

# Condition for incipient motion of non-cohesive particles due to power-law fluid flows in closed conduits

Aldo Tamburino and Cristóbal Traslaviña

**Table S1. Experimental conditions and dimensionless parameters**

d	Sediment diameter	rho	Fluid density	h	Fluid height in the conduit	GaK	Galileo number modified for power-law fluid																					
rho S	Sediment density	theta	Angle of inclination of the pipe	J	Energy gradient	Tau corr pend	Shear stress acting on the particle corrected by the inclination of the bottom																					
K	Consistency coefficient	Condition	Type of motion of the particles	Re'	Pipe Reynolds number defined by Kozicki et al (1966)	u* corr pend	Shear velocity based on Tau corr pend																					
n	Flow index	Q	Discharge	Tau	Mean shear stress acting on the bottom ( $\rho g R_H J$ )	RepK	Particle Reynolds number, modified fo a power-law fluid																					
err	Error of the variable																											
RUN	Point	d (mm)	error d (mm)	rho S (kg/m³)	K (Pa*s <sup>n</sup> )	err K (Pa*s <sup>n</sup> )	n	err n	rho (kg/m³)	theta (°)	err theta (°)	Condition	Q (mL/s)	err Q (mL/s)	h (m)	err h (m)	J	err J	Re' err ReKT=Re'	Tau (Pa)	err Tau (Pa)	GaK	err GaK	Tau corr pend (Pa)	u* corr pend (m/s)	RepK	err RepK	
1	1	1.15	0.03	2700	0.259	0.017	0.676	0.011	1010,404	0	0.1	.No-motion'	73	1	0.0186	0.0005	0.030	0.001	19	2	2.02	0.26	4,99	0.67	2,020	0,045	0,66	0,08
1	2	1.15	0.03	2700	0.259	0.017	0.676	0.011	1010,931	0	0.1	.No-motion'	97	1	0.0186	0.0005	0.038	0.001	28	3	2.56	0.32	4,99	0.67	2,560	0,050	0,77	0,09
1	3	1.15	0.03	2700	0.259	0.017	0.676	0.011	996,625	0	0.1	.No-motion'	139	1	0.0186	0.0005	0.053	0.001	46	4	3.52	0.43	5,00	0.67	3,520	0,059	0,94	0,11
1	4	1.15	0.03	2700	0.259	0.017	0.676	0.011	1009,726	0	0.1	Incipient'	161	1	0.0186	0.0005	0.059	0.001	55	5	3.97	0.48	5,00	0.67	3,970	0,063	1,03	0,12
1	5	1.15	0.03	2700	0.259	0.017	0.676	0.011	992,624	0	0.1	Generalized'	203	1	0.0186	0.0005	0.066	0.001	75	7	4.43	0.53	5,00	0.67	4,430	0,067	1,10	0,12
1	6	1.15	0.03	2700	0.259	0.017	0.676	0.011	990,110	0	0.1	Generalized'	243	1	0.0186	0.0005	0.082	0.002	95	9	5.49	0.66	5,00	0.67	5,490	0,074	1,26	0,15
2	8	1.15	0.03	2700	0.308	0.015	0.661	0.008	1008,015	-5.12	0.1	.No-motion'	63	1	0.0174	0.0005	0.038	0.001	15	1	2.44	0.33	4,22	0.43	2,050	0,045	0,59	0,06
