



# **SOLUCION PLANTEADA PARA SOPORTES DE PUENTES QUE HAN SIDO EROSIONADOS**

**Por Geól. Jorge Serna Ayala**

**Diciembre 2025**

# **EJEMPLO PLANTEADO EN NUESTROS INFORMES DE GEOPELIGROS PARA SOLUCIONES DE SOPORTES DE PUENTES QUE HAN SIDO EROSIONADO QUE HASTA LA FECHA NO SE APLICA COMO METODOLOGIA RECOMENDADA**

## **KP 32+016 – 32+850 Sector: Rio Pirai**

### **Problemática:**

Durante la evaluación 2018, ya se hizo presente las observaciones del cruce aéreo del rio Pirai. Actualmente, continua con la socavación y degradación en la base de las pilastras del cruce teniendo aproximadamente de 1.30 metro de socavación en las mismas actualmente.

En el cruce del Rio Pirai, es evidente el descenso del nivel del cauce del río debido a la sobreexplotación de áridos que hay en toda la cuenca, que hasta la fecha no puede ser regulado.

El descenso del nivel del cauce, ha provocado que los pilotes de las torres se encuentren visibles, dejándolos vulnerables a la abrasión y golpes por el arrastre de la carga tractiva del río, pero por, sobre todo al pandeo de las torres, cuyo peso mayor se encuentra en la parte de arriba. Esto puede generar daños a las fundaciones y poder tumbar toda la estructura si continúa la socavación, siendo vulnerables a vientos y a los sismos.

### **Dossier Fotográfico de las observaciones de campo:**



Foto 1. Muestra la erosión lateral causado por el rio lado noreste.



Foto 2. Grampa liberada para evitar estrés por dilatación



Foto 3. Socavación de base torre debajo de la zapata utilizan como campamento personal de la zona que trabajan en la extracción de áridos.



Foto 2. Se observan daños en la base de la zapata de homigon de la torre



Foto 3. Base de zapatas deteriorados por corrosión de la enferradura



Foto 4. En esta torre el cable del pendulon esta suelto



Foto 5. Se muestra corrosion en las bases de la torre al igual que en la anterior debajo de la zapata esta siendo utilizado como campamento por el personal que extrae los aridos de este sitio



Foto 6. Base de zapata de la torre esta con rajaduras cayendose por deterioro del acero del hormigon



Foto 7. Vista desde antes del cruce direccion del flujo y socavacion de las bases



Foto 8. Al igual que anteriores torres están siendo utilizado como campamento de los dragueros del sitio.



Foto 9. Se observa el alto tráfico de maquinaria pesada y camiones que ingresan a los puntos de extracción de aridos.



Foto 10. Explotacion de aridos en toda la rivera de la cuenca de este sector produciendo degradación del lecho que afecta la estabilidad de las pilas del puente

### **Obras de mitigación propuestas:**

La socavación del cauce continuará, pues continúa la sobreexplotación de áridos en toda la cuenca del río Piraí, por lo cual descenderá el cauce aún más. Teniendo datos de una socavación de 2.5m ya en la zona de Tarumá, y con otros datos de proyectos que dan entre 8.0 metros para proyectos de puentes o cruces dirigidos, que no toman en cuenta la sobreexplotación de áridos, puede llegar el descenso del cauce a más de 9.0m. En toda la cuenca media del río no se espera que disminuya el descenso si no hay una pausa ecológica de varios años, mayor a una década, de tal manera que se recuperen los áridos explotados (grava y arena gruesa) y los finos llevados por el agua.

Por esta razón, es necesario construir las protecciones del subsuelo de las bases de las torres mediante dos propuestas basadas en inyecciones o pilotajes con protección que conformaría lo que se denomina “Espolón”, ya que se refiere a su forma.

### **PROPUESTA 1: ESPOLÓN DE PILOTAJES Y ARMADURA DE LLANTAS USADAS DE ACOMODACION AUTONOMA**

Paso 1: Perforación con lodo bentonítico y lechada de cemento, a lo largo de una línea externa del espolón a construir. Esperar fraguado.

Paso 2: Pilotaje con tuberías de 6 pulgadas en desuso, hasta alcanzar los 9.0m de profundidad

Paso 3: Excavación de zanja alrededor de estas tuberías para instalación de llantas. El ancho de la zanja debe ser suficiente para alcanzar los 2.50 m de profundidad de la misma.

