia l'interesse che gli investimenti per la realizzazione di nuovi canali o per l'ampliamento di quelli esistenti. Ovviamente questa esigenza è stata sentita anche per il Canale di Panama, al punto da richiedere un progetto di ampliamento e raddoppio.

3. ESERCIZIO DEL CANALE

Il Canale di Panama ha una profondità minima di 12 m e la larghezza varia tra i 240 e i 300 m nel Lago Gatún; è di 90-150 m nel tratto di terraferma. Le navi che attraversano il canale non possono superare i 300 m di lunghezza a causa della distanza tra le chiuse (Fig. 6).

Il Canale è costituito da un sistema di chiuse (Figg. 7, 8, 9 e 10), che permette alle navi di superare un dislivello di 26 m, evitando in tal modo la circumnavigazione dell'America meridionale. A partire dal versante atlantico, il Canale vero e proprio viene imboccato dopo un tratto di circa 7 km di mare aperto. Gli 11 km che seguono si snodano in direzione sud-sud-ovest fino a raggiungere le chiuse di Gatún, che innalzano le imbarcazioni di 26 m sopra il livello del mare, fino al lago artificiale di Gatún, formato dalla costruzione di una diga sul Rio Chagres. Dopo aver attraversato il lago, il Canale prosegue verso sud-sud-est sino all'imboccatura del taglio di Gaillard (o anche taglio di Culebra), un tratto di terraferma di 13 km al termine del quale si trovano le chiuse di Pedro Miguel. Queste, permettendo un abbassamento di circa 9 m, conducono al Lago Miraflores, collegato all'Oceano Pacifico dalle due chiuse di Miraflores, le quali abbassano ulteriormente le navi fino a farle ritornare al livello dell'Oceano Pacifico.

Ogni anno sono circa 14.000 mila, ossia circa 42-44 al giorno, le navi che scelgono di attraversare il Canale, per accorciare la lunghissima rotta tra i due Oceani. Il tempo di percorrenza dell'intero Canale è 10-14 ore. Il pedaggio parte da 70 mila dollari, per una normale nave commerciale a pieno carico, fino anche a 300 mila dollari per una nave da crociera con 3-4 mila passeggeri. Il pedaggio dovuto per la navigazione è una delle principali fonti dell'economia dello Stato di Panama, oltre a quelle della banca internazionale e del turismo. Il tempo di permanenza totale di una nave nelle acque del Canale, compresa l'attesa, è di circa 24 ore.

Poiché negli ultimi anni è invalsa la tendenza nei cantieri navali, soprattutto cinesi, di costruire navi portacontainer sempre

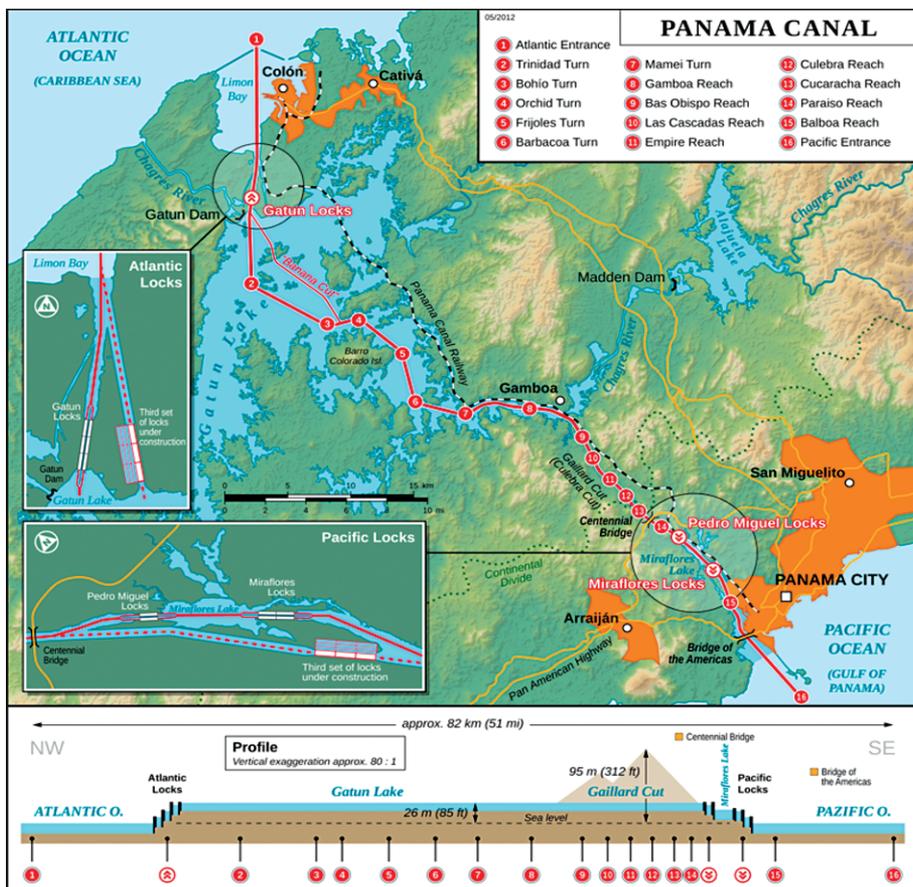


Figura 6 - Pianta e sezione del Canale di Panama.

più grandi, superiori per dimensioni alle cosiddette Panamax, lunghe al massimo 294 m e larghe 32 m, che erano state ideate proprio per consentire loro il passaggio attraverso il Canale di Panama, attualmente si sta realizzando un grande progetto per il raddoppio delle chiuse e l'allargamento del Canale, per garantire a Panama di mantenere, ancora per lungo tempo, il ruolo strategico e cruciale di ponte fra gli oceani. Il costo stimato di questa operazione secondo la *Autoridad de Canal de Panama* (ACP) sarà di 5.250 milioni di dollari americani.