2	9	1.15	0.03	2700	0.308	0.015	0.661	0.008	999,001	-5.12	0.1	.No-motion'	104	1	0.0174	0.0005	0.055	0.002	29	2	3.5	0.46	4,22	0.43	2,940	0,054	0,75	0,08
2	10	1.15	0.03	2700	0.308	0.015	0.661	0.008	1004,710	-5.12	0.1	.No-motion'	133	1	0.0174	0.0005	0.065	0.001	40	3	4.16	0.54	4,22	0.43	3,494	0,059	0,84	0,09
2	11	1.15	0.03	2700	0.308	0.015	0.661	0.008	1008,247	-5.12	0.1	Incipient'	152	1	0.0174	0.0005	0.071	0.002	48	4	4.56	0.59	4,22	0.43	3,830	0,062	0,89	0,09
2	12	1.15	0.03	2700	0.308	0.015	0.661	0.008	1009,195	-5.12	0.1	Generalized'	197	1	0.0174	0.0005	0.084	0.002	67	5	5.4	0.7	4,22	0.43	4,536	0,067	1,00	0,1
2	13	1.15	0.03	2700	0.308	0.015	0.661	0.008	1007,748	-5.12	0.1	Generalized'	229	1	0.0174	0.0005	0.093	0.003	82	7	5.97	0.78	4,22	0.43	5,015	0,071	1,07	0,11
3	15	1.15	0.03	2700	0.24	0.004	0.695	0.003	1001,691	-9.54	0.1	.No-motion'	67	1	0.0170	0.0005	0.046	0.001	19	1	2.89	0.4	5,00	0.28	1,994	0,045	0,65	0,06
3	16	1.15	0.03	2700	0.24	0.004	0.695	0.003	1000,350	-9.54	0.1	.No-motion'	102	1	0.0170	0.0005	0.062	0.001	32	2	3.89	0.52	5,00	0.28	2,684	0,052	0,79	0,07
3	17	1.15	0.03	2700	0.24	0.004	0.695	0.003	1009,106	-9.54	0.1	.No-motion'	151	1	0.0170	0.0005	0.079	0.002	54	4	5,000	0.66	5,00	0.28	3,450	0,058	0,94	0,08
3	18	1.15	0.03	2700	0.24	0.004	0.695	0.003	998,304	-9.54	0.1	Incipient'	177	1	0.0170	0.0005	0.088	0.002	66	4	5.51	0.72	5,00	0.28	3,802	0,062	0,99	0,09
3	19	1.15	0.03	2700	0.24	0.004	0.695	0.003	1005,569	-9.54	0.1	Generalized'	212	1	0.0170	0.0005	0.101	0.002	84	6	6.37	0.84	5,00	0.28	4,395	0,066	1,10	0,1
3	20	1.15	0.03	2700	0.24	0.004	0.695	0.003	1009,003	-9.54	0.1	Generalized'	270	1	0.0175	0.0005	0.117	0.003	113	7	7.52	0.96	5,00	0.28	5,189	0,072	1,22	0,11
4	23	1.15	0.03	2700	0.277	0.012	0.673	0.007	1015,332	5.18	0.2	.No-motion'	49	1	0.0180	0.0005	0.024	0.003	11	1	1.6	0.28	4,59	0.43	1,856	0,043	0,59	0,07
4	24	1.15	0.03	2700	0.277	0.012	0.673	0.007	1000,332	5.18	0.2	.No-motion'	100	1	0.0180	0.0005	0.044	0.003	28	2	2.89	0.41	4,60	0.43	3,352	0,058	0,87	0,09
4	25	1.15	0.03	2700	0.277	0.012	0.673	0.007	995,589	5.18	0.2	.No-motion'	130	1	0.0180	0.0005	0.054	0.003	40	3	3.53	0.48	4,60	0.43	4,095	0,064	0,99	0,1
4	26	1.15	0.03	2700	0.277	0.012	0.673	0.007	997,087	5.18	0.2	Incipient'	162	1	0.0180	0.0005	0.064	0.003	54	4	4.19	0.56	4,60	0.43	4,860	0,070	1,11	0,12
4	27	1.15	0.03	2700	0.277	0.012	0.673	0.007	1004,783	5.18	0.2	Generalized'	204	1	0.0181	0.0005	0.077	0.004	73	5	5.08	0.67	4,60	0.43	5,893	0,077	1,26	0,13