Paso 4: Colocación pilas de llantas dentro de la zanja y por dentro de los pilotes de tuberías. Estas luego serán amarradas con barras de hierro liso de construcción de ½ pulgada.

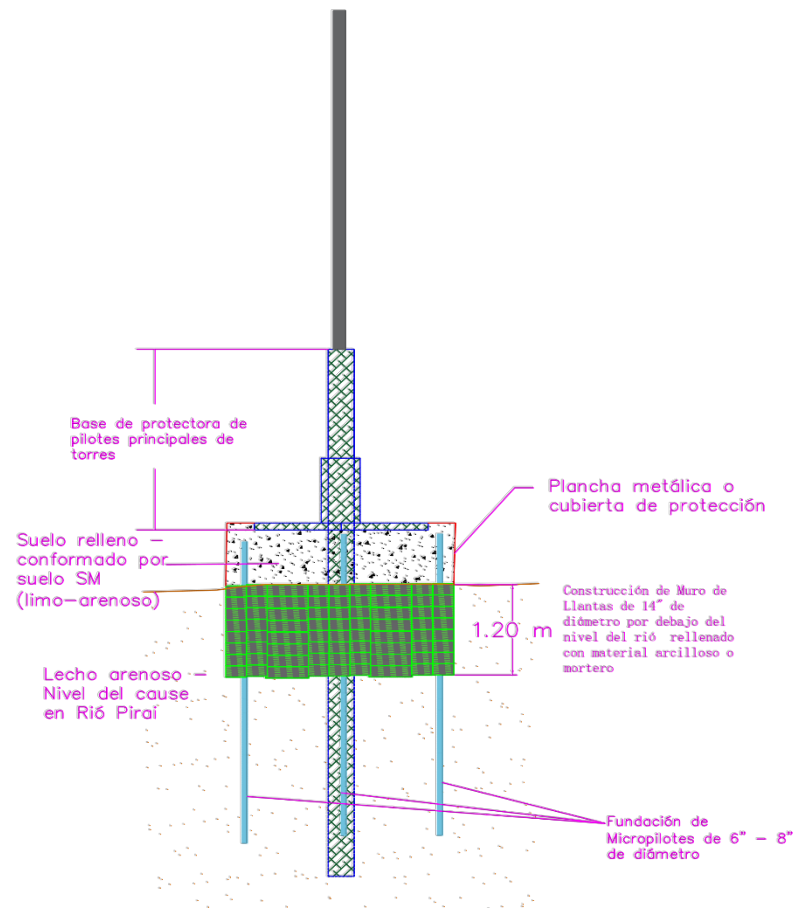
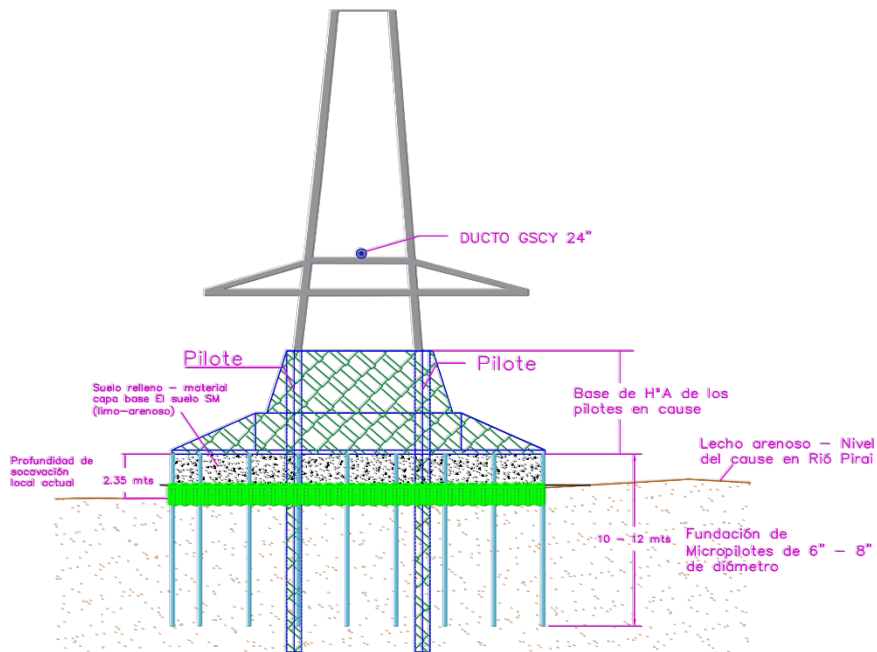
Conformarán una estructura como la que se indica en los cuadros 1 y 2

## **PROPUESTA 2: ESPOLÓN FORMADO DE PILOTAJES VACIADOS IN SITU DENOMINADOS JET GROUT**

Este es un sistema de perforación e inyección a presión con rotación a elevadas revoluciones, esto permite que el grout, que es una lechada de cemento especial inyecte en forma horizontal y a alta presión teniendo un volumen mayor del hueco de perforación.