4. L'AMPLIAMENTO DEL CANALE DI PANAMA

L'ampliamento del Canale di Panama è il progetto più importante per il futuro del Paese. È stato concepito per il passaggio delle cosiddette navi post-Panamax in grado di trasportare fino a 12.000 TEU (*twenty-foot equivalent unit*, ossia la misura standard di volume dei container ISO), contro i 4.400 TEU attualmente consentiti dalle Panamax (Fig. 11). I lavori di ampliamento ebbero inizio nel 2007, con una serie di grandi opere. La data prevista per la conse-



Figura 7 - Un'immagine delle chiuse e della paratoie esistenti del Canale di Panama.



Figura 8 - Un'immagine delle chiuse con le paratoie esistenti del Canale di Panama.



Figura 9 - Un primo piano delle paratoie del Canale di Panama.



Figura 10 - Una vista aerea del Canale di Panama.

gna è il 2016. Il costo totale del mega-progetto sarà quasi interamente finanziato con un aumento annuo, mediamente del 3,5%, dei pedaggi per i prossimi 20 anni, e con un accesso ad una linea di credito di 2,3 miliardi di dollari.

Gli elementi principali del progetto di ampliamento del Canale di Panama prevedono quanto segue:

- Costruzione di due nuove chiuse con dimensioni di 427 x 55 m, una sul versante atlantico e l'altra sul versante pacifico, ognuna di tre livelli, molto più grandi di quelle esistenti (305 x 33 m); queste nuove chiuse permetteranno il passaggio delle navi di grande tonnellaggio alle quali è oggi impedito il transito.
- Costruzione, per ogni chiusa, di un sistema di vasche (18 in totale) per il parziale recupero dell'acqua utilizzata dalle chiuse. In particolare il sistema, noto come *Water Saving Basins*, consente, attraverso l'introduzione di bacini ausiliari, il recupero e il riutilizzo parziale dell'acqua del lago Gatún. In questo modo il transito di ogni nave, che richiederebbe l'utilizzo di circa 500.000 m³ di acqua, si realizzerà con circa 200.000 m³, con un risparmio di acqua pari al 60%.
- Dragaggio e scavo dei canali di accesso alle nuove chiuse sia sul lato atlantico che su quello pacifico, per una lunghezza complessiva di 11,2 km ed una larghezza di 218 m.
- Dragaggio del canale in tutta la sua lunghezza (circa 80 km), compresi gli accessi marittimi sull'Atlantico e sul Pacifico, per aumentarne la profondità e renderlo compatibile con il maggiore pescaggio delle navi "post-Panamax".

Dunque, il progetto di ampliamento prevede non solo l'espansione delle chiuse esistenti, ma anche lo scavo di nuovi canali con nuove chiuse, l'ampliamento e l'aumento della profondità dei canali di navigazione esistenti (al fine di consentire il passaggio di navi più grandi e un doppio senso di circolazione) e l'aumento del livello massimo del Lago Gatún per cui è garantita la funzionalità dell'opera. Ovviamente i lavori hanno anche richiesto delle opere provvisorie di protezione, tra cui una serie di ture (*Sembenelli*, 2012). Le nuove chiuse differiscono dalle esistenti per il tipo di conglomerato armato utilizzato. Le chiuse esistenti furono costruite con calcestruzzo non armato. Successivamente la tecnologia andò sviluppandosi ulteriormente. In quel periodo era oggetto di discussione e ricerca anche la formula del cemento Portland che venne istituita solo nel 1917 dallo *US Bureau of Standards* e dalla *American Society* per le prove dei materiali. Per realizzare il canale vennero utilizzati quattro milioni e mezzo di metri cubi di calcestruzzo.

Le nuove chiuse sono state costruite con conglomerato armato classificato secondo due tipologie: calcestruzzo strutturale e calcestruzzo strutturale per ambiente marino. Quest'ultimo contiene additivi di cenere volante ed è utilizzato per lo strato di copertura al fine dell'impermeabilizzazione e, dunque, per proteggere le armature dalla corrosione da cloruri. Nella costruzione delle nuove chiuse verrà utilizzato acciaio per 192 tonnellate. I principali muri delle chiuse esistenti sono a gravità con un'altezza di 24 m e uno spessore variabile dal valore massimo di 14,9 m alla base al valore minimo di 3 m nella parte superiore. Viceversa le nuove chiuse hanno pareti di calcestruzzo armato, sempre di spessore variabile. In particolare, lo spessore è di 22,5 m dalla base fino alla quota superiore dei cunicoli, presenti nelle pareti, a partire dalla quale lo spessore viene bruscamente ridotto a 8 m, per essere ulteriormente ridotto fino a 2 m nella parte superiore.