4	28	1.15	0.03	2700	0.277	0.012	0.673	0.007	998,294	5.18	0.2	Generalized'	277	1	0.0183	0.0005	0.095	0.004	109	8	6.32	0.82	4,60	0.43	7,331	0,086	1,45	0,15
5	30	1.15	0.03	2700	0.131	0.006	0.738	0.008	1020,408	0	0.1	.No-motion'	118	1	0.0193	0.0005	0.025	0.001	58	4								

14	93	2.86	0.03	2700	0.226	0.002	0.662	0.001	993,044	-9.63	0.1	.Incipient'	483	1	0.0218	0.0005	0.077	0.003	260	13	5.77	0.63	40,84	0.86	3,924	0,063	2,24	0,17
14	94	2.86	0.03	2700	0.226	0.002	0.662	0.001	999,492	-9.63	0.1	.Generalized'	544	1	0.0218	0.0005	0.083	0.004	305	16	6.26	0.7	40,81	0.86	4,257	0,065	2,38	0,18
14	95	2.86	0.03	2700	0.216	0.0002	0.665	0.0004	998,321	10.41	0.08	.No-motion'	110	1	0.0218	0.0005	0.030	0.002	37	2	2.26	0.26	43,20	0.75	2,961	0,054	1,93	0,15
15	96	2.86	0.03	2700	0.216	0.0002	0.665	0.0004	993,904	10.41	0.08	.No-motion'	184	1	0.0218	0.0005	0.04	0.002	74	4	3,000	0.33	43,21	0.75	3,930	0,063	2,33	0,18
15	97	2.86	0.03	2700	0.216	0.0002	0.665	0.0004	992,605	10.41	0.08	.No-motion'	291	1	0.0218	0.0005	0.051	0.002	136	7	3.82	0.42	43,22	0.75	5,004	0,071	2,74	0,21
15	98	2.86	0.03	2700	0.216	0.0002	0.665	0.0004	991,695	10.41	0.08	.No-motion'	383	1	0.0218	0.0005	0.060	0.002	197	10	4.49	0.49	43,22	0.75	5,882	0,077	3,05	0,22
15	99	2.86	0.03	2700	0.216	0.0002	0.665	0.0004	1001,040	10.41	0.08	.Incipient'	428	1	0.0218	0.0005	0.065	0.003	228	12	4.91	0.54	43,19	0.75	6,432	0,080	3,25	0,24
15	100	2.86	0.03	2700	0.216	0.0002	0.665	0.0004	994,812	10.41	0.08	.Generalized'	489	1	0.0218	0.0005	0.073	0.003	273	14	5.48	0.59	43,21	0.75	7,179	0,085	3,48	0,26
15	101	2.86	0.03	2700	0.314	0.016	0.63	0.009	1008,096	0.65	0.07	.No-motion'	82	1	0.0186	0.0005	0.039	0.003	22	2	2.62	0.38	13,98	1.31	2,672	0,051	1,09	0,13
16	102	1.98	0.03	2700	0.314	0.016	0.63	0.009	1009,495	0.65	0.07	.No-motion'	145	1	0.0186	0.0005	0.055	0.003	47	4	3.7	0.48	13,98	1.31	3,774	0,061	1,38	0,15
16	103	1.98	0.03	2700	0.314	0.016	0.63	0.009	1008,737	0.65	0.07	.No-motion'	228	1	0.0186	0.0005	0.072	0.003	87	7	4.84	0.61	13,98	1.31	4,937	0,070	1,66	0,18
16	104	1.98	0.03	2700	0.314	0.016	0.63	0.009	1001,033	0.65	0.07	.Incipient'	267	1	0.0186	0.0005	0.079	0.003	108	9	5.27	0.66	14,00	1.31	5,375	0,073	1,76	0,19
16	105	1.98	0.03	2700	0.314	0.016	0.63	0.009	1008,468	0.65	0.07	.Generalized'	348	1	0.0186	0.0005	0.093	0.003	156	12	6.25	0.76	13,98	1.31	6,375	0,080	1,98	0,21