Es un sistema sin excavaciones ni pérdida de tiempo, es decir es muy rápido, pues está en las equipos y herramientas que se emplean. Conformarán un denominado Slurry Wall o Pared subterránea que evitará la socavación al fraguar el hormigón con resistencias finales mayores a los 180 kg/cm<sup>2</sup>. Los pasos de la misma se indican en el cuadro N° 3.

## CORTE TRANSVERSAL



CUADRO 1: Perfiles de obras (PROPUESTA 1) en el subsuelo de las torres del GSCY al RIO PIRAY.

*Dibujo 1 Diseño propuesto*

**Logo**  
**Contratista**  
Dirección  
Nº de Teléfonos  
Nº de Fax  
Casilla de correo  
Dirección Web  
Correo electrónico

REVISOR 1	(planos)	DI-101	DI-001	DI-002	DI-003	DI-004	DI-005	DI-006	DI-007	DI-008	DI-009	DI-010	DI-011	DI-012	DI-013	DI-014	DI-015	DI-016	DI-017	DI-018	DI-019	DI-020	DI-021	DI-022	DI-023	DI-024	DI-025	DI-026	DI-027	DI-028	DI-029	DI-030	DI-031	DI-032	DI-033	DI-034	DI-035	DI-036	DI-037	DI-038	DI-039	DI-040	DI-041	DI-042	DI-043	DI-044	DI-045	DI-046	DI-047	DI-048	DI-049	DI-050	DI-051	DI-052	DI-053	DI-054	DI-055	DI-056	DI-057	DI-058	DI-059	DI-060	DI-061	DI-062	DI-063	DI-064	DI-065	DI-066	DI-067	DI-068	DI-069	DI-070	DI-071	DI-072	DI-073	DI-074	DI-075	DI-076	DI-077	DI-078	DI-079	DI-080	DI-081	DI-082	DI-083	DI-084	DI-085	DI-086	DI-087	DI-088	DI-089	DI-090	DI-091	DI-092	DI-093	DI-094	DI-095	DI-096	DI-097	DI-098	DI-099	DI-100	DI-101	DI-102	DI-103	DI-104	DI-105	DI-106	DI-107	DI-108	DI-109	DI-110	DI-111	DI-112	DI-113	DI-114	DI-115	DI-116	DI-117	DI-118	DI-119	DI-120	DI-121	DI-122	DI-123	DI-124	DI-125	DI-126	DI-127	DI-128	DI-129	DI-130	DI-131	DI-132	DI-133	DI-134	DI-135	DI-136	DI-137	DI-138	DI-139	DI-140	DI-141	DI-142	DI-143	DI-144	DI-145	DI-146	DI-147	DI-148	DI-149	DI-150	DI-151	DI-152	DI-153	DI-154	DI-155	DI-156	DI-157	DI-158	DI-159	DI-160	DI-161	DI-162	DI-163	DI-164	DI-165	DI-166	DI-167	DI-168	DI-169	DI-170	DI-171	DI-172	DI-173	DI-174	DI-175	DI-176	DI-177	DI-178	DI-179	DI-180	DI-181	DI-182	DI-183	DI-184	DI-185	DI-186	DI-187	DI-188	DI-189	DI-190	DI-191	DI-192	DI-193	DI-194	DI-195	DI-196	DI-197	DI-198	DI-199	DI-200	DI-201	DI-202	DI-203	DI-204	DI-205	DI-206	DI-207	DI-208	DI-209	DI-210	DI-211	DI-212	DI-213	DI-214	DI-215	DI-216	DI-217	DI-218	DI-219	DI-220	DI-221	DI-222	DI-223	DI-224	DI-225	DI-226	DI-227	DI-228	DI-229	DI-230	DI-231	DI-232	DI-233	DI-234	DI-235	DI-236	DI-237	DI-238	DI-239	DI-240	DI-241	DI-242	DI-243	DI-244	DI-245	DI-246	DI-247	DI-248	DI-249	DI-250	DI-251	DI-252	DI-253	DI-254	DI-255	DI-256	DI-257	DI-258	DI-259	DI-260	DI-261	DI-262	DI-263	DI-264	DI-265	DI-266	DI-267	DI-268	DI-269	DI-270	DI-271	DI-272	DI-273	DI-274	DI-275	DI-276	DI-277	DI-278	