Per la movimentazione dell'acqua nei bacini, la serie di chiuse esistenti è dotata di cunicoli principali e laterali. I primi sono posizionati all'interno delle pareti longitudinali delle chiuse, mentre i cunicoli laterali, trasversali rispetto a quelli principali, sono posizionati sotto la platea dei bacini (*Fig. 12*). Il cunicolo principale nella parete centrale di separazione tra le chiuse ha sezione a forma di ferro di cavallo con fondo piano e con diametro compreso tra 5,5 m e 6,7 m; i cunicoli principali nelle pareti esterne dei bacini hanno

L'ampliamento del Canale di Panama

Il progetto, la cui esecuzione è iniziata nel 2007, prevedeva un costo di 3,6 miliardi di dollari, lievitati ora a 5,2, con un aumento di 1,625 (1,2 miliardi di euro); dovrebbe raddoppiare la capacità di trasporto tra l'Atlantico e il Pacifico; del consorzio Sacyr fa parte al 38% l'italiana Salini Impregilo

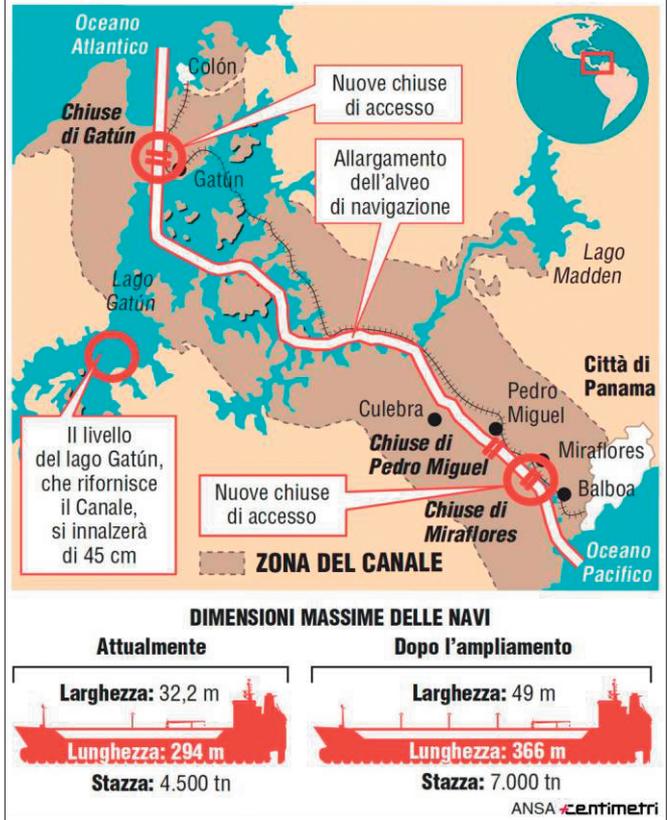


Figura 11 - Una sintesi dei lavori di ampliamento del Canale di Panama.

Le nuove chiuse differiscono dalle esistenti per il tipo di conglomerato armato utilizzato. Le chiuse esistenti furono costruite con calcestruzzo non armato. Successivamente la tecnologia andò sviluppandosi ulteriormente. In quel periodo era oggetto di discussione e ricerca anche la formula del cemento Portland che venne istituita solo nel 1917 dallo *US Bureau of Standards* e dalla *American Society* per le prove dei materiali. Per realizzare il canale vennero utilizzati quattro milioni e mezzo di metri cubi di calcestruzzo.

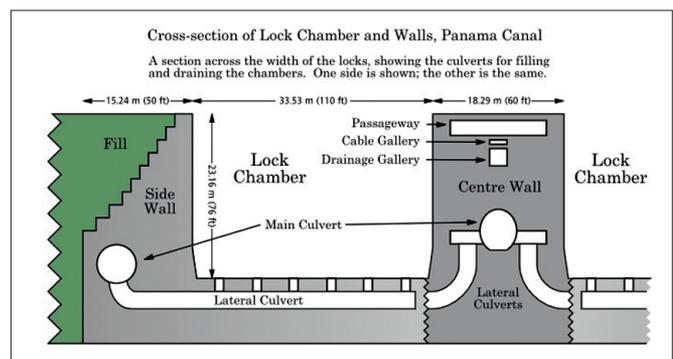


Figura 12 - Uno schema dei cunicoli del bacino.