16	106	1.98	0.03	2700	0.314	0.016	0.63	0.009	1004,362	0.65	0.07	.Generalized'	407	1	0.0186	0.0005	0.101	0.002	193	15	6.76	0.81	13,99	1.31	6,895	0,083	2,09	0,22
17	107	1.98	0.03	2700	0.314	0.016	0.63	0.009	1009,495	-9.38	0.06	.No-motion'	71	1	0.0186	0.0005	0.033	0.001	21	1	2.22	0.28	17,91	0.47	1,532	0,039	0,89	0,08
17	108	1.98	0.03	2700	0.25	0.001	0.649	0.001	1014,199	-9.38	0.06	.No-motion'	194	1	0.0186	0.0005	0.058	0.001	81	5	3.92	0.47	17,90	0.47	2,705	0,052	1,30	0,11
17	109	1.98	0.03	2700	0.25	0.001	0.649	0.001	1003,386	-9.38	0.06	.No-motion'	248	1	0.0186	0.0005	0.067	0.001	114	7	4.48	0.53	17,92	0.47	3,091	0,056	1,42	0,12
17	110	1.98	0.03	2700	0.25	0.001	0.649	0.001	1008,956	-9.38	0.06	.Incipient'	305	1	0.0186	0.0005	0.076	0.001	150	9	5.11	0.61	17,91	0.47	3,526	0,059	1,56	0,13
17	111	1.98	0.03	2700	0.25	0.001	0.649	0.001	1010,288	-9.38	0.06	.Generalized'	374	1	0.0186	0.0005	0.086	0.001	198	12	5.79	0.69	17,91	0.47	3,995	0,063	1,69	0,14
17	112	1.98	0.03	2700	0.25	0.001	0.649	0.001	1003,119	-9.38	0.2	.Generalized'	415	1	0.0186	0.0005	0.092	0.001	228	14	6.15	0.73	17,92	0.47	4,244	0,065	1,76	0,14
17	113	1.98	0.03	2700	0.25	0.001	0.649	0.001	1007,218	10.26	0.2	.No-motion'	64	1	0.0206	0.0005	0.023	0.003	17	1	1.68	0.31	17,89	0.44	2,201	0,047	1,13	0,14
18	114	1.98	0.03	2700	0.251	0.0002	0.648	0.0004	1014,042	10.26	0.2	.Generalized'	356	1	0.0186	0.0005	0.073	0.004	185	11	4.88	0.63	17,90	0.44	2,974	0,054	1,38	0,15
18	115	1.98	0.03	2700	0.251	0.0002	0.648	0.0004	1001,871	10.26	0.2	.No-motion'	115	1	0.0186	0.0005	0.034	0.003	40	2	2.27	0.35	17,90	0.44	4,009	0,063	1,69	0,17
18	116	1.98	0.03	2700	0.251	0.0002	0.648	0.0004	998,225	10.26	0.2	.No-motion'	185	1	0.0186	0.0005	0.046	0.004	76	5	3.06	0.44	17,91	0.44	2,380	0,049	0,30	0,02
18	117	1.98	0.03	2700	0.251	0.0002	0.648	0.0004	1005,119	10.26	0.2	.No-motion'	227	1	0.0186	0.0005	0.053	0.004	101	6	3.55	0.48	17,89	0.44	4,651	0,068	1,87	0,17
18	118	1.98	0.03	2700	0.251	0.0002	0.648	0.0004	1003,141	10.26	0.2	.Incipient'	314	1	0.0186	0.0005	0.066	0.004	156	9	4.46	0.59	17,87	0.44	5,843	0,076	2,19	0,2
18	119	1.98	0.03	2700	0.251	0.0002	0.648	0.0004	1010,019	10.26	0.2	.Generalized'	393	1	0.0186	0.0005	0.078	0.004	211	13	5.25	0.68	17,88	0.44	6,878	0,083	2,44	0,22
19	121	0.5	0.03	2650	0																							