DI-279	DI-280	DI-281	DI-282	DI-283	DI-284	DI-285	DI-286	DI-287	DI-288	DI-289	DI-290	DI-291	DI-292	DI-293	DI-294	DI-295	DI-296	DI-297	DI-298	DI-299	DI-300	DI-301	DI-302	DI-303	DI-304	DI-305	DI-306	DI-307	DI-308	DI-309	DI-310	DI-311	DI-312	DI-313	DI-314	DI-315	DI-316	DI-317	DI-318	DI-319	DI-320	DI-321	DI-322	DI-323	DI-324	DI-325	DI-326	DI-327	DI-328	DI-329	DI-330	DI-331	DI-332	DI-333	DI-334	DI-335	DI-336	DI-337	DI-338	DI-339	DI-340	DI-341	DI-342	DI-343	DI-344	DI-345	DI-346	DI-347	DI-348	DI-349	DI-350	DI-351	DI-352	DI-353	DI-354	DI-355	DI-356	DI-357	DI-358	DI-359	DI-360	DI-361	DI-362	DI-363	DI-364	DI-365	DI-366	DI-367	DI-368	DI-369
REVISOR 2	(planos)	DI-102	DI-001	DI-002	DI-003	DI-004	DI-005	DI-006	DI-007	DI-008	DI-009	DI-010	DI-011	DI-012	DI-013	DI-014	DI-015	DI-016	DI-017	DI-018	DI-019	DI-020	DI-021	DI-022	DI-023	DI-024	DI-025	DI-026	DI-027	DI-028	DI-029	DI-030	DI-031	DI-032	DI-033	DI-034	DI-035	DI-036	DI-037	DI-038	DI-039	DI-040	DI-041	DI-042	DI-043	DI-044	DI-045	DI-046	DI-047	DI-048	DI-049	DI-050	DI-051	DI-052	DI-053	DI-054	DI-055	DI-056	DI-057	DI-058	DI-059	DI-060	DI-061	DI-062	DI-063	DI-064	DI-065	DI-066	DI-067	DI-068	DI-069	DI-070	DI-071	DI-072	DI-073	DI-074	DI-075	DI-076	DI-077	DI-078	DI-079	DI-080	DI-081	DI-082	DI-083	DI-084	DI-085	DI-086	DI-087	DI-088	DI-089	DI-090	DI-091	DI-092	DI-093	DI-094	DI-095	DI-096	DI-097	DI-098	DI-099	DI-100	DI-101	DI-102	DI-103	DI-104	DI-105	DI-106	DI-107	DI-108	DI-109	DI-110	DI-111	DI-112	DI-113	DI-114	DI-115	DI-116	DI-117	DI-118	DI-119	DI-120	DI-121	DI-122	DI-123	DI-124	DI-125	DI-126	DI-127	DI-128	DI-129	DI-130	DI-131	DI-132	DI-133	DI-134	DI-135	DI-136	DI-137	DI-138	DI-139	DI-140	DI-141	DI-142	DI-143	DI-144	DI-145	DI-146	DI-147	DI-148	DI-149	DI-150	DI-151	DI-152	DI-153	DI-154	DI-155	DI-156	DI-157	DI-158	DI-159	DI-160	DI-161	DI-162	DI-163	DI-164	DI-165	DI-166	DI-167	DI-168	DI-169																																																																																																																																																																																																								
REVISOR 3	(planos)	DI-103	DI-001	DI-002	DI-003	DI-004	DI-005	DI-006	DI-007	DI-008	DI-009	DI-010	DI-011	DI-012	DI-013	DI-014	DI-015	DI-016	DI-017	DI-018	DI-019	DI-020	DI-021	DI-022	DI-023	DI-024	DI-025	DI-026	DI-027	DI-028	DI-029	DI-030	DI-031	DI-032	DI-033	DI-034	DI-035	DI-036	DI-037	DI-038	DI-039	DI-040	DI-041	DI-042	DI-043	DI-044	DI-045	DI-046	DI-047	DI-048	DI-049	DI-050	DI-051	DI-052	DI-053	DI-054	DI-055	DI-056	DI-057	DI-058	DI-059	DI-060	DI-061	DI-062	DI-063	DI-064	DI-065	DI-066	DI-067	DI-068	DI-069	DI-070	DI-071	DI-072	DI-073	DI-074	DI-075	DI-076	