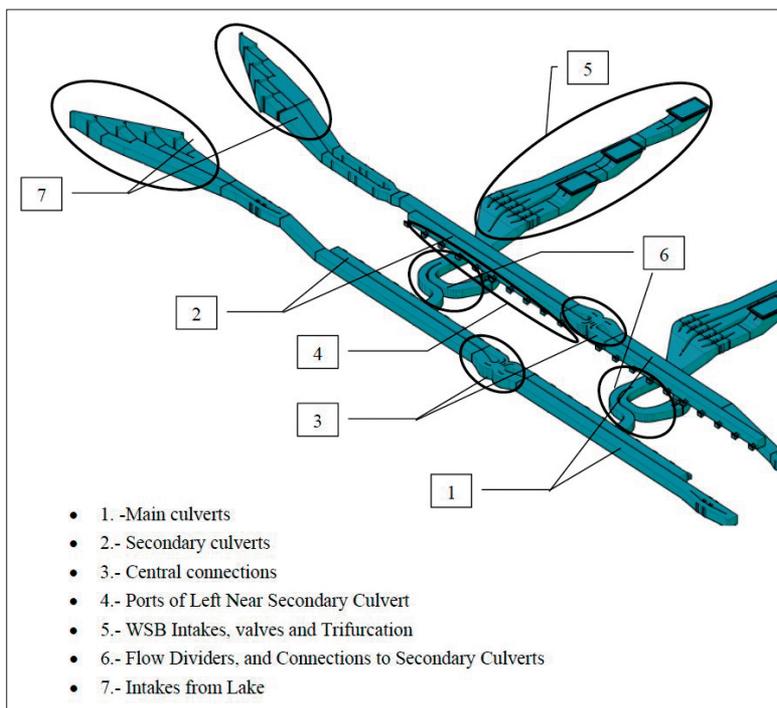


Figura 13 - Sistema di riempimento e vuotamento delle nuove chiuse. Si notino i collegamenti con le vasche di riuso dell'acqua (Water Saving Basin).



Figura 14 - Le nuove paratoie del Canale di Panama.



Figura 15 - Una fase dei lavori di ampliamento del Canale di Panama.

una sezione circolare con diametro di 5,5 m. I cunicoli laterali hanno sezione ellittica, con altezza massima 1,98 m e larghezza massima 2,44 m. Come si evince dalla Fig. 12, i cunicoli consentono il riempimento e vuotamento dei bacini attraverso luci circolari del diametro di 1,2 m, posizionate sul fondo dei bacini stessi.

Nelle nuove chiuse i cunicoli principali e secondari per la regolazione del livello dell'acqua hanno sezione rettangolare. Questa scelta è legata alla maggiore facilità di costruzione. La sezione dei cunicoli principali è di 27,13 m x 6,50 m, mentre quella dei cunicoli secondari è di 6,50 m x 6,50 m. I cunicoli suddetti consentono il riempimento e vuotamento dei nuovi bacini attraverso luci rettangolari di dimensioni 2 m x 2 m. La Fig. 13 mostra alcuni particolari del sistema di riempimento e vuotamento delle nuove chiuse.

Per le chiuse esistenti vengono utilizzate paratoie con porte oblique di acciaio. Le più grandi sono quelle delle chiuse di Miraflores che arrivano fino a 25 m di altezza, 19,5 m di larghezza e 7 m di spessore, vicino all'Oceano Pacifico, dove la marea ha la massima escursione. Le paratoie esistenti di tipo "Vinciane" sono costituite da due piani che si chiudono a forma di "V". Questa soluzione permette di tenere chiuse le due porte della paratoia sfruttando la spinta dell'

acqua. Ai fini della manutenzione, le porte vengono rimosse con grandi gru su chiatte e trasportate in un'officina per la revisione. I bacini esistenti hanno anche paratoie intermedie, con l'eccezione della chiusa di Miraflores meno profonda. Queste paratoie dividono il bacino in due tratti di lunghezza minore per le navi più piccole e il loro scopo originale era di risparmiare acqua durante la stagione secca. Tuttavia, considerate le dimensioni attuali delle navi, le paratoie intermedie sono scarsamente utilizzate.

Una tecnologia migliore è stata sviluppata per le nuove strutture. Le nuove chiuse in costruzione utilizzeranno paratoie scorrevoli ad apertura laterale, con movimento trasversale al percorso delle navi (Fig. 14). Questo sistema permetterà la manutenzione in situ, senza la necessità di trasportare le paratoie in un'apposita officina meccanica e senza interrompere il transito, con notevole risparmio di tempo e denaro. Le nuove paratoie (tipo "Porte a Scorrimento Orizzontale") saranno anche più grandi delle attuali, raggiungendo altezza 32,9 m, larghezza di 57,6 m con spessore di 10 m. Non sono state previste paratoie intermedie nella progettazione delle nuove chiuse, le quali permetteranno il sollevamento delle navi dal livello degli oceani al Lago Gatún (intermedio rispetto ai due oceani) e viceversa, in un tempo inferiore a due ore. L'apertura o chiusura delle nuove paratoie, azionate da argani elettrici, avviene in circa 3-4 minuti.

Gli studi effettuati hanno permesso di realizzare un progetto sostenibile dal punto di vista sociale e ambientale al fine di mitigare tutti gli impatti sul territorio. Per esempio, una particolare attenzione è stata attribuita sin dalla fase progettuale alla riduzione del consumo di acqua del Lago Gatún durante le fasi di transito. Infatti, come già detto, a tal fine è stato studiato un nuovo sistema, definito *Water Saving Basins*, che consente attraverso l'introduzione di bacini ausiliari il recupero e il riutilizzo parziale dell'acqua del Lago Gatún. La Fig. 15 mostra una foto dei nuovi cantieri.

Per maggiori dettagli sul Canale di Panama esistente e sulla nuova opera si può leggere Whitehead (1915), Schohl (1999), GUPC (2010a; 2010b; 2011), Calvo Gobbetti (2013), Stockstill e Hammack (2013), Bal (2014), Calvo Gobbetti e Mossa (2014), Cuevas (2014), Espinosa (2014), Lara et al. (2014), Reece e Denton-Brown (2014), Smits (2014).

5. LA NUOVA COSTRUZIONE E CONFRONTI CON IL PASSATO

Le imprese di costruzioni che lavorano al raddoppio del Canale di Panama sono spagnole e italiane, così come erano spagnoli e italiani la maggior parte degli operai durante la realizzazione del Canale di Panama esistente, che, giustamente, venne definita la più alta opera di ingegneria del XX secolo. Oggi i lavori di trasformazione e di allargamento dell'istmo devono fare i conti con i contratti di appalto e subappalto. In particolare i costi sono cresciuti di altri 1.600 milioni di dollari rispetto ai 5.250 stimati nel 2007 quando il governo di Ricardo Martinelli decise di raddoppiare il passaggio di navi e porta-container lungo gli 81 chilometri del canale. I lavori vengono eseguiti da un consorzio di imprese (la GUPC, *Grupo unido por el Canal*), di cui la spagnola *Sacyr Vallehermosa* e la italiana *Impregilo* detengono il 48% delle azioni. La società di assicurazioni elvetica *Zurich International* garantisce l'esito dell'impresa e ne copre i rischi. Un'Autorità, la ACP (*Autoridad del Canal de Panama*), è espressione diretta del governo panamense, che sul quel tratto di terra scavato in mezzo al Centroamerica ha fondato e tuttora fonda la sua crescita del 10,3%.

Certamente i moderni lavori vengono condotti in un modo molto diverso da quelli del 1914. In quel periodo all'assenza di diritti per le maestranze accorse da ogni angolo del mondo veniva contrapposto un puro entusiasmo per un'opera titanica che avrebbe ridotto di un terzo i collegamenti tra costa atlantica e pacifica del continente americano. Si trattava di un'occasione storica di lavoro e di una nuova vita per migliaia di uomini e donne angosciati dall'imminenza di una guerra che avrebbe coinvolto il mondo con i suoi lutti e orrori. Fu così che tra il 1904 e il 1914, ben 43.781 operai varcarono l'Atlantico e sbarcarono a Panama, vista come una terra promessa. Le foto conservate nell'archivio dell'*Autoridad del Canal de Panama* e riprodotte dal giornale *El Faro* raccontano quell'avventura e ricordano un dato che la storia di oggi, un secolo dopo, ripropone. Il gruppo più nutrito dei lavoratori arrivava dall'isola delle Antille Barbados. Si reputa che fossero ben 19.000. Molti già vivevano a Panama e fu facile per loro far girare la voce e invitare i connazionali a tentare una nuova vita. Al secondo posto, con 8298, c'erano gli spagnoli e al terzo, con 1941 unità spiccavano gli italiani, i quali costituivano il 23,3% della mano d'opera. Dalla Grecia ne arrivò poco più di un migliaio. Mentre dalla Francia ne giunsero solo 19, a parte gli oltre 2000 della Guadalupe. Scavare un canale largo fino a 300 m, composto da chiuse e bacini artificiali non era solo un'impresa di ingegneria quasi avveniristica, poiché si trattava di partecipare a un evento ritenuto giustamente epocale. Le maestranze italiane, del resto, godevano di una professionalità unica nel campo delle infrastrutture. Venivano apprezzati come maestri, non semplici manovali, costruivano grandi opere, erano lavoratori tenaci, nonostante le torride temperature equatoriali e le malattie che incombevano, e sapevano adattarsi alle usanze diverse. Da decenni si erano sparpagliati nel mondo e contribuivano alle grandi e piccole opere di costruzione. Le migrazioni avvenivano perché c'era bisogno di lavoro, cercando di sfuggire alla miseria del nostro Meridione. Del passaggio della maestranze italiane è rimasta traccia a Panama. Basti pensare ai numerosi ristoranti e trattorie, con piccoli negozi e botteghe di commercio, che si snodano ancora lungo le sponde del vecchio canale. Il cibo e le usanze si sono mischiate e questo crogiolo di nazionalità ha finito per plasmare e creare la moderna Repubblica centroamericana. Le cartoline riprodotte nelle Figg. 16-21 mostrano alcuni momenti di quel periodo.

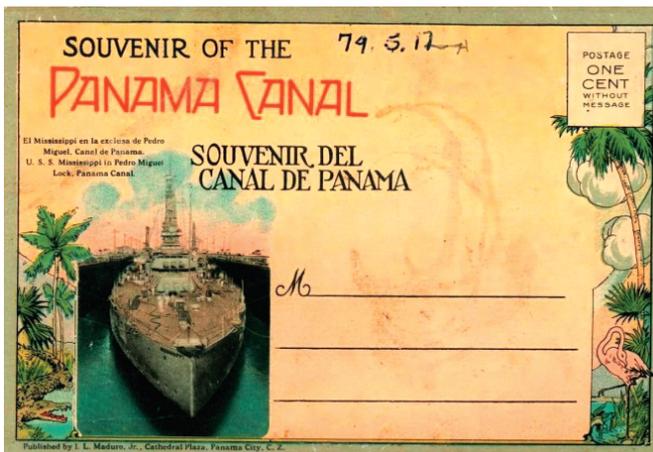


Figura 16 - Tipica cartolina del Canale di Panama.