DI-077	DI-078	DI-079	DI-080	DI-081	DI-082	DI-083	DI-084	DI-085	DI-086	DI-087	DI-088	DI-089	DI-090	DI-091	DI-092	DI-093	DI-094	DI-095	DI-096	DI-097	DI-098	DI-099	DI-100	DI-101	DI-102	DI-103	DI-104	DI-105	DI-106	DI-107	DI-108	DI-109	DI-110	DI-111	DI-112	DI-113	DI-114	DI-115	DI-116	DI-117	DI-118	DI-119	DI-120	DI-121	DI-122	DI-123	DI-124	DI-125	DI-126	DI-127	DI-128	DI-129	DI-130	DI-131	DI-132	DI-133	DI-134	DI-135	DI-136	DI-137	DI-138	DI-139	DI-140	DI-141	DI-142	DI-143	DI-144	DI-145	DI-146	DI-147	DI-148	DI-149	DI-150	DI-151	DI-152	DI-153	DI-154	DI-155	DI-156	DI-157	DI-158	DI-159	DI-160	DI-161	DI-162	DI-163	DI-164	DI-165	DI-166	DI-167	DI-168	DI-169																																																																																																																																																																																																								
REVISOR 4	(planos)	DI-104	DI-001	DI-002	DI-003	DI-004	DI-005	DI-006	DI-007	DI-008	DI-009	DI-010	DI-011	DI-012	DI-013	DI-014	DI-015	DI-016	DI-017	DI-018	DI-019	DI-020	DI-021	DI-022	DI-023	DI-024	DI-025	DI-026	DI-027	DI-028	DI-029	DI-030	DI-031	DI-032	DI-033	DI-034	DI-035	DI-036	DI-037	DI-038	DI-039	DI-040	DI-041	DI-042	DI-043	DI-044	DI-045	DI-046	DI-047	DI-048	DI-049	DI-050	DI-051	DI-052	DI-053	DI-054	DI-055	DI-056	DI-057	DI-058	DI-059	DI-060	DI-061	DI-062	DI-063	DI-064	DI-065	DI-066	DI-067	DI-068	DI-069	DI-070	DI-071	DI-072	DI-073	DI-074	DI-075	DI-076	DI-077	DI-078	DI-079	DI-080	DI-081	DI-082	DI-083	DI-084	DI-085	DI-086	DI-087	DI-088	DI-089	DI-090	DI-091	DI-092	DI-093	DI-094	DI-095	DI-096	DI-097	DI-098	DI-099	DI-100	DI-101	DI-102	DI-103	DI-104	DI-105	DI-106	DI-107	DI-108	DI-109	DI-110	DI-111	DI-112	DI-113	DI-114	DI-115	DI-116	DI-117	DI-118	DI-119	DI-120	DI-121	DI-122	DI-123	DI-124	DI-125	DI-126	DI-127	DI-128	DI-129	DI-130	DI-131	DI-132	DI-133	DI-134	DI-135	DI-136	DI-137	DI-138	DI-139	DI-140	DI-141	DI-142	DI-143	DI-144	DI-145	DI-146	DI-147	DI-148	DI-149	DI-150	DI-151	DI-152	DI-153	DI-154	DI-155	DI-156	DI-157	DI-158	DI-159	DI-160	DI-161	DI-162	DI-163	DI-164	DI-165	DI-166	DI-167	DI-168	DI-169																																																																																																																																																																																																								