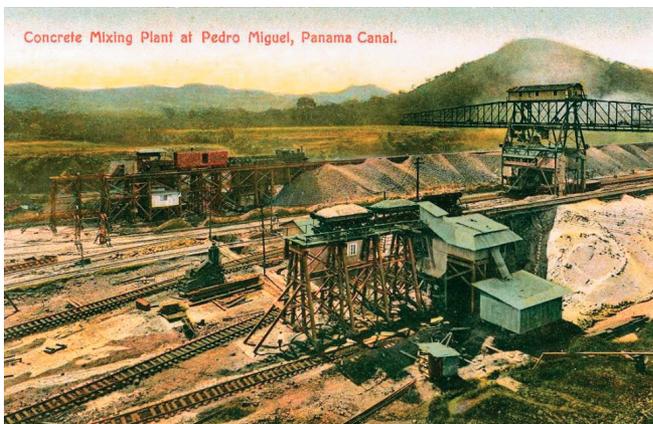


Figura 17 - Cartolina dell'impianto di produzione del calcestruzzo.

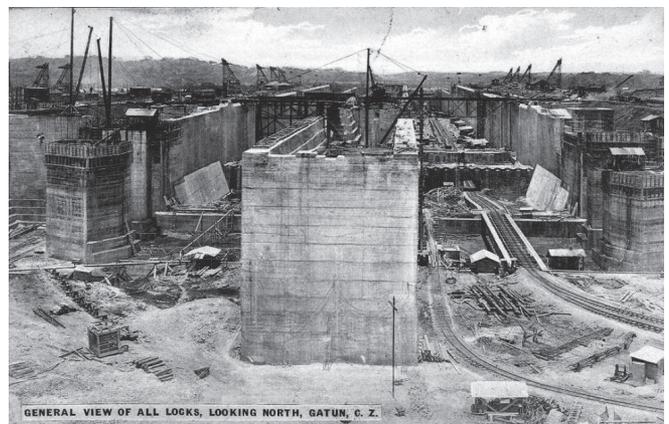


Figura 18 - Cartolina raffigurante una fase di costruzione delle chiuse.

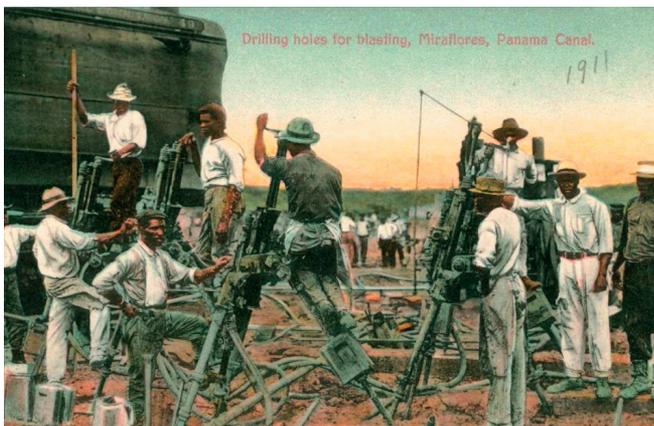


Figura 19 - Cartolina raffigurante una fase di realizzazione dei fori per le mine.

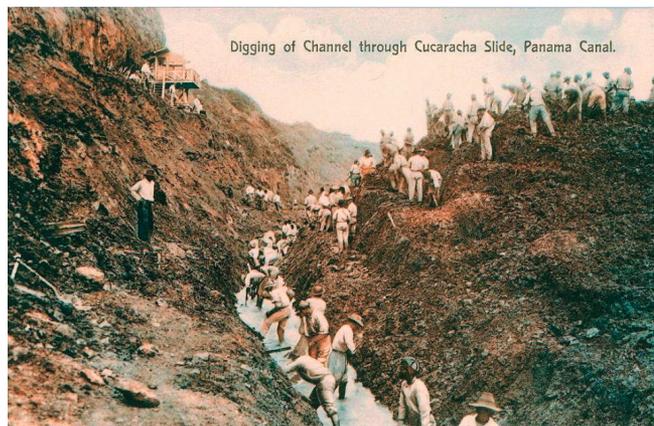


Figura 20 - Cartolina raffigurante una fase dello scavo del canale.

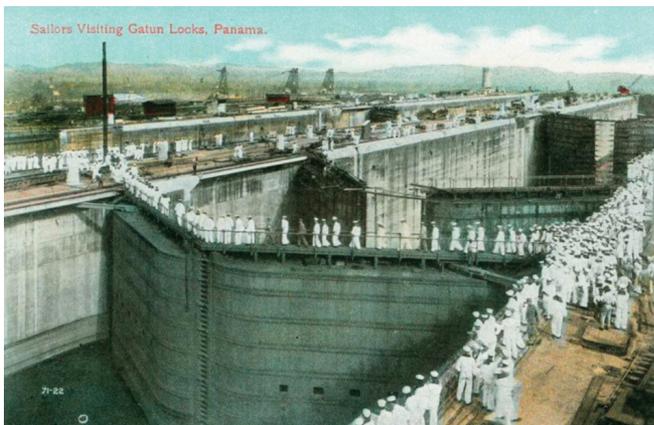


Figura 21 - Cartolina raffigurante una visita della marina americana alle chiuse di Gatún.