REVISOR 5	(planos)	DI-105	DI-001	DI-002	DI-003	DI-004	DI-005	DI-006	DI-007	DI-008	DI-009	DI-010	DI-011	DI-012	DI-013	DI-014	DI-015	DI-016	DI-017	DI-018	DI-019	DI-020	DI-021	DI-022	DI-023	DI-024	DI-025	DI-026	DI-027	DI-028	DI-029	DI-030	DI-031	DI-032	DI-033	DI-034	DI-035	DI-036	DI-037	DI-038	DI-039	DI-040	DI-041	DI-042	DI-043	DI-044	DI-045	DI-046	DI-047	DI-048	DI-049	DI-050	DI-051	DI-052	DI-053	DI-054	DI-055	DI-056	DI-057	DI-058	DI-059	DI-060	DI-061	DI-062	DI-063	DI-064	DI-065	DI-066	DI-067	DI-068	DI-069	DI-070	DI-071	DI-072	DI-073	DI-074	DI-075	DI-076	DI-077	DI-078	DI-079	DI-080	DI-081	DI-082	DI-083	DI-084	DI-085	DI-086	DI-087	DI-088	DI-089	DI-090	DI-091	DI-092	DI-093	DI-094	DI-095	DI-096	DI-097	DI-098	DI-099	DI-100	DI-101	DI-102	DI-103	DI-104	DI-105	DI-106	DI-107	DI-108	DI-109	DI-110	DI-111	DI-112	DI-113	DI-114	DI-115	DI-116	DI-117	DI-118	DI-119	DI-120	DI-121	DI-122	DI-123	DI-124	DI-125	DI-126	DI-127	DI-128	DI-129	DI-130	DI-131	DI-132	DI-133	DI-134	DI-135	DI-136	DI-137	DI-138	DI-139	DI-140	DI-141	DI-142	DI-143	DI-144	DI-145	DI-146	DI-147	DI-148	DI-149	DI-150	DI-151	DI-152	DI-153	DI-154	DI-155	DI-156	DI-157	DI-158	DI-159	DI-160	DI-161	DI-162	DI-163	DI-164	DI-165	DI-166	DI-167	DI-168	DI-169																																																																																																																																																																																																								
REVISOR 6	(planos)	DI-106	DI-001	DI-002	DI-003	DI-004	DI-005	DI-006	DI-007	DI-008	DI-009	DI-010	DI-011	DI-012	DI-013	DI-014	DI-015	DI-016	DI-017	DI-018	DI-019	DI-020	DI-021	DI-022	DI-023	DI-024	DI-025	DI-026	DI-027	DI-028	DI-029	DI-030	DI-031	DI-032	DI-033	DI-034	DI-035	DI-036	DI-037	DI-038	DI-039	DI-040	DI-041	DI-042	DI-043	DI-044	DI-045	DI-046	DI-047	DI-048	DI-049	DI-050	DI-051	DI-052	DI-053	DI-054	DI-055	DI-056	DI-057	DI-058	DI-059	DI-060	DI-061	DI-062	DI-063	DI-064	DI-065	DI-066	DI-067	DI-068	DI-069	DI-070	DI-071	DI-072	DI-073	DI-074	DI-075	DI-076	DI-077	DI-078	DI-079	DI-080	DI-081	DI-082	DI-083	DI-084	DI-085	DI-086	DI-087	DI-088	DI-089	DI-090	DI-091	DI-092	DI-093	DI-094	DI-095	DI-096	DI-097	DI-098	DI-099	DI-100	DI-101	DI-102	DI-103	DI-104	DI-105	DI-106	DI-107	DI-108	DI-109	DI-110	DI-111	DI-112	DI-113	DI-114	DI-115	DI-116	DI-117	DI-118	DI-119	DI-120	DI-121	DI-122	DI-123	DI-124	DI-125	DI-126	DI-127	DI-128	DI-129	DI-130	DI-131	DI-132	DI-133	DI-134	DI-135	DI-136	DI-137	DI-138	DI-139	DI-140	DI-141	DI-142	DI-143	DI-144	DI-145	DI-146	DI-147	DI-148	DI-149	DI-150	DI-151	DI-152	DI-153	DI-154	DI-155	DI-156	DI-157	DI-158	DI-159	DI-160	DI-161	DI-162	DI-163	DI-164	DI-165	DI-166	DI-167	DI-168	DI-169																																																																																																																																																																																																								
REVISOR 7	(planos)	DI-107	DI-001	DI-002	DI-003																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														

Vista en Planta

Borde defensivo a construir

Plataforma Perimetral

Micropilotes de diámetro de 6"-8"

Relleno de H°C

Relleno de H°C

Pilotes de Torres

Lecho arenoso - Nivel del cauce en Río Piray

Relleno con suelo compactado o H°C

Pila de neumático de 13-14" de Diámetro

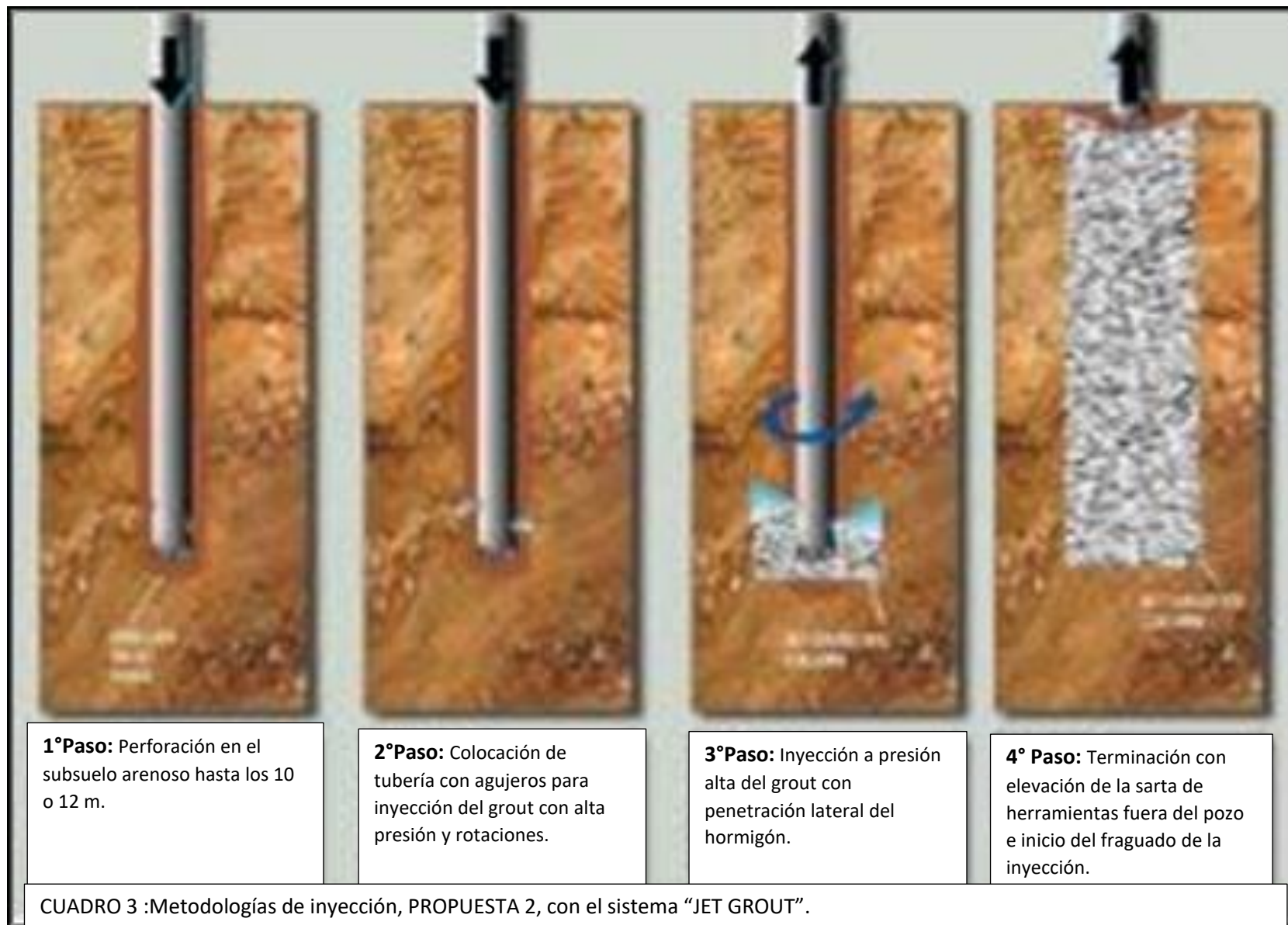
Opción 1 Micropilotes inyectados con mortero y llanta cetros en la superficie

Logo Contratista		Logo Transagente S.A.		Logo CRUCE RIO PIRAI	
Contratista	Transagente S.A.	Logo	Logo	Logo	Logo
Dirección	Dirección	Dirección	Dirección	Dirección	Dirección
Nº de Teléfonos	Nº de Teléfonos	Nº de Teléfonos	Nº de Teléfonos	Nº de Teléfonos	Nº de Teléfonos
Nº de Fax	Nº de Fax	Nº de Fax	Nº de Fax	Nº de Fax	Nº de Fax
Calle de correo	Calle de correo	Calle de correo	Calle de correo	Calle de correo	Calle de correo
Dirección Web	Dirección Web	Dirección Web	Dirección Web	Dirección Web	Dirección Web
Correo electrónico	Correo electrónico	Correo electrónico	Correo electrónico	Correo electrónico	Correo electrónico

CUADRO 2: Plano en planta de las obras de la PROPUESTA 1, recomendadas a las torres del GSCY al Río PIRAY.