Adesso l'Italia e la Spagna tornano ad essere protagonisti del nuovo progetto, ma con personale diverso, in maggioranza locale. Tecnici di altissimo livello operano a Panama, avendo la possibilità di far emergere le competenze ingegneristiche storicamente riconosciute. Secondo i piani, il raddoppio del Canale avrebbe dovuto essere terminato entro la fine del 2014. Infatti, il 15 agosto l'istmo festeggerà cent'anni di vita e il presidente Martinelli avrebbe voluto commemorare questa data con l'inaugurazione ufficiale. Ma il festeggiamento dell'anniversario con l'apertura del nuovo canale è destinato a sfumare. Il Consorzio di imprese *Grupo unido por el Canal* (GUCP) lamenta nuovi costi per una serie di varianti e difficoltà con la richiesta di altri 1600 milioni di dollari al governo. Il Presidente panamense Martinelli si è opposto e ha chiesto all'Autorità del Canale di intavolare trattative con la società assicuratrice *Zurich International*, garante dei lavori, che sono stati completati al 70%. In ogni caso è previsto che l'opera grandiosa del raddoppio possa essere inaugurata nel 2016; questo è certamente l'ambizioso obiettivo di cui Panama vuol andar fiera.

6. ALCUNI PROBLEMI LEGATI ALLA REALIZZAZIONE DEL CANALE ESISTENTE

La storia della costruzione del primo canale di Panama è stata segnata dalla strage di migliaia di persone morte a causa della mancanza di sicurezza nei cantieri, ma soprattutto a causa delle malattie tropicali contratte durante i lavori (Fig. 22).

Il progetto iniziale del 1875 fu dei francesi, ma fallirono nell'impresa sia Ferdinand de Lesseps, già costruttore del Canale di Suez, sia Gustave Eiffel. Uno tra i motivi più importanti del fallimento fu l'incapacità di controllare e limitare l'insorgenza delle malattie tropicali, soprattutto delle febbri trasmesse dagli insetti pungitori cioè: malaria, febbre emorragica, febbre gialla etc. Morirono 22.000 persone tra tecnici e operai. Riuscirono invece gli americani, che si preoccuparono all'inizio dei lavori, nel 1914, di rendere Panama un luogo salubre. A questo pensò William C. Gorgas, un ufficiale americano che iniziò una colossale opera di bonifica delle paludi intorno ai cantieri e di disinfestazione con sostanze chimiche molto tossiche nebulizzate in continuazione in tutta l'area; chiese che fossero messe le zanzariere ai letti e fece coprire gli operai con indumenti a maniche lunghe.

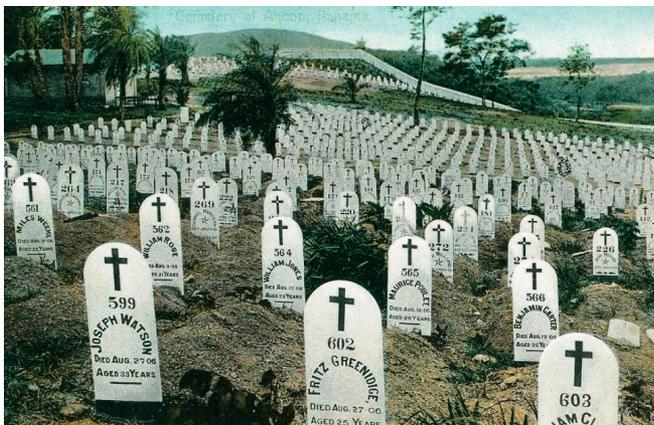


Figura 22 - Cartolina raffigurante il cimitero delle vittime del lavoro del Canale di Panama.

Durante gli anni del tentativo francese di realizzazione dell'opera (si veda il paragrafo 2), la conoscenza delle malattie tropicali era quasi nulla, sebbene già nel 1712 Giovanni Maria Lancisi attribuì alle zanzare la diffusione della malaria e incoraggiò quindi la bonifica delle paludi nell'Agro Pontino. A fine 800, però, erano ancora radicate delle credenze erronee sul contagio. Purtroppo i francesi a Panama non bonificarono le paludi, ma misero in atto una soluzione che si rivelò catastrofica. Credendo che le malattie fossero trasmesse dagli insetti striscianti (scarafaggi, scolopendre, formiche, etc.) immersero i piedini dei letti in tazze d'acqua, pensando di evitare il contagio notturno. Fu invece in queste tazze, dove l'acqua stagnava per mesi, che si moltiplicarono le larve delle zanzare che li sterminarono.

In oltre un decennio grandi gruppi di lavoratori sfidarono situazioni gravose con seri rischi di malattia al fine di incidere 80 km di terra per la realizzazione del canale attraverso l'istmo di Panama, con il grande obiettivo di collegare gli oceani Atlantico e Pacifico.