CUADRO 2: Plano en planta de las obras de la PROPUESTA 1, recomendadas a las torres del GSCY al Río PIRAY.

## PROPUESTA 2: SISTEMA JET GROUT



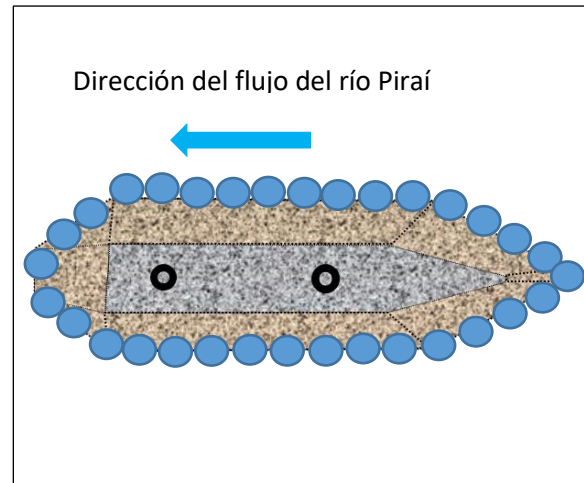
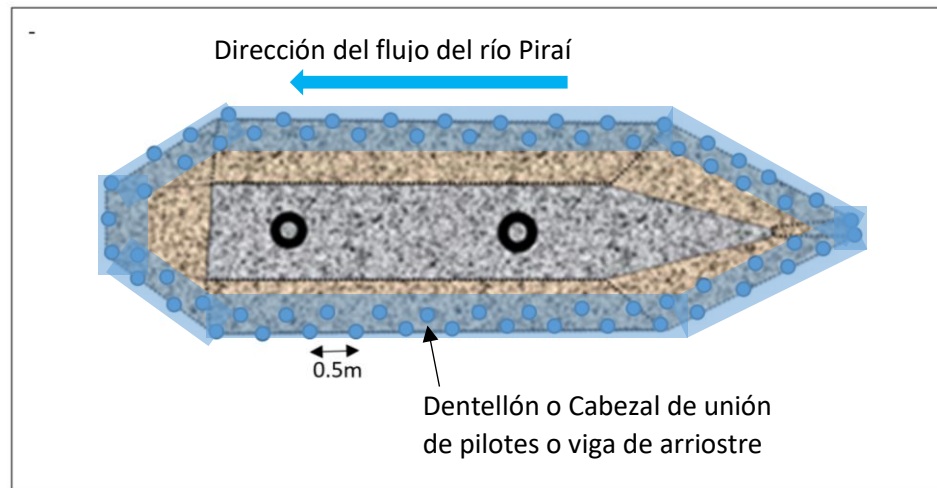


Foto 13. Se observa refuerzo del subsuelo con jet grout luego de fraguado. Diámetro de casi 1.10m (PROPUESTA 2)


### PROPUESTA 3: PILOTAJE VACIADO IN SITU DE HORMIGÓN ARMADO

Método tradicional de perforación con bentonita y vaciado de hormigón armado con aditivos especiales para evitar la dilución de la lechada, similar al realizado en Tarumá en 2014, pero con dispersión en doble fila alternante y de 0.5m entre pilotes.



Cuadro 4: Diseño propuesta 3, donde se tiene pilotes vaciados in situ en protección tipo enrejado unidos por un dentellón o cabezal o viga de arriostre. La lechada de hormigón que penetre en los alrededores de los pilotes reforzará la arena del subsuelo conformando una pared del espolón, por tratarse de arena suelta.

## Fotos

		
<p>Paso 1: Perforación portátil a 6.0m, con bentonita</p>	<p>Paso 2: Colocación de enerradura y vaciado de hormigón</p>	<p>Paso 3 Unión de los pilotes con cabezal o viga de arriostre o dentellón</p>