Durante gli scavi per la realizzazione del canale era possibile recuperare quello che sarebbe divenuto un souvenir caratteristico del luogo, ossia un dente di squalo (Fig. 23). Quando il Canale è stato costruito un secolo fa, la *Smithsonian Institution* ha esaminato i sedimenti ricchi di fossili esposti durante la costruzione, definendo la storia naturale del luogo e creando collezioni geologiche che documentano la biodiversità moderna e antica a Panama. Si narra che talvolta gli operai trovassero questo cimelio fossile vecchio di milioni di anni dopo l'utilizzo della dinamite per lo scavo del canale quando ancora i due oceani non erano collegati. Era usanza che l'operaio che avesse trovato il dente ne facesse sfoggio sulla catena nera del proprio orologio.



Figura 23 - Un dente fossile di un megalodonte (*Carcharodon megalodon*), una specie estinta di squalo gigante che viveva da 18 a 1,5 milioni di anni fa, trovato nella formazione Gatún, nei pressi del Canale di Panama.

7. CONSIDERAZIONI FINALI

Un'infrastruttura è un elemento o un insieme di componenti che rendono un territorio favorevole agli sviluppi e alle necessità di una società. Lo sviluppo infrastrutturale è importante, addirittura essenziale, per giudicare un paese o una regione e il suo sviluppo. Infatti un'infrastruttura può essere definita come "l'insieme dei componenti fisici di sistemi interconnessi che forniscono beni e servizi essenziali per attivare, sostenere o migliorare le condizioni di vita della società". Il termine si riferisce generalmente alle strutture tecniche, come strade, ponti, vie di navigazione, acquedotti, reti fognarie, reti elettriche, telecomunicazioni e così via. Di certo il Canale di Panama rappresenta un'infrastruttura di grande rilievo, caratterizzata da una storia affascinante dal punto di vista tecnico, sia passata che recente. In questo articolo si è presentata brevemente la storia del canale e i suoi recenti sviluppi, che vedono ancora in prima linea imprese italiane.

La realizzazione del Canale di Panama ha richiesto una serie di soluzioni ingegneristiche estreme e di avanguardia, che certo hanno comportato diverse problematiche di carattere idraulico, ambientale e legislativo, quali la gestione delle risorse idriche, la navigazione, l'uso civile e industriale delle acque, il controllo delle inondazioni, le questioni climatiche, la conservazione ecologica dei corpi d'acqua. Si tratta di problemi normalmente legati alla realizzazione di una grande opera, che devono essere attentamente valutati, affinché la realizzazione delle infrastrutture possa avvenire nel massimo rispetto dell'ambiente e con un elevato grado di sostenibilità sociale, facendo in modo che sviluppo e sostenibilità ambientale e sociale non vengano percepiti come due mondi contrapposti.

BIBLIOGRAFIA

- Bal R. A.V.**, Why Pacific locks of the Panama Canal were constructed as two separate structures rather than a single complex similar to the Atlantic locks, *Hydrolink*, no. 1, 2014.
- Calvo Gobetti L. E.**, Design of the filling and emptying system of the new Panama Canal locks, *Journal of Applied Water Engineering and Research*, 2013.
- Calvo Gobetti L. E., Mossa M.**, A shark tooth as a souvenir of the Panama Canal, Editorial, *Hydrolink*, no. 1, 2014.
- Cuevas M. J.**, The Panama Canal flood control program, *Hydrolink*, no. 1, 2014.
- Espinosa J. A.**, Water resource management in the Panama Canal, *Hydrolink*, no. 1, 2014.
- GUPC**, Numerical modeling for the design of the filling/emptying system of the Panama Canal locks complexes. Final report, *G00/CICDSR-H0002 - PC*, April, 2010a.
- GUPC**, Physical model study - final reporting for validation of the F-E system, *G00/CNRDSR-H0006-PA*, December, 2010b.
- GUPC**, Numerical modeling of currents in the approach channel to the Panama Canal lock system - final report, *G01/CICDSR-H0007*, January, 2011.
- Lara C., Lim A. L., Monroy J.**, The Panama Canal existing and new locks: same goal, different scales, *Hydrolink*, no. 1, 2014.
- Reece S., Denton-Brown J.**, The new Panama Canal: impacts and opportunities in the USA, *Hydrolink*, no. 1, 2014.
- Schohl G. A.**, *User's manual for LOCKSIM: hydraulic simulation of navigation lock filling and emptying systems*, Tennessee Valley Authority, USACE, 1999.
- Sembenelli P.**, Temporary protection structures for major infrastructure projects, *L'Acqua*, n. 6, 2012.
- Smits K.**, Chaperoning: collaboration between the Panama Canal Authority (ACP) and CH2M hill in the Panama Canal expansion program, *Hydrolink*, no. 1, 2014.
- Stockstill R. L., Hammack E. A.**, *Modeling flow through a lock manifold port*, Engineer Research and Development Center, Vicksburg MS Coastal and Hydraulics LAB, Report, 2013.
- Whitehead R. H.**, Hydraulics of the locks of the Panama Canal, *International Engineering Congress*, San Francisco, CA, September, 